

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Институт кибернетики**

# **Молодёжь и современные информационные технологии**

**Сборник трудов  
X Международной научно-практической  
конференции студентов, аспирантов  
и молодых учёных**

**13–16 ноября 2012 г.**

Томск 2012

УДК 378:004  
ББК Ч481.23  
М75

**Молодежь и современные информационные технологии.** Сборник трудов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 13-16 ноября 2012 г. – Томск: Изд-во ТПУ. – 408 с.

Сборник содержит доклады, представленные на X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии», прошедшей в Томском политехническом университете на базе института Кибернетики. Материалы сборника отражают доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, принятые к обсуждению на секциях: «Микропроцессорные системы, компьютерные сети и телекоммуникации», «Математическое моделирование и компьютерный анализ данных», «Информационные и интеллектуальные системы (в прикладных областях)», «Автоматизация и управление в технических системах», «Информационные и программные системы в производстве и управлении», «Геоинформационные системы и технологии», «Компьютерные измерительные системы и метрология», «Компьютерная графика и дизайн», «Информационные технологии в машиностроении».

Сборник предназначен для специалистов в области информационных технологий, студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

УДК 378:004  
ББК Ч481.23  
М 75

Редакционная коллегия сборника:

Сикора Е.А., к.т.н., доцент каф. АРМ ИК ТПУ, ученый секретарь конференции;  
Ботыгин И.А., к.т.н., доцент каф. ИПС ИК ТПУ, председатель секции № 1;  
Зимин В.Б., к.т.н., доцент каф. ПМ ИК ТПУ, председатель секции № 2;  
Тузовский А.Ф., д.т.н., профессор каф. ОСУ ИК ТПУ, председатель секции № 3;  
Рудницкий В.А., к.т.н., доцент каф. ИКСУ ИК ТПУ, председатель секции № 4;  
Дмитриева Е.А., к.т.н., доцент каф. АиКС ИК ТПУ, председатель секции № 5;  
Шерстнев В.С., к.т.н., доцент каф. ВТ ИК ТПУ, председатель секции № 6;  
Заревич А.И., к.т.н., доцент каф. КИСМ ИК ТПУ, председатель секции № 7;  
Винокурова Г.Ф., к.т.н., доцент каф. НГГ ИК ТПУ, председатель секции № 8;  
Буханченко С.Е., к.т.н., доцент каф. АРМ ИК ТПУ, председатель секции № 9.

Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание представленной информации ответственность несут авторы.

Конференция «Молодежь и современные информационные технологии» получила поддержку Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в виде гранта на проект № 12-07-06830-моб\_г " Организация и проведение X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Молодежь и современные информационные технологии".

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 1. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ.....</b>	<b>15</b>
ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКОГО МУЛЬТИПЛЕКСОРА OSD8600 ДЛЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ HERNIS CCTV	
Борисов В.И., Михайлов В.В. ....	16
АЛГОРИТМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ПОЛИТИКИ БЕЗОПАСНОСТИ RDF-ДАННЫХ	
Хоанг Ван Куэт, Тузовский А.Ф. ....	18
АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ ПРАВ НА МОДИФИКАЦИЮ СЕМАНТИЧЕСКИХ ДАННЫХ	
Хоанг Ван Куэт, Тузовский А.Ф. ....	19
ПРОБЛЕМЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ МОНИТОРИНГА КОРПОРАТИВНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ	
Кобызь Г.В., Савельев А.О. ....	21
ОБЗОР МЕТОДОВ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ НА WEB-СЕРВЕР	
Кочергин В.В. ....	23
ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОДНОРАНГОВОЙ ЛВС С ВЫХОДОМ В ИНТЕРНЕТ	
Лиходумов В.Е., Алексеева А.А. ....	25
КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНА РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ В СЕМЕСТРЕ	
Ворушина А.Б., Максумова Н.Р., Лощухина Т.Е. ....	26
СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ	
Митюшина В.В. ....	28
ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ	
Петрик И.М., Шалаев Ю.Н. ....	30
ЯЗЫК СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ	
Погребной А.В. ....	32
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ-СТУДЕНТ-ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	
Пустовалова Т.А., Георгиева И.И. ....	34
ДАТЧИК РАЗНОСТИ ДАВЛЕНИЯ ОТ ВРЕМЕНИ, ИЗМЕРЯЕМОГО В ОДНОМ СЕЧЕНИИ ТРУБЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УТЕЧЕК В НЕФТЕПРОВОДАХ	
Садыков И.Р., Мамонова Т.Е. ....	36
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОДСЧЕТА РЕЙТИНГА СОТРУДНИКОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗА	
Шевчик М.В. ....	38
СЖАТИЕ ОПОРНЫХ ВИДЕО КАДРОВ В СТАНДАРТЕ H.265/HEVC	
Шарабайко М.П. ....	40
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЛОКАЛЬНЫХ РЕГИОНОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ. ПАРАЛЛЕЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ CUDA	
Тартаковский Е.А., Рейзлин В.И. ....	42
RESEARCH OF ELLIPTIC CURVE CRYPTOGRAPHY PRIMITIVES RESISTANCE, USED IN OPENSSSH	
J.S. Trofimovich ....	44

---

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ	
Ворушина А.Б., Максумова Н.Р., Лощухина Т.Е. ....	46
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПОДВИЖНОЙ СЕТКИ (ALE) ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ЖИДКОСТНО-СТРУКТУРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ COMSOL	
Черкашина Ю.А. ....	48
HARDWARE implementation of CRC32 CHECK SUM COMPUTATION	
Е.А. Муско.....	50
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ НЕЙТРОННОГО ПОТОКА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ В ПАКЕТЕ COMSOL MULTIPHYSICS	
Нгуен Ван Нган, Огородников А.С.....	52
РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ В ЖИЗНИ И БЫТУ	
Коренева К.А., Николаева Е.И. ....	55
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ	
Станишевский Н.С., Казьмин В.П. ....	56
ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ ТАБЛИЧНОГО И МАТРИЧНОГО АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ СУММЫ CRC32	
Мыцко Е.А.....	58
<b>СЕКЦИЯ 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ .....</b>	<b>61</b>
ЭРМИТОВЫ МУЛЬТИВЕЙВЛЕТЫ НЕЧЕТНОЙ СТЕПЕНИ	
Турсунов Д.А., Колупаева С.Н., Турсунов Э.А. ....	62
SCENE BOUNDARY LOCALIZATION BASED ON CONTRAST REGIONS ANALYSIS	
D. Kovalenko, I. Potapev.....	64
USAGE OF NEURO-FUZZY TECHNIQUES FOR ENERGY EFFECTIVITY ANALYSIS OF TERRITORIES	
S.V. Axyonov, A.O. Savel'ev .....	66
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ХЕББА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ	
Абдулганеев О.В. ....	69
COMMON ROLE OF THE DISCRETE-EVENT SIMULATION	
R.A. Bednarskiy.....	71
КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ И ЕЕ КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	
Белинская Н.С., Францина Е.В.....	72
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ 3D-ОГТ	
Бикинеева А.М. ....	75
ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЖЕНЩИН НА ОСНОВЕ НЕОДНОРОДНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПРОЦЕДУРЫ РАСПОЗНАВАНИЯ	
Дымова А.В., Гергет О.М. ....	77
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО УСТРОЙСТВА	
Ефремова Т.А.....	79

---

<b>КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ В МЕТОДАХ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ</b>	
Фаерман В.А., Аврамчук В.С. ....	81
<b>ПРОСТОЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ СКЛЕЙКИ ПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ПАНОРАМУ</b>	
Губин А.Ю., Ковин Р.В. ....	83
<b>АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАСТОВОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ</b>	
Гуляева К.В. ....	85
<b>УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ В УСЛОВИЯХ ПОЛНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ</b>	
Калиновский И.А. ....	87
<b>ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ЧАСТИЦ ОБЪЕМНЫХ ФОРМ</b>	
Кырмыгенов А.Д., Шефер О.В. ....	90
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРЕМЫ БЕНДИКСОНА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ВАЛЮТНОГО РЫНКА FOREX</b>	
Ле Тху Куинь.....	92
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ</b>	
Лукина Е.Ю., Гергет О.М. ....	94
<b>ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ В ВОЗДУШНОЙ КУБИЧЕСКОЙ ПОЛОСТИ С УЧЕТОМ ПОВЕРХНОСТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ</b>	
Мартюшев С.Г., Шеремет М.А. ....	96
<b>ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПОИСКА МНОЖЕСТВА КРАЙНИХ ПОДСИСТЕМ ДЛЯ ЗАДАННОЙ СОВМЕСТНОЙ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ</b>	
Небаба С.Г., Вылегжанин О.Н.....	98
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА В АРГОНЕ В ОТСУТСТВИИ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ</b>	
Нгуен Бао Хынг, Огородников А.С. ....	101
<b>ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КОАКСИАЛЬНОГО ОТРАЖАТЕЛЬНОГО ТРИОДА НА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ</b>	
Нгуен Мань Хынг, Нгуен МиньТуан, Коваль Т.В. ....	103
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АЛГОРИТМОВ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА</b>	
Осадчая И.А. ....	105
<b>ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МНОГОМЕРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ</b>	
Осадчая И.А. ....	107
<b>ВСП-МЕТРИЯ СКВАЖИН</b>	
Пищулина Н.В.....	109
<b>ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ПЛАСТОВОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНОЙ И СКВАЖИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ</b>	
Поданёва Д.С.....	111

---

ВЛИЯНИЕ НАКЛОННЫХ ГРАНИЦ НА ОЦЕНКУ СКОРОСТНОГО ЗАКОНА ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ	
Речкин М.С., Степанов Д.Ю. ....	114
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК СКРЫТОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НА МОДЕЛЬНЫХ СИГНАЛАХ	
Иванова Е.О., Суханова Е.Ф. ....	116
АНАЛИЗ ГРАФИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ	
Таловская М.А., Кочегурова Е.А. ....	118
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИИ ЭЛЕМЕНОВ МЕДИ В АКТИВИРОВАННОМ ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ЖЕЛЕЗА	
Чан Ми Ким Ан. ....	120
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СЕГМЕНТАЦИИ ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ	
Власов А.В., Цапко И.В. ....	122
ИНТЕРПОЛЯЦИЯ И СЖАТИЕ ДАННЫХ НА КОНЕЧНОМ ИНТЕРВАЛЕ ГНМ-МУЛЬТИВЕЙВЛЕТАМИ	
Эшаров Э.А., Турсунов Э.А., Шумилов Б.М. ....	124
О ПАРАЛЛЕЛИЗМЕ В АЛГОРИТМАХ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИВЕЙВЛЕТОВ	
Матанов Ш.М., Эшаров Э.А., Шумилов Б.М. ....	126
РАЗРАБОТКА ФИЛЬТРА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НА СИНХРОТРОННОЙ УСТАНОВКЕ	
Плахин Д.В. ....	129
ВЕЙВЛЕТ-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	
Ыманов У.С., Эшаров Э.А., Шумилов Б.М. ....	131
<b>СЕКЦИЯ 3. Информационные и интеллектуальные системы</b> .....	<b>134</b>
THE BEST ERP-SYSTEM FOR BUSINESS	
A.V. Nikulina, A.S.Kumaritsa. ....	135
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ПРОЦЕССА АЛКИЛИРОВАНИЯ БЕНЗОЛА ЭТИЛЕНОМ	
Белинская Н.С., Долганова И.О. ....	137
СИСТЕМА ВЫСОКОТОЧНОГО ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЗКИ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ 5-КООРДИНАТНЫХ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ	
Бессараб А.С, Чердынцев Е.С. ....	139
ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ШКОЛЬНИКОВ	
Демешева О.В., Лепустин А.В. ....	141
WELL SERVICING IS A PART OF VIRTUAL OILFIELD	
A.O. Dzyubanyuk. ....	143
DEVELOPMENT OF THE JQUERY EDITOR INTERACTING WITH SEMANTIC STORAGES THROUGH THE WCF SERVICE	
V.A. Fandeev. ....	145
USING OF NEURAL NETWORKS TO PREDICT THE QUOTATIONS OF ECONOMIC TIME SERIES	
J.S. Trofimovich, N.A. Khvan. ....	147

---

SYSTEM CENTER 2012 DATA PROTECTION MANAGER: ОСОБЕННОСТИ НОВОЙ ВЕРСИИ ПРОДУКТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЧАСТНОГО ОБЛАКА	
Колчанов А.В. ....	149
HIGH PERFORMANCE LARGE SCALE DATASETS CLUSTERING BASED ON GUSTAFFSON-KESSEL FUZZY TECHNIQUE	
D.N. Lycom, M. Trzasal, S.V. Aksenov.....	150
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ	
Димитриченко М.Ю., Мазеин А.И., Сахаров С.В. ....	152
THE DEVELOPMENT OF OLAP-CUBE “PROMOTIONAL CLUSTER” ON THE BASIS OF CORPORATE INFORMATION SYSTEM	
Кулешова Д.И., Мучник А.В. ....	154
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ОРГАНИЗАЦИЯ СПОРТИВНОГО МЕРОПРИЯТИЯ»	
Осипенко А.И.....	156
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ОШИБОК В РАЗРАБОТКЕ ПО НА ПРИМЕРЕ BUGZILLA	
Сидорова Е.А. ....	158
ПРИМЕНЕНИЕ ЭРМИТОВЫХ МУЛЬТИВЕЙВЛЕТОВ СЕДЬМОЙ СТЕПЕНИ К РЕШЕНИЮ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	
Турсунов Д.А., Гулько С.П., Шумилов Б.М. ....	160
<b>СЕКЦИЯ 4. Автоматизация и управление в технических системах .....</b>	<b>163</b>
ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	
Рябов А.А.....	164
ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	
Беляев А.С. ....	166
КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ТРЕНАЖЕРА-СТЕНДА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ АСУ ТП В СФЕРЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	
Чемерисов Д.А., Громаков Е.И. ....	168
РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА АЛГОРИТМОВ ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЙ ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ	
Черных А.А., Тутов И.А. ....	170
ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА COMSOL MULTIPHYSICS 3.5 ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДЕ С УТЕЧКОЙ	
Черных А.А., Мамонова Т.Е.....	172
АЛГОРИТМ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРА ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМАЛЬНОЙ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ	
Четвериков М.А., Пушкарев М.И. ....	174
СИНТЕЗ РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	
Езангина Т.А. ....	176
ЗАЩИТА ТРАНЗИСТОРНОГО МОСТА РЕВЕРСИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА	
Гольцов Б.В., Тутов И.А. ....	178

---

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ 3D ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ»	
Гунина В.И., Панышин Г.Л. ....	180
COMPARISON OF ERP-SYSTEMS	
S.A. Davydova, E.O. Inozemtseva .....	182
РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТРЕХФАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ 3DVIA COMPOSER	
Кудряшова В.В., Панышин Г.Л. ....	184
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ГРУЗОВ	
Курганкин В.В., Замятин В.М. ....	186
РАЗРАБОТКА МАКЕТА МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ В НЕИЗВЕСТНОЙ СРЕДЕ	
Курганов С.М. ....	188
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЛИВА КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ	
Лугина О.А., Ефимов С.В., Курганкин В.В. ....	190
ВНЕДРЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
Макеева В.А. ....	191
СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ ВИДЕОКАМЕРЫ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРА	
Мороз Ю.С., Тутов И.А. ....	193
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГРАФОВ СВЯЗЕЙ	
Николаева А.С., Воронин А.В. ....	195
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ НИЗКОУРОВНЕВОЙ СВЯЗИ	
Очоа Бикэ А.О., Цапко С.Г. ....	197
СПОСОБЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЛИЦ В ЧЕЛОВЕКОПОТОКЕ	
Пантюхин А.Р., Александрова Т.В. ....	199
СИНТЕЗ ПИД-РЕГУЛЯТОРА МЕТОДОМ КОЭФФИЦИЕНТНЫХ ОЦЕНОК ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА	
Пушкарев М.И., Гайворонский С.А. ....	201
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ	
Пякилля Б.И., Гончаров В.И. ....	203
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБНАУЖЕНИЕ УТЕЧЕК НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА РАЗНОСТИ ВО ВРЕМЕНИ ДАВЛЕНИЯ	
Репин Д.Н., Мамонова Т.Е. ....	205
КОНТУРНЫЙ АНАЛИЗ В РАСПОЗНАВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ	
Рудь М.Н. ....	206
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ НЕУСТОЙЧИВОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ	
Щелканова Т.А., Воронин А.В. ....	208

---

ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗМАРКЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ MOTIONCAPTURE ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОВЕДЕНИЕМ РОБОТА	
Шеломенцев Е.Е. ....	210
МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГЕКСАПОДА В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ МАТЛАВ SIMULINK И САТИА	
Воронин А.В., Шпякин И.К. ....	212
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА	
Сидорова А.А., Королева Н.Р., Королева Е.Р. ....	214
ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИЙ БЕЗБУМАЖНОГО ЭКРАННОГО РЕГИСТРАТОРА LOGOSCREEN 500CF	
Скударнов А.Л., Михайлов В.В. ....	216
УСТРОЙСТВО СОПРЯЖЕНИЯ С ОБЪЕКТОМ ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ	
Таскаев Р.И., Рудницкий В.А. ....	218
ДИЗАЙН ОБОЛОЧЕК ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ	
Топоркова А.П. ....	220
МОДЕРНИЗАЦИЯ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ НАСОСА-ДОЗАТОРА ХИМРЕАГЕНТА	
Тутов И.А., Михайлов В.В. ....	223
АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ	
Васильев О.Е., Ефимов С.В. ....	225
РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПОИСКА И СОРТИРОВКИ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНЫХ LEGO РОБОТОВ	
Воронин А.А. ....	227
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ КИНЕМАТИКИ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ МАНИПУЛЯТОРОВ	
Яковлев А.С. ....	228
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ДЕНАВИТА–ХАРТЕНБЕРГА И ФОРМАЛИЗОВАННОГО СПОСОБА ОПИСАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КИНЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МАНИПУЛЯЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ	
Яковлев А.С. ....	230
РЕАЛИЗАЦИЯ БПФ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ С АРХИТЕКТУРОЙ ARM CORTEX M3	
Буй Б.З. ....	232
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЙ ПЛАВИЛЬНЫМИ ПЕЧАМИ	
Колпащиков К.В., Ефимов С.В. ....	235
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ 6-ТИ СТЕПЕННЫМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ГЕКСАПОДОМ СИСТЕМЫ ЮСТИРОВКИ КРУПНОГАБАРИТНОГО РЕФЛЕКТОРА АНТЕННЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА	
Гусев В.Н., Казьмин В.П. ....	237
<b>СЕКЦИЯ 5. Информационные системы и программные средства в производстве и управлении.....</b>	<b>239</b>
ИНФОРМАЦИОННЫЕ НЕДОСТАТКИ ОРГАНИЗАЦИИ И ИХ УСТРАНЕНИЯ	
Прудников И.И. ....	240

---

АВТОМАТИЗИЦИЯ ХАОСА, ИЛИ КАК ПОВЫСИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ НА ПРЕДПРИЯТИЕ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОДСИСТЕМ	
Агафонова Е.В., Шандаров Е.С. ....	242
Creating software for the calculation in the electricity supply companies	
A.V. Aksyonov, N.A. Korotkih, I.S. Bykadarova .....	244
АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Аметова Э.С., Суханова Ю.А., Цапко С.Г. ....	246
РАБОЧЕЕ МЕСТО ОПЕРАТОРА ПЛАТЕЖНОЙ КОМПАНИИ	
Арышева К.С. ....	248
ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
Беднарский Р.А. ....	250
WEBSITE PROMOTION AS AN ASPECT OF ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT	
Y.O. Goncharuk.....	252
MODERN TOOLS IN COMPUTER SIMULATION FOR SOLVING BUSINESS PROBLEMS	
Kazantseva E.S., Krasnenkaya E.A. ....	254
РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Кобрин О.В. ....	256
EXAMPLE OF THE WINDOWS AZURE SOLUTION FOR COMMERCIAL PURPOSES	
A.V. Kolchanov .....	258
DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED INFORMATION SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF TOMSK SOCIAL POLICY	
О. Krayushkina, E. Fominih .....	259
УПРАВЛЕНИЕ СПРАВОЧНЫМИ ДАННЫМИ В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ РАЗРАБОТКИ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ	
Куренков И.Н., Лунева Е.Е., Дмитриева Е.А. ....	261
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ	
Куренков И.Н., Лунева Е.Е., Суханова Ю.А. ....	263
СОПРОВОЖДЕНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ WEB-СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ VERSATA DCM	
Кузнецова Т.А., Вичугова А.А. ....	265
ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ В MICROSOFT VISIO	
Матвеев А.П. ....	267
ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ E DECANAT 2.0 ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ТГПУ	
Мытник А.А. ....	269
МОДЕЛЬ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ WINDOWS PHONE НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОГО КЛИЕНТА	
Носков И.И. ....	271

---

РАЗРАБОТКА ПАКЕТА ПРОГРАММ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКООКТАНОВОГО БЕНЗИНА	
Петрова А.А. ....	273
ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В БИРЖЕВОЙ СФЕРЕ	
Петрова Г.Г. ....	275
РОЛЬ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ВРМ-СИСТЕМЫ VIZAGI	
Погребной В.Ю., Кошмелев А.А. ....	278
ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕТИПОВЫХ ОТЧЕТОВ КОНФИГУРАЦИИ СИСТЕМЫ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ	
Савинкина У.С. ....	280
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ БИБЛИОТЕЧНОЙ ОБЛАСТИ. ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ БИБЛИОТЕЧНОЙ ОТЧЕТНОСТИ	
Сиротин В.С. ....	282
ПОДХОД К АДАПТАЦИИ PLM-СИСТЕМЫ SMARTTEAM К СПЕЦИФИКЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЕТ РАСШИРЕНИЯ БАЗОВОГО ФУНКЦИОНАЛА	
Скирневский И.П., Аметова Э.С. ....	284
РЕАЛИЗАЦИЯ СПРАВОЧНИКОВ СТАНДАРТНЫХ, УНИФИЦИРОВАННЫХ И ЭЛЕКТРО-РАДИО ИЗДЕЛИЙ В СРЕДЕ PLM- СИСТЕМЫ SMARTTEAM	
Скирневский И.П., Аметова Э.С., Цапко С.Г. ....	286
РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА ПО ПРИЕМУ ПЛАТЕЖЕЙ	
Темникова К.Ю. ....	288
КЛИЕНТСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ФОТОКАМЕРАМИ, ОСНОВАННОЕ НА АРХИТЕКТУРЕ TANGO	
Васильев Г.А., Вичугов В.Н. ....	290
ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ НА ПРИМЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТОБОРОТА DIRECTUM И СИСТЕМЫ БИЗНЕС- МОДЕЛИРОВАНИЯ BUSINESS STUDIO	
Васильева А.Н., Шутова Ю.О., Вичугова А.А. ....	292
РОЛЬ ЭЛЕКТРОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ СТАНДАРТОВ В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ СТАНДАРТОВ HL7, OPENEHR, DICOM	
Якушин Д.А., Пономарев А.А. ....	294
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ OLAP ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И ИНТЕРПРИТАЦИИ ДАННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН (ГДИС)	
Жданова Е.К., Алексеев А.А. ....	296
DESIGNING AND DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS AND INTERPRETATION OF THE HYDRODYNAMIC WELL TESTING	
Е.К. Zhdanova ....	298
<b>СЕКЦИЯ 6. Геоинформационные системы и технологии</b> .....	<b>301</b>
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
Гиниятуллина О.Л., Андреева Н.В. ....	302

---

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ ДЛЯ ПОВСЕДНЕВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	
Дормидонова Д.С.....	304
ВОЛОНТЕРСКАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ВЕБ-ПЛАТФОРМА «PLACE, I CARE!»	
Иванов К.А., Кудинов А.В.....	306
ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В ВИДЕ SAAS-СЕРВИСА	
Гиниятуллина О.Л., Харлампенков И.Е., Потапов В.П. ....	308
ОБЗОР ВОЛОНТЕРСКОЙ ВЕБ-ГИС «TOMSK, I CARE!»	
Петрович К.Е., Кудинов А.В. ....	310
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	
Пустовалова Е.А., Миненко К.С., Полуэктова Н.С.....	312
МЕТОД СПУТНИКОВОЙ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБНАРУЖЕНИЯ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	
Семенов А.В., Потапов В.П. ....	314
ВЫБОР МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ПРОГРАММНОМ ПРИЛОЖЕНИИ «AMEOR»	
Сивов Ю.А., Иванов Е.Н., Кононов Ю.М. ....	317
ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ В МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ РЫНКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ Г.АСТАНЫ	
Валиева Ш.К., Кабдуш Е.Б., Карабаев Д.Д., М.Н. Мусабаева .....	319
<b>СЕКЦИЯ 7. Компьютерные измерительные системы и метрология.....</b>	<b>322</b>
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ТЕЧЕЙСКАТЕЛЕЙ	
Фаерман В.А., Аврамчук В.С. ....	323
МОДЕЛЬ КАЧЕСТВА МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОЦЕССА СО СПЛОШНЫМ КОНТРОЛЕМ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ И ДИСПЕРСИИ	
Гопоненко А.С. ....	325
СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ СРЕД В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРАХ	
Кочумеев В.А., Трубачев А.А., Стукач О.В.....	327
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛЬНОТОЧНЫХ ШУНТОВ	
Кузнецова Е.Ю., Заревич А.И. ....	329
АЛГОРИТМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ	
Солтанова Д.Г., Заревич А.И. ....	331
ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РХИ- ПЛАТФОРМЫ	
Рункова Е.С., Заикина А.А.....	333
DETERMINATION OF HIGH-FREQUENCY CHARACTERISTICS SHUNTS	
E. Yu Kuznetsova .....	335
DEVELOPMENT OF THE INDUCTIVE MEASURING CONVERTER	
A.V. Rogovyh, E.S. Vasilevskaya .....	337
THE PULSE SIGNALS DIGITAL PROCESSING	
D.G. Soltanova.....	338
<b>СЕКЦИЯ 8. Компьютерная графика и дизайн.....</b>	<b>341</b>

---

СТИЛЬ РОКОКО В ПРОМЫШЛЕННОМ ДИЗАЙНЕ	
Филонова А.С., Радченко В.Ю. ....	342
AUTODESK 3DS MAX .....	343
Говяшов И.А., Опольский В.В. ....	343
ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ГРАФФИТИ	
Григорян С.А., Р.Г. Долотова .....	345
ГРАФФИТИ. ВАНДАЛИЗМ ИЛИ ИСКУССТВО?	
Григорян С.А., Долотова Р.Г. ....	347
РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА ПРОТИВОУДАРНОЙ УПАКОВКИ ДЛЯ РАЗНЫХ ВИДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛАМП	
Кравченко М.А., Радченко В.Ю. Фех А.И. ....	349
КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА	
Соболева П.В., Дайналович Т.Ю. ....	351
ПРОГРАММА AUTOCAD ОПТИМАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
Ярин А.А., Дайналович Т.Ю. ....	354
РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА ЧАЙНОГО СЕРВИЗА НА 6 ПЕРСОН	
Земцева Е.Ю., Радченко В.Ю., Витюк Ю.С. ....	356
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРА С ТЕХНИЧЕСКИМ ЗРЕНИЕМ	
Беляев А.С., Трапп С.А., Вехтер Е.В. ....	357
КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА: ИЗ МЕЧТЫ – В РЕАЛЬНОСТЬ	
Булугев И.И., Вехтер Е.В. ....	359
ВИДЫ И СТИЛИ ГРАФФИТИ	
Григорян С.А., Долотова Р.Г. ....	361
СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ	
Исламова А.Г., Дайналович Т.Ю. ....	363
РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА ДЕСЕРТНОГО СЕРВИЗА	
Капустина А.Н., Радченко В.Ю. ....	365
ТЕКСТУРНАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ. АЛГОРИТМ, ОСНОВАННЫЙ НА ФИЛЬТРАХ ГАБОРА	
Козлова И.А. ....	367
СИСТЕМЫ «КОМПАС 3D» И «AUTODESK INVENTOR» И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В 3D МОДЕЛИРОВАНИИ	
Мартикян М.Г. ....	369
БУРЯТСКИЕ ОРНАМЕНТЫ	
Намсараев Ю.Ц., Долотова Р.Г. ....	371
АНАЛИЗ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОГРАМ И ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ 3D МОДЕЛИ	
Невидниченко О.П., Толкачева К.П. ....	373
СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ AutoCAD: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРИЕМУЩЕСТВА	
Нигай А.Г., Дайналович Т.Ю. ....	375
О СОЗДАНИИ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ВИЗИТНОЙ КАРТОЧКИ	
Овчинникова А.В., Степанов Б.Л. ....	378
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ КРИСТАЛЛИЧНОСТИ ПО РЕНТГЕНОГРАММАМ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО МАТЕРИАЛА	
Парилов Е.А., Лысак И.А. ....	380

ПРОГРАММА ФИЛЬТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ	
Павлов В.Е. ....	382
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОЕКТА ПО БЛАГОУСТРОЙСТВУ ТЕРРИТОРИИ ДОМА ДЕТСКОГО ТВОРЧЕСТВА «У БЕЛОГО ОЗЕРА» Г. ТОМСКА	
Сеидова А.С. ....	383
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
Толкачева К.П., Гречкина Т.В. ....	385
ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНИК. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА	
Топоркова А.П. ....	387
СОЗДАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРОВ В РЕДАКТОРЕ ADOBE PHOTOSHOP	
Кузнецова Д.И., Белоенко Е.В. ....	389
СТИЛЬ МОДЕРН В ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
Снежина Д.А., Радченко В.Ю. ....	391
ЦВЕТ В РЕКЛАМЕ	
Федорова И.В., Белоенко Е.В. ....	393
<b>СЕКЦИЯ 9. Информационные технологии в машиностроении .....</b>	<b>396</b>
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОСТАВЛЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ШНЕКА ДЛЯ МАШИНЫ ГРАНУЛЯЦИИ ПОЛИМЕРОВ НА СТАНКЕ С ЧПУ	
Мухомолов А.В., Оголь И.И. ....	397
КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ С УПРАВЛЯЕМЫМ ПЕРЕНОСОМ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА	
Павлов Н.В., Полищук В.А. ....	400

**СЕКЦИЯ 1.  
МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ,  
КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ И  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКОГО МУЛЬТИПЛЕКСОРА OSD8600 ДЛЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ HERNIS CCTV**

**Борисов В.И., Михайлов В.В.**

Томский политехнический университет  
[vadimental@yandex.ru](mailto:vadimental@yandex.ru)

Норвежская система видеонаблюдения CCTV HERNIS изначально была специально создана для обеспечения функционирования объектов нефтегазовой отрасли на шельфе. Благодаря высоким технологиям компании HERNIS удалось разработать оборудование, обладающее повышенной износостойкостью и устойчивостью к агрессивным условиям окружающей среды. Достаточно простое и удобное обслуживание систем в сочетании с превосходной технической поддержкой и гарантийным обслуживанием делают системы видеонаблюдения CCTV идеально подходящими для наблюдения за процессом бурения, трубопроводом и другими зонами, требующими особого подхода к выбору оборудования.

В настоящее время на российских объектах нефтегазового и морского промысла эта система применяется крайне редко. Среди крупных нефтегазовых месторождений, активно использующих возможности HERNIS можно выделить лишь морскую стационарную ледостойкую платформу «Приразломное» - одно из перспективных месторождений на арктическом шельфе, а также Сахалин-1 и Сахалин-2 – проекты компании Sakhalin Energy. Компания HERNIS - признанный мировой лидер по производству систем CCTV для прибрежных и нефтегазовых установок.

К сожалению, для точного наблюдения за технологическими процессами и за производством в целом недостаточно только качественного и надежного функционирования оборудования – необходимо еще обеспечить чистую и четкую передачу сигнала с точки размещения устройства слежения в операторную, при учете, что расстояние между ними может достигать нескольких десятков километров.

Именно поэтому стоит уделить внимание оптической системе передачи аудио- и видеоданных Optical System Design (OSD), которая находит применение в CCTV сетях, транспортных сетях и системах промышленного мониторинга. Данная статья посвящена принципам работы и преимуществам данного вида оборудования.

Вообще, область применения цифрового оптического оборудования OSD для передачи сигналов в системах безопасности довольно широка: CCTV, системы контроля и управления дорожным движением, охраны государственных и стратегически важных объектов. Широкая адаптивность системы к различным областям, прежде всего, характеризуется разнообразием

устройств, которые предлагает компания. Среди них аналоговые и цифровые модемы и мультиплексоры, аудио-модемы, системы CATV и прочее.

По принципу передачи сигнала систему видеонаблюдения HERNIS CCTV можно назвать рассредоточенной. Доказательством может послужить тот факт, что видеосигнал от каждой камеры отправляется по своему коаксиальному кабелю. Известен также тот факт, что с сосредоточенной, централизованной системой работать удобнее. Следовательно, задача сводится к тому, чтобы решить проблему рассредоточенной системы передачи сигнала, т. е. найти и применить устройство, способное организовать прием сигнала из нескольких источников и отправить информацию оператору.

Таким образом, решая эту задачу, мы можем применить оптический цифровой 4-х канальный мультиплексор OSD8600T, который по своему предназначению является трансмиттером (передатчиком), передающим видеосигнал по оптоволоконному каналу к так называемому ресиверу (приемнику) OSD8600R.

Для передачи видеосигнала по оптоволоконному кабелю используется оптическое оборудование с различными видами модуляции сигнала (амплитудная, частотная модуляция) и цифровым кодированием аналогового сигнала. Мультиплексор OSD8600T работает именно на принципе цифрового кодирования, что дает преимущества перед другими оптическими устройствами. Ведь оборудование с амплитудной модуляцией ограничено дальностью передачи видеосигнала в несколько километров - отношение сигнал/шум АМ-оборудования линейно снижается с ростом длины оптического кабеля, а нелинейность модуляционной характеристики оптического излучателя приводит к заметным искажениям дифференциальных фазы и усиления. ЧМ-оборудование позволяет передавать сигнал уже на несколько десятков километров, но зависимость отношения сигнал/шум от дальности передачи существенно нелинейна. К тому же, модули ЧМ могут обладать повышенной чувствительностью к внешним электромагнитным полям[1].

Принцип работы цифрового оптического модуля OSD8600, использующего оцифровывание поступающего видеосигнала, во многом схож с принципом работы аналоговых систем. Он использует цифровое кодирование входящего аналогового видеосигнала основной полосы

частот (от камеры теленаблюдения) через внутренний аналого-цифровой конвертер, расположенный внутри модуля оптического передатчика OSD8600T. Далее оцифрованный сигнал преобразуется лазерным излучателем непрерывного действия в световой поток, распространяющийся по оптическому кабелю до модуля оптического приемника OSD8600R.

Но как же сигнал проходит преобразование в световой поток? Лазерный излучатель в OSD8600T - источник оптического когерентного излучения, характеризующегося высокой направленностью и большой плотностью энергии. В нем происходит преобразование электрической энергии в энергию лазерного излучения. Главным элементом лазерного излучателя - активная среда, которая расположена между зеркалами, образующими оптический резонатор[2].

Лазерный излучатель в мультиплексоре OSD позволяет передавать сигнал оригинальной природы, не имеющий аналога в окружающем пространстве, что в значительной степени избавляет от помех. Лазерный излучатель работает на длине волны 1310 нм или 1550 нм и содержит 8 CWDM (Coarse wavelength-division multiplexing) длин волн между 1470 и 1610 нм. Иными словами, примененная технология WDM позволяет одновременно передавать несколько информационных каналов по одному оптическому волокну на разных несущих частотах.

Полученный приемником цифровой сигнал обратно преобразуется внутренним цифроаналоговым конвертером в аналоговый видеосигнал основной полосы частот. Следует отметить, что оптическая система полностью электрически прозрачна от разъема модуля оптического передатчика (включая оптическую среду передачи видеoinформации) до разъема модуля оптического приемника. Важно понимать, что видеосигнал при оцифровке не подвергается какой-либо компрессии. Сигнал оцифровывается, но не сжимается видеокодеком, поэтому на выходе оптического приемника пользователь получает 100-процентный аналоговый сигнал без прореживания, потери информации и качества.

Показатель качества передачи цифрового изображения преимущественно определяется количеством бит, используемых в системе. Число бит, в конечном счете, определяет электрический динамический диапазон системы и отношение сигнал/шум, оказывающее существенное влияние на характеристики передачи сигнала (рисунок 1).

В соответствии с требованиями ГОСТР 50725-94 и международного стандарта RS-250C по качеству передачи сигнала, минимальное число бит, которое должно использоваться в какой-либо системе передачи цифрового видеосигнала – 8 [1], чему соответствуют 256 уровней амплитуды сигнала. В оптическом мультиплексоре

OSD8600T кодирование видеосигнала 9 бит (512 уровней амплитуды сигнала). Из этого следует, что у 9-битного сигнала начальный уровень дискретизации для стандартного композитного видеосигнала ниже (приблизительно 2 мВ), чем у 8-битного, у которого начальный уровень в 2 раза больше (приблизительно 4 мВ). Таким образом, 9-битный сигнал обладает более высокой разрешающей способностью и хорошим динамическим диапазоном.

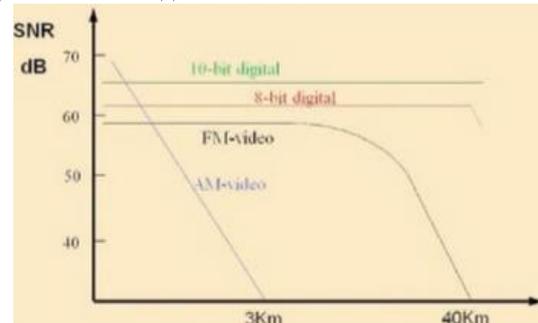


Рис. 1. Зависимость параметров видеосигнала от расстояния

Преимущества OSD8600 заключаются не только в качестве передачи сигнала. Например, это устройство позволяет передавать 4 различных видеосигнала по одной оптической жиле по протоколу RS422. Кроме того, устройство оснащено разъемами для передачи и приема данных по протоколу RS422/485, если камеры HERNIS являются поворотными.

Следует отметить некоторые другие важные характеристики OSD8600T:

- поддержка интерфейса Ethernet для работы по локальной сети;
- 2 канала передачи данных;
- ширина полосы пропускания видео от 10 Гц до 6,5 МГц при SNR>63 дБ.

В заключение стоит подчеркнуть, что при использовании оптического мультиплексора OSD8600 характеристики передаваемого видеосигнала остаются стабильными, предсказуемыми и неизменяемыми при многократной регенерации по всей длине линии связи. Минимальное ухудшение сигнала на первом физическом уровне системы передачи, от выхода видеокамеры до модуля передатчика OSD8600T, остается неизменным на всем протяжении оптической линии связи от начала и до конца, оставляя его без изменений.

Таким образом, очевидно, что при разработке систем передачи информации по оптическим каналам связи предпочтительно использовать цифровое оборудование, как наиболее технически совершенной и перспективное.

#### Литература

1. Передача видеосигнала по оптическим каналам связи [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.secuteck.ru/articles2/videonabl/>

2. Лазерный излучатель [Электронный <http://www.stroyverno.ru/encycl/>  
Режим доступа: 3. OSD systems technical passport

## АЛГОРИТМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ПОЛИТИКИ БЕЗОПАСНОСТИ RDF-ДАННЫХ

Хоанг Ван Куэт, Тузовский А.Ф.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30  
E-mail: [student8050@sibmail.com](mailto:student8050@sibmail.com)

### Введение

В настоящее время семантическая технология быстро развивается и играет важную роль во многих организациях. Известно, что в информационной среде существуют угрозы, такие как Trojan horses, Viruses and Worms, осуществляющие разрушающие действия в работе с базами данных в Интернете. Так как сеть Интернет направленно развивается в сторону семантической сети, то угроза безопасности информации будет возрастать. Проблему безопасности данных необходимо рассматривать с самого начала процесса разработки семантической сети. Для обеспечения её безопасности необходимо обеспечить безопасность всех её компонентов, таких как XML, RDF, веб-сервера, онтологии и взаимодействия всех этих технологий.

В современных работах по безопасности семантических данных приводится много решений по вопросу безопасности XML-данных, но мало практических работ по безопасности RDF-данных и их взаимодействию между собой [1]. В данной статье приведены начальные этапы по обеспечению безопасности RDF-данных, построены алгоритмы для контроля доступа пользователей к элементам триплета или самому RDF-триpletу.

### Метка безопасности для триплета RDF-данных

Каждый RDF-документ состоит из графов (триплетов), являющихся набором троек: субъект (s), предикат (p), объект (o). В целях безопасности RDF-данных каждые компоненты триплета находятся на разных уровнях безопасности согласно своим меткам обеспечения ( $sl_1, sl_2, \dots, sl_n$ ), созданными пользователями. Например,  $sl_1$  соответствует отсутствию уровня безопасности,  $sl_2$  соответствует конфиденциальности, ...,  $sl_n$  соответствует сверхсекретности.

В триplete субъект, предикат, объект могут иметь одинаковую метку  $sl$  или разные метки безопасности  $sl_s, sl_p, sl_o$  (где  $sl_s$  - метка для субъекта,  $sl_p$  - метка для предиката,  $sl_o$  - метка для объекта). В случае, когда три элемента имеют одинаковую метку  $sl$ , то  $sl$  является меткой безопасности для триплета. Если три метки являются разными ( $sl_s, sl_p, sl_o$ ), то надо образовать минимальную границу метки  $sl_{\min}$  этих меток, тогда  $sl_{\min}$  является меткой безопасности

триплета. К этому методу чувствительна метка данных, связанная с RDF-данными и ограничивающая несанкционированный доступ к любым триплетам, ресурсам и к наследованным триплетам, образованным в результате операции наследования.

Один и тот же ресурс может являться субъектом или объектом (иногда является предикатом) в разных ситуациях, следовательно, он может иметь разные чувствительные метки ( $sl_1, sl_2, \dots, sl_n$ ) в зависимости от своего положения. Триплет, имеющий ресурс в конкретном положении, должен иметь конкретную метку  $sl_t$ , охватывающую соответствующую метку ресурса в данной позиции, и обозначается  $sl_t \leq \min(sl_1, sl_2, \dots, sl_n)$ . В этом случае триплет может быть доступен только пользователям с метками  $st_{\text{user}}$ , охватывающими метки триплета и ресурса, и обозначается  $st_{\text{user}} \leq sl_t$ .

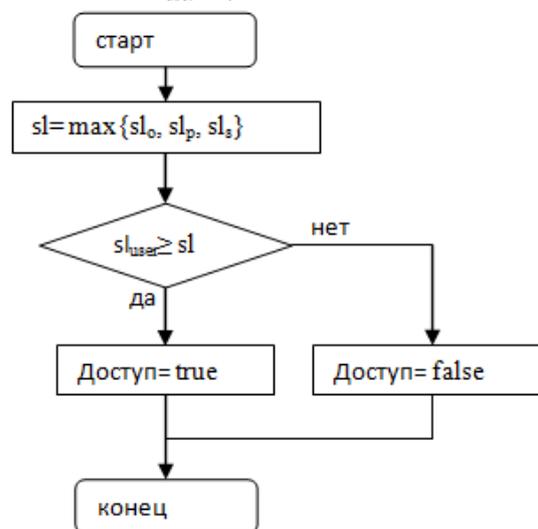


Рис. 1. Алгоритм для определения метки безопасности триплета RDF-данных

Для определения минимальной чувствительности метки безопасности триплета и возможности доступа пользователя к триpletу автором предложен алгоритм 1, приведённый на рисунке 1.

Например, если  $sl_s$  = неклассифицированной,  $sl_p$  = неклассифицированной,  $sl_o$  = секретной. Тогда метка безопасности для триплета является секретной. Если секретная метка охватывает уровень доступа пользователя, то пользователь не может выполнять никаких операций на этом триplete. В другом случае, если его уровень

доступа является секретностью, или сверхсекретностью, то он может выполнять разные операции на этом триплете.

### Безопасность для компонентов триплета RDF-данных

Как правило, ресурс, входящий в положение объекта триплета, может быть описан с помощью использования дополнительных утверждений RDF. Ресурс RDF, находящийся в позиции объекта этого триплета, может появляться в позиции субъекта другого триплета. Тогда если ресурс в позиции объекта не имеет чувствительной метки, то метка, связанная с таким ресурсом в позиции субъекта, является меткой по умолчанию для объекта [2].

Ресурс появляется в роли субъекта триплета, когда утверждение сделано о ресурсе. В этом случае, чувствительная метка  $sl_s$ , связанная с ресурсом, должна обладать следующими характеристиками:

1.  $sl_t$  представляет минимальную чувствительную метку для любого триплета, использующего ресурс в качестве субъекта. Иными словами, чувствительная метка  $sl_t$  для триплета должна охватывает метку для субъекта  $sl_s$ , где  $st_t \geq sl_s$ ;

2. метка  $sl_{new}$  для нового добавленного триплета является инициализированной пользователем, только если она доминирует метку, связанную с субъектом триплета, значит  $sl_{new} \geq sl_s$ ;

3. только пользователь, имеющий доступную метку  $st_{user}$ , доминирующую метку субъекта и триплета, может читать триплет, значит  $st_{user} \geq sl_t$  и  $st_{user} \geq sl_s$ .

По умолчанию  $sl_s$  возникает в среде использования пользователя, когда ресурс RDF принимается в роли субъекта триплета при начальном времени. Чувствительная метка по умолчанию в этом случае устанавливается в начальной чувствительной метке триплета пользователя. Чувствительная метка по умолчанию является меткой, вставленной пользователем для всех триплетов.

Для проверки правильности меток безопасности триплетов  $SL = \{sl_1, sl_2, \dots, sl_n\}$  и добавления нового триплета  $T_{new}$ , в которых субъект S имеет метку безопасность, используется алгоритм 2 (рис. 2).

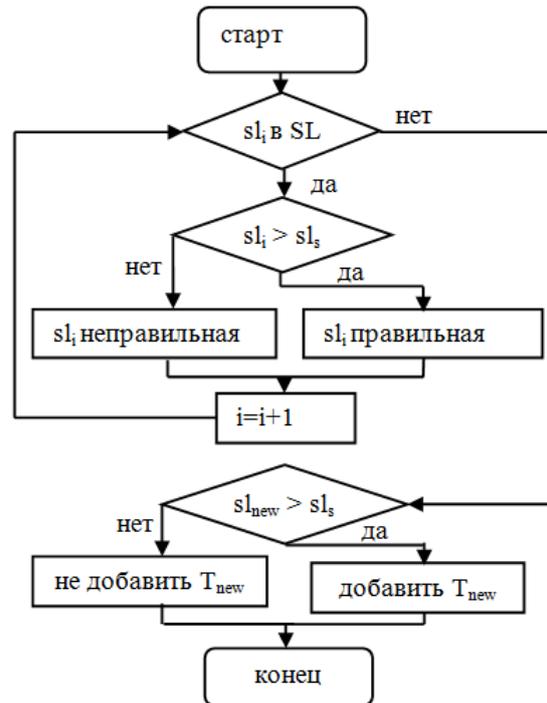


Рис. 2. Алгоритм для добавления нового триплета

### Заключение

RDF-данные являются основными элементами семантических данных. Для безопасности семантической базы данных необходимо обеспечить безопасность RDF-данных. В данной статье были рассмотрены основные элементы RDF-данных. Описаны алгоритмы для определения меток безопасности триплета, а также для проверки права доступа пользователей к триплетам.

В RDF-данных ресурс может иметь разные роли (субъект, предикат, объект) в различных триплетах. Из-за этого метки безопасности триплетов, составленные для конкретного вида ресурса, зависят от его меток безопасности. Для проверки правильности меток безопасности триплетов используется алгоритм 2.

### Литература

1. R. Sandhu, E. J. Coyne, H. Feinstein. Role-based access control models // IEEE Computer. – 1996. – Vol 29, -№ 2. – P. 38–47.
2. P. Stachour and B. Thuraisingham. Design of LDV: A multilevel secure relational database management system // IEEE Trans. Knowledge and Data Eng. – 1990. – Vol 2, - № 2. – P. 190–209.

## АЛГОРИТМЫ КОНТРОЛЯ ПРАВ НА МОДИФИКАЦИЮ СЕМАНТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Хоанг Ван Куэт, Тузовский А.Ф.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: [student8050@sibmail.com](mailto:student8050@sibmail.com)

### Введение

В целях обеспечения безопасности информации каждому пользователю создают

права доступа к данным, содержащимся в хранилище. Данные являются конфиденциальными по разным причинам, таким как: личные и частные вопросы, планы кампании, военная информация или государственные планы.

Если не существует эффективного метода для обеспечения безопасности данных, то пользователь может иметь неавторизованный доступ к данным и выполнять опасные действия к базе данных [1]. Поэтому задача по созданию контроля прав доступа пользователей является актуальной.

В семантической технологии для решения вышеуказанной проблемы предлагается метод контроля доступа к данным с помощью меток безопасности для каждого триплета RDF-данных. Данный метод контролирует доступ к триплетам RDF-данных сравнением метки безопасности триплетов с правами пользователей.

Целью данной статьи является создание метода контроля права пользователей на модификацию данных.

#### Алгоритм для контроля права пользователя на модификацию данных

Метка безопасности является одним атрибутом с несколькими компонентами, такими как: уровень, отделение и группа. Все метки данных должны содержать компонент «уровень», но они необязательно содержат компоненты «отделение» и «группа» [2].

Компонент *уровень* указывает чувствительность информации, такую как: конфиденциальность, секретность, сверхсекретность и т.д.

Компонент *отделение* определяет области, в которых описывают чувствительность данных, обеспечивая более точным уровнем детализации в пределах уровня. Он связывает данные с одной

или некоторыми областями безопасности. Например, некоторые отделения для данных: образование, финансы, бизнес, политика, производство и другие.

Компонент *группа* выявляет организацию в собственности или доступа к данным, таким как: по городам в России: Томск, Москва и т.д., по странам: Вьетнам, Россия, Англия, Польша и т.д.

Зарегистрированный пользователь (US) заходит в систему и в зависимости от его права ( $AC_{US}$ ) может выполнять разные операции на модификацию данных, такие как: добавление, удаление и изменение данных.

Для определения возможности пользователя на изменение данных в конкретном триплете нужно применять следующие правила, приведённые в указанном порядке:

1. Уровень права пользователя должен больше, чем уровень меток безопасности триплета.

2. Когда группы присутствуют, уровень права пользователя должен включать, по крайней мере, одну из групп, на которой он имеет право на запись, которые появляются на метке безопасности данных (или родитель одной из таких подгрупп). Кроме того, метка пользователя должна включать в себя все отделения на метке безопасности триплета данных.

3. При отсутствии группы пользователь должен иметь доступ на запись на все отделения на этом триплете.

Обратите внимание, что пользователь не может записать данные ниже заданного минимального уровня, но не выше текущего уровня сессии. Пользователь всегда может прочитать данные на минимальном уровне метки безопасности триплета.

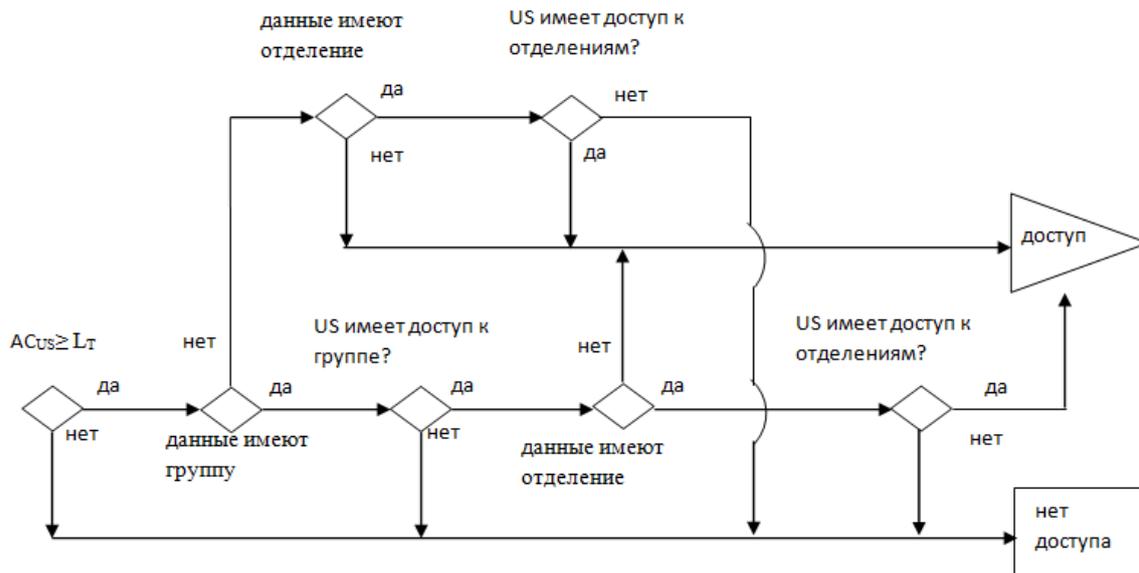


Рис. 1. Алгоритм для контроля прав пользователей на модификацию данных

На рисунке 1 показан алгоритм для модификации данных. По этому алгоритму оценивается каждый триплет, чтобы определить следующее:

1. Этот уровень меток безопасности данных равен или меньше, чем уровень пользователя.

2. Этот уровень меток безопасности данных равен или больше минимального уровня пользователя.

3. Если да, то пользователь имеет ли доступ, по крайней мере, к одной из групп, присутствующих в данной метке.

4. Если да, то имеет ли пользователь доступ ко всем отделениям, по крайней мере, на чтение отделений, которые присутствуют в данных.

5. Если не существует группа, но существует отделения, то пользователь имеет ли доступ на запись для всех отделений.

Если имеется ответ «НЕ» на любой стадии этого процесса оценки, то алгоритм блокирует доступ к триплету, и переходит к оценке следующего триплета данных.

Рассмотрим ситуацию, в которой триплет имеет метку *S*: *альфа*, *бета*, но пользователь имеет право на запись только *альфа*. В этом случае, пользователь может читать триплет с меткой *S*: *альфа*, *бета*, но он не может изменить её.

Таким образом, доступ на модификацию обеспечивает добавление, обновление и удаление данных в триплете.

Кроме того, каждый пользователь может иметь соответствующий минимальный уровень, ниже которого пользователь не может модифицировать данные.

#### **Заключение**

Информационная семантическая технология играет важную роль во многих сферах

деятельности человека, поэтому задача безопасности семантических данных является актуальной. В статье была рассмотрена идея для поддержки безопасности семантических данных по меткам безопасности для триплета RDF-данных. С помощью меток безопасности данные могут классифицировать по разным уровням безопасности в разных отделениях с разными диапазонами использования данных пользователей. В связи с идеей безопасности данных по меткам триплетов, были определены основные правила контроля доступа пользователя к данным сравнением уровня доступа пользователей с уровнем безопасности триплета. На основе этих правил были созданы алгоритмы для чтения и модификации триплета RDF-данных.

Основные преимущества приведённых алгоритмов заключаются в следующем:

- с помощью классификация данных и пользователей в разных отделениях, в разных группах управление данных и контроль доступа пользователя будут легко выполняться;

- проверка будет осуществляться для всех триплетов RDF-данных, тогда несанкционированный пользователь не может иметь доступ к этим триплетам.

Однако предложенный алгоритм не может быть использован эффективно для семантических данных, у которых большое количество триплетов, так как количество проверок будет слишком большим.

#### **Список литературы**

1. Thuraisingham B. Security for the semantic web // Computer Standards and Interfaces. – 2005. -№ 27. – P. 257 – 268.

2. Morgenstern M.A. Controlling logical inference in multilevel database systems. – Sydney: On Security and privacy, 1998. – 245 p.

## **ПРОБЛЕМЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ МОНИТОРИНГА КОРПОРАТИВНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

**Кобызь Г.В., Савельев А.О.**

Томский политехнический университет  
[gabrv@yandex.ru](mailto:gabrv@yandex.ru)

#### **Введение**

Современный бизнес настолько зависим от обслуживающей его потребности ИТ инфраструктуры, что более или менее значительный сбой в ее работе приводит к значительным убыткам или даже к банкротству. При проведении Всемирного экономического форума в Давосе, были выделены 10 основных рисков для экономики в 2012 году [1], в список которых вошли коммуникационные угрозы.

Рассмотрим социальную сеть Facebook. Прибыль от рекламы за первый квартал 2012 года составила 872 миллиона долларов [2]. Представим

ситуацию, когда социальная сеть будет недоступна в течении часа по причине неисправности сетевых коммуникаций или ошибок в программном обеспечении, то есть пользователи не будут видеть рекламу. Тогда предприятие будет терять около 400000 долларов за час. В масштабе крупных компаний суммы очень большие, в маленьких – меньше и, как результат, вопросу мониторинга работоспособности ИТ инфраструктуры не уделяется внимания, адекватного возможному риску. Это пренебрежение вызвано тем, что сама по себе ИТ инфраструктура никакой бизнес-

ценности не создает, а является лишь средством для реализации приложений, выполняющих бизнес задачи. Такие приложения активно используют локальную или глобальную сеть для передачи данных. В последнее время именно глобальную, поскольку предприятия начинают переносить свою сетевую инфраструктуру в облака, что в значительной степени упрощает обслуживание. Одновременно с этим выдвигаются жесткие требования к качеству канала от предприятия до ЦОД, где в облаке развернута данная инфраструктура. В итоге, плохо настроенные приложения или сеть приводят к потере эффективности работы предприятия, влияя на конечный экономический результат.

Управление производительностью приложения требуется на всех этапах жизненного цикла от разработки и тестирования до развертывания и эксплуатации. При тестировании приложения внутри высокоскоростной сети, получаем приемлемый результат работы, но при запуске и развертывании приложения на реальном объекте приложение оказывается неработоспособным. Для определения проблемы, необходимо использовать системы мониторинга сети и приложений.

Мониторингом сети называется процесс, в результате которого осуществляется постоянное наблюдение за сетью в поисках медленных или неисправных систем, и который при обнаружении сбоев сообщает о них с помощью специальных средств оповещения. Часто в сети оборудование настроено правильно и обеспечивает со стороны аппаратного подхода максимальную производительность, базовые параметры, характеризующие работу сети, не превышают определенные пороговые значения. За такие базовые параметры приняты загруженность канала связи сети, общее число ошибок передачи данных [3]. Однако, приложения, использующие сеть, могут работать нерационально и потреблять большое количество ресурсов, что приводит к резкому снижению производительности. Эффективный анализ качества сетевого приложения требует адекватной статистической информации о работе его отдельных программных модулей, состоянии каналов связи, узлов и т.д. Для этого необходимо решить задачу по сбору требуемых данных, их аналитической обработке представлению результатов, что невозможно без применения системы мониторинга работы сетевых приложений. По результатам оценки качества работы сетевых приложений, появляется возможность оптимизации работы сети путем изменения порядка запуска приложений или их модулей, перемещения их между вычислительными узлами с целью локализации сетевого трафика, реконфигурирования сетевых ресурсов. Все эти

меры позволяют улучшить не только скоростные, но и характеристики надежности сети. Подобный подход позволяет крупным ЦОД равномерно распределять нагрузку на узлах, что приводит к постоянному равномерному и эффективному использованию ресурсов центра.

Существует три принципиальных метода мониторинга, использующих подход от прикладных программ.

Мониторинг доступности серверов и приложений посредством периодических искусственных транзакций к серверам приложений со стороны клиентов. В условиях распределенной инфраструктуры данная схема выглядит малоэффективной. Из-за большого количества удаленных узлов, транзакции могут снижать работоспособность инфраструктуры и непосредственно самих серверов, тем самым искажая реальную картину. Самая существенная проблема заключается в том, что генерация периодических искусственных запросов косвенно указывает на работоспособность приложений, и позволяет выявлять только серьезные проблемы.

Следующий метод – это установка программных агентов на серверы для мониторинга работоспособности отдельных приложений. Метод позволяет точно отображать технические параметры одного приложения, но не позволяет контролировать всю информационную инфраструктуру в целом, включая отдельных пользователей, сеть передачи данных и качество взаимодействия отдельных модулей в многоуровневой структуре приложений. Сложным является развертывание и администрирование системы, так как необходимо устанавливать и обслуживать агенты в каждом дополнительном офисе.

Последний метод – использование аппаратного коллектора [4]. Коллектор устанавливается в ЦОД, после чего на него копируется входящий и исходящий трафик со всех серверов. Система мониторинга в пассивном режиме, без внесения изменений в работу инфраструктуры, анализирует все запросы пользователей к системе. Пассивный режим анализа крайне удобен, так как единожды настроенный коллектор практически не требует обслуживания и администрирования. Анализируя все транзакции в рамках каждой сессии, коллектор раскладывает время ожидания пользователем ответа от приложения на составляющие:

- время обработки запроса сервером;
- время, необходимое приложению чтобы передать сформированные данные;
- время прохождения пакетов по сети.

Метод довольно дорогой, за счёт цены на оборудование, но все затраты окупаются в долгосрочном периоде, поскольку оборудование в ЦОД не простаивает, а всегда работает с

равномерно-распределенной нагрузкой. В конечном итоге это оказывается экономически выгодным обеим сторонам, как тому, кто предоставляет облако, так и тому, кто его арендует.

Недостаток у данного подхода проявляется в основном для небольших со своей сетевой инфраструктурой предприятий без ЦОД.

Несмотря на новизну, данный метод мониторинга является наиболее перспективным и экономичным с точки зрения работы сетевой инфраструктуры, так как трафик не расходуется, на передачу данных о работе приложений. Для качественного использования данного подхода необходим большой объём исследований по оптимальному размещению коллекторов, разработке математических методов обработки поступающей информации о работе приложений.

В результате работы вышеописанных систем мониторинга, оператор получает данные в наглядной форме, где имеется возможность просмотреть информацию обо всех узлах в сети, а также получить оповещение о сбоях в работе приложений. Полученные сообщения сохраняются в центральной базе данных на сервере, обеспечивая возможность проведения долгосрочного аудита.

#### **Заключение**

Такими образом в последнее время все более распространенным становится подход «от прикладной задачи». Он отличается от традиционного подхода тем, что здесь измеряются не только параметры, характеризующие функционирование сети, но и

показатели, определяющие работу пользовательских программ. А поскольку в облаках инфраструктура сети представлена виртуально, то есть используется программная прослойка, обеспечивающая виртуализацию ресурсов и распределение мощностей между приложениями, мониторинг приложений является наиболее перспективным. Перспективным с точки зрения технической и экономической выгоды, поскольку позволяет проанализировать работоспособность всей инфраструктуры, а также предоставляет данные и отчеты, на основании которых на существующем оборудовании можно достичь стабильной и быстрой работы приложений путем реорганизации сети, переноса модулей и приложений, а также грамотной их настройке в программной или аппаратной форме.

#### **Литература**

1. BFM.RU [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.bfm.ru/articles/\\_2012/01/12/ekonomicheskie-riski-v-2012-godu-stanut-osnovnymi.html](http://www.bfm.ru/articles/_2012/01/12/ekonomicheskie-riski-v-2012-godu-stanut-osnovnymi.html), свободный.

2. SECRETSEO [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://secret-seo.ru/soc-seti/3-dokhody-facebook-v-pervom-kvartale-dostigli-872-millionov-dollarov>, свободный.

3. Информационный ресурс "ProLan" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.prolan.ru/company/article/magazine/mpk\\_052000.html](http://www.prolan.ru/company/article/magazine/mpk_052000.html), свободный.

4. Официальный сайт компании Fluke networks. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.flukenetworks.com/>, свободный.

## **ОБЗОР МЕТОДОВ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ НА WEB-СЕРВЕР**

Кочергин В.В.

Томский политехнический университет  
wawan-93@mail.ru

В терминологии компьютерных сетей, балансировка (выравнивание) нагрузки (англ. Load balancing) – распределение процесса выполнения заданий между несколькими серверами сети с целью оптимизации использования ресурсов и сокращения времени вычисления.

Балансировка нагрузки необходима крупным мультимедийным сайтам, предоставляющим доступ сразу к нескольким видам контента: текст, аудио, видео, фото. Например крупным социальным сетям.

Посмотрим на статистику популярной в России социальной сети Вконтакте [1]:

- 95 миллионов учетных записей;
- 40 миллионов активных пользователей во всем мире (сопоставимо с аудиторией интернета в России);
- 11 миллиардов запросов в день;
- 200 миллионов личных сообщений в

день;

- видеопоток достигает 160Гбит/с.

Существует несколько способов повышения быстродействия сайта: можно увеличить полосу пропускания, установить высокопроизводительное сетевое оборудование, разработать эффективные приложения для Web, оптимизировать и модернизировать программные и аппаратные компоненты Web-сервера, а также взять на вооружение технологию кэширования в среде Web.

Еще один способ повышения производительности узла Web состоит в том, чтобы увеличить количество Web-серверов и сайтов и размещать на них "зеркальные" копии материалов. Таким образом можно распределить общую нагрузку по всем компонентам системы и сократить время отклика. При этом сохраняются и существующие серверы, поскольку выводить их из эксплуатации и заменять новыми не придется.

Балансировка нагрузки может применяться для расширения возможностей фермы серверов, состоящей более чем из одного сервера. Она также может позволить продолжать работу даже в условиях, когда несколько серверов вышли из строя. Благодаря этому растёт отказоустойчивость, за счёт установки устройств в кластере. [2]

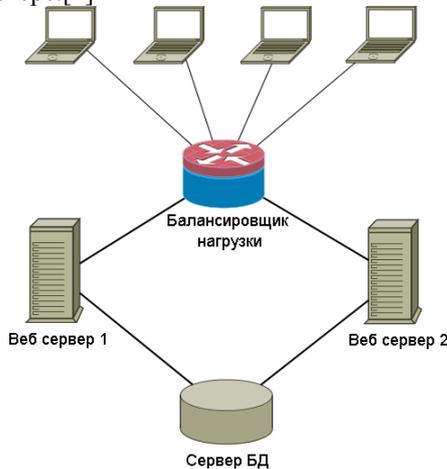


Рис. 1. Схема работы сбалансированного сервера

Вот типы серверов, которые могут быть сбалансированы [3]:

- серверные кластеры;
- кэш;
- Firewall'ы;
- серверы инспектирования содержания (такие как AntiVirus- или AntiSpam- серверы).

Обычно для распределения применяются аппаратные (маршрутизаторы и автоматизированные балансировщики) или специально настроенные сервера (Front-End). В сильно нагруженных проектах эти методы совмещают.

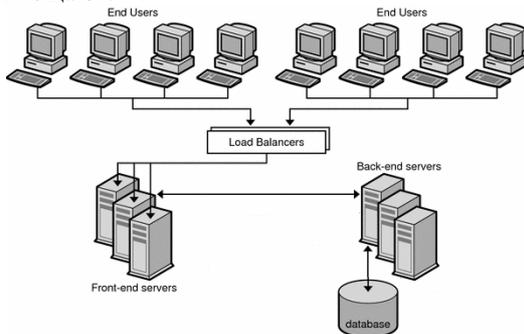


Рис. 2. Схема работы системы с Back-end сервером

Маршрутизаторы отдадут запросы нескольким серверам в зависимости от их загруженности. Далее эти сервера определяют тип запрошенного контента (фото/видео/текст) и запрашивают его у соответствующего сервера. Сервер, на который передает запрос маршрутизатор, называется Front-end. Front-end сервер «общается» с пользователем: принимает и перенаправляет запросы, и отдает сформированный в результате HTML-код. Сервер, который непосредственно выполняет вычисления

и формирует ответ, называется Back-end.

На подобной архитектуре построена сеть ВКонтакте.

Сервера ВКонтакте многофункциональны. Т.е. нет четкого разделения на серверы баз данных, файловые серверы и т.д. — они одновременно используются в нескольких ролях. При этом перераспределение ролей происходит в полуавтоматическом режиме с участием системных администраторов.

Балансировка нагрузки между серверами ВКонтакте происходит по многоуровневой схеме, которая включает в себя балансировку на уровне DNS (домен обслуживается с помощью 32 IP-адресов), а также маршрутизацию запросов внутри системы, причем разные сервера используются для разных типов запросов. Например, генерация страниц с новостями использует возможности протокола memcached по параллельной отправке запросов на получение данных по большому количеству ключей. В случае отсутствия данных в кэше, аналогичный запрос отправляется системе хранения данных, а полученные результаты подвергаются сортировке, фильтрации и отбрасыванию лишнего уже на уровне PHP-кода [1].

Существующие сегодня алгоритмы (дисциплины) балансировки можно условно разделить на статические и динамические.

Статические алгоритмы распределяют запросы, не учитывая их загруженность на данный момент. К таким алгоритмам относятся Random и Round Robbin.

- *Random* — отдает запрос на обработку случайному серверу.

- *Round Robbin* — каждый сервер в данном алгоритме встает в очередь и запросы циклично отдаются на обработку следующему в очереди серверу.

Наиболее распространенными динамическими алгоритмами являются:

- *Least Loaded (LL)* - выбор сервера по критерию наименьшей загрузки его ресурсов (процессора, памяти, диска, количества очередей сообщений);

- *Least Connected (LC)* - выбор сервера по критерию наименьшего числа текущих открытых TCP / IP сессий;

- *Fast Response (FR)* - выбор сервера по критерию самой быстрого ответа на тестовый запрос от распределителя нагрузки;

- *Weighted Round Robbin (WRR)* - при циклическом переборе каждому серверу передается несколько запросов, в соответствии с весом сервера, пропорционально, например, его текущей нагрузке;

- *MC-RR (Multi Class Round Robbin)* - все возможные запросы разделены по ожидаемому влиянию на сеть, процессор и диск: с высокой нагрузкой на диск; с высокой нагрузкой на

процессор, с высокой нагрузкой на диск и процессор. Запросы первого класса характерны для систем Web-публикаций, другие для обработки Web-транзакций и мультимедийных Web-приложений. Запросы одного типа (класса) обслуживаются согласно дисциплины RR на определенных для этого типа запросов серверах. С небольшими модификациями метод MC-RR известен также как CAP (Client-Aware Policy).[4]

Системы выравнивания нагрузки обеспечивают мониторинг нагрузок и состояния серверов, правильный выбор из пула серверов машины, способной наилучшим образом обработать запрос клиента, а также управление трафиком как внутри узла, так и в глобальном масштабе. Благодаря этому они становятся мощным оружием в конкурентной борьбе между компаниями, открывшими свои

представительства в киберпространстве.

#### Литература

1. ВКонтакте: как устроена социальная сеть. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.xakep.ru/post/55052/>

2. Системы балансировки нагрузки Web-серверов. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://citforum.ru/internet/webserver/webbal.shtml>

3. Балансировка нагрузки. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Балансировка\\_нагрузки](http://ru.wikipedia.org/wiki/Балансировка_нагрузки)

4. Исследование и разработка алгоритмов балансировки нагрузки в подвижных и стационарных системах связи. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2011/fkita/shahov/diss/index.htm>

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОДНОРАНГОВОЙ ЛВС С ВЫХОДОМ В ИНТЕРНЕТ

Лиходумов В.Е., Алексеева А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[Alekseeva\\_92sibmail.com](mailto:Alekseeva_92sibmail.com)

### Введение

Локальная сеть, в настоящий момент, является неотъемлемой частью любого образовательного учреждения, офиса, где нужна оперативность, быстрый и централизованный доступ к различной информации. В то же время локальные сети - сложные структурированные кабельные системы, в составе которых функционирует множество компонентов. Именно поэтому, в этой статье, мы хотим уделить внимание организации локальной вычислительной сети, в частности организации работы одноранговой ЛВС.

Одноранговая вычислительная сеть (одноранговая ЛВС, децентрализованная ЛВС, пиринговая сеть) – «безсерверная» организация

построения сети, которая допускает включение в нее как компьютеров различной мощности, так и терминалов ввода-вывода. Преимущество одноранговых сетей заключается в том, что разделяемыми ресурсами могут являться ресурсы всех компьютеров в сети и нет необходимости копировать все используемые сразу несколькими пользователями файлы на сервер.

Для того чтобы получить полностью функционирующую одноранговую ЛВС Ethernet необходимо проделать следующее:

1. Выбор топологии.
2. Закупка и настройка необходимого оборудования.
3. Настройка оборудования.

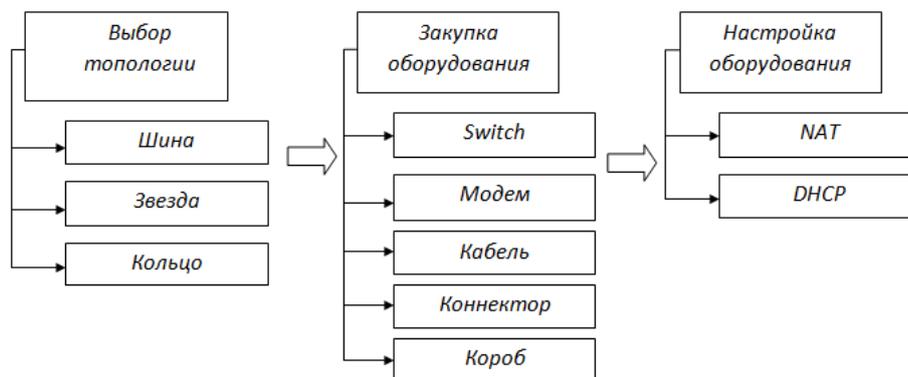


Рис. 1. Поэтапное построение одноранговой вычислительной сети

1. Для начала необходимо определиться по какой топологии будет построена будущая локальная сеть:

- шина;
- звезда;

- кольцо

Оптимальным решением будет сеть с топологией типа «звезда», так как обладает рядом достоинств: выход из строя одной рабочей станции не отражается на работе всей сети в целом, лёгкий поиск неисправностей и обрывов в

сети, высокая производительность сети (при условии правильного проектирования), гибкие возможности администрирования. К недостаткам можно отнести следующие пункты: выход из строя центрального концентратора обернётся неработоспособностью сети (или сегмента сети) в целом, конечное число рабочих станций в сети (или сегменте сети) ограничено количеством портов в центральном концентраторе, для прокладки сети зачастую требуется больше кабеля, чем для большинства других топологий.

2. После выбора топологии закупается необходимое оборудование:

- свитч (Switch);
- модем;
- кабель (витая пара);
- коннекторы;
- обжимной инструмент;
- короба.

3. Завершающий этап-настройка оборудования:

Свитч не нуждается в настройке, к нему последовательно подключаются рабочие станции ЛВС. В настройке нуждается модем. Многие

современные модемы, кроме собственного модема, содержат в себе роутер, файрволл, пат-сервер, DHCP, DDNS и другие сервисы. Чтобы отделить внутреннюю сеть от внешней (Internet) необходимо настроить NAT, после настройки все рабочие станции ЛВС смогут беспрепятственно использовать ресурсы внутренней сети а в Internet выходить через NAT независимо друг от друга. На последнем этапе включаем протокол DHCP и настраиваем диапазон раздаваемых IP адресов, данный протокол позволяет компьютерам автоматически получать IP-адрес и другие параметры, необходимые для работы в сети TCP/IP

#### **Заключение**

После всех проделанных этапов, мы получили одноранговую ЛВС, которая обладает достаточным уровнем безопасности, простотой в эксплуатации, умеренной стоимостью, способностью повысить производительность и эффективность деятельности, а так же имеет возможность развития (например, по числу включенных в нее терминалов).

## **КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНА РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ В СЕМЕСТРЕ**

Ворушина А.Б., Максумова Н.Р., Лощухина Т.Е.

Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет  
vorushina\_alex@mail.ru

#### **Введение**

Все виды учебной, учебно-методической, научно-исследовательской, организационной и воспитательной работы, а также работы по повышению квалификации выполняются преподавателями по их индивидуальным планам работы, ежегодно составляемым на предстоящий учебный год.

Индивидуальный план составляется на основе планируемых работ кафедры и конкретных задач по отдельным направлениям работы преподавателей и других сотрудников кафедры. Объем учебных поручений для преподавательского состава определяется заведующим кафедрой, исходя из следующих пунктов:

- утвержденного кафедре объема учебных поручений на очередной учебный год;
- имеющегося на кафедре состава преподавателей;
- квалификации, опыта, занимаемой преподавателем должности, оговоренных в заключенном университетом с данным преподавателем трудовом договоре объемов и видов его учебной деятельности.

В то же время на каждого из преподавателей ложится задача эффективного распределения видов работ и заданий, исходя из 36-часовой

рабочей недели и элементов учебного процесса. Как правило, для помощи распределения материала существуют свои подходы и алгоритмы, которые предлагаются для повышения качества, как преподавательской деятельности, так и эффективности восприятия преподаваемых знаний соответствующей аудитории.

#### **Общий анализ проблемы планирования**

Существует два наиболее часто используемых подхода планирования, в основу которых ложатся две абсолютно разные идеологии [2]. Однако оба подхода прекрасно дополняют друг друга, и заслуживают последовательного рассмотрения, так как позволяют построить полноценную концепцию индивидуального планирования учебного процесса в целом.

Первый подход – построения дерева целей подготовки специалистов; второй – связанное модульное обучение.

#### **Метод на основе подхода «дерево целей»**

Основные цели обучения – это то, что должен знать и уметь выпускник ВУЗа. Каждой цели ставится в соответствие одна или несколько дисциплин учебного плана. Каждую дисциплину, в свою очередь, можно разбить на темы. Основная суть задачи заключается в распределении объёма учебного плана (величина, известная заранее в часах), который необходимо разбить на

отдельные модули тематического содержания. Модули, в свою очередь, дробятся на учебные элементы, содержащие в себе наиболее критичную информацию.

Каждую дисциплину принято делить на 17-часовые элементы. Таким образом, дерево целей учебного процесса содержит три уровня:

- цели учебного процесса;
- разделы (блоки дисциплин) учебного плана;
- 17-часовые элементы.

Входными данными являются коэффициенты относительной важности целей учебного процесса, а также веса целей второго уровня относительно целей первого уровня. Исходя из этих данных, вычисляются коэффициенты относительной важности целей второго уровня, веса целей третьего уровня относительно целей второго уровня и коэффициенты относительной важности целей третьего уровня (17-часовых элементов), а также групповые веса элементов учебного плана.

Объем учебного плана в часах известен, можно перевести его в элементы. Тогда, разместив элементы в порядке убывания групповых весов элементов учебного плана, нужно отобрать в учебный план  $R$  первых элементов, где  $R$  – объем учебного плана в элементах [1].

#### Метод на основе подхода «связь между модулями»

Применительно к педагогике, модуль – некоторая часть целого в системе обучения, четко определенная функциональными свойствами. Учебным модулем называется унифицированный по структуре фрагмент программы, оформленный как ее самостоятельная часть. Он содержит комплект (пакет) учебно-методических материалов по конкретной теме и всю необходимую информацию для ее направленного изучения. Возможны различные варианты применения модулей в учебном процессе: модель как часть традиционного курса; модуль как полный курс, представленный в виде одного большого модуля и нескольких «мини» модулей; как полная учебная программа.

Содержание модуля составляется так, чтобы обучающийся четко представлял себе, что он должен знать и уметь после изучения модуля, как он сможет достичь этих знаний и умений, и как он будет доказывать наличие у него этих знаний и умений.

Учебно-методические компоненты (модули) не могут быть сами по себе, некоторые из них являются дополнением, чем-то вроде дифференциации знаний обучающихся. Такая связь между модулями носит логический характер: либо она есть, либо её нет. Однако в целях полноты и качества преподавания необходимо составить наиболее максимальный

граф. Представление плана учебно-методического и практического материала в виде графа очень легко визуализировать и корректировать под нужды и взгляды преподавателя. После составления полного графа и установления связей между модулями – целесообразно его сократить, чтобы убрать избыточный материал из выделенных часов обучения и не упустить важные этапы программы. Для уменьшения размерности графа и связей между модулями, соответственно, используются следующие методы: выявления и устранения контуров и параллельных связей; исключения несущественных или эквивалентных путей (эквивалентными называются связи между двумя вершинами графа, имеющие различные пути к одной вершине); исключения связей, перекрещивающихся слоёв графа [2].

Под контуром понимается любая структура графа, в которой конечная вершина некоторого маршрута является его начальной вершиной (рис. 1), а параллельные связи – связи, дублирующие один и тот же маршрут, но в противоположном направлении (рис. 2). Такая конструкция графа приводит к избыточности материала и его циклическому повторению, что уже противоречит дидактической направленности учебного процесса.

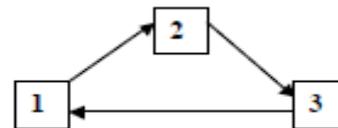


Рис. 1. Пример образования контурного маршрута

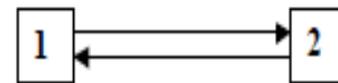


Рис. 2. Пример параллельных связей маршрута в графе

В случае, если были обнаружены эквивалентные пути в графе (рис. 3) и в каждом из эквивалентных путей имеется несколько звеньев, то необходимо проанализировать, удаление какого из маршрутов будет наиболее критичным и способен нарушить структуру изложения и дифференциации подачи профильной либо методической части материала. В этой ситуации полезно ввести коэффициент критичности (вес) над каждой из связей; маршрут, имеющий меньший суммарный вес исключается. Если же один маршрут оказался транзитным (включает один или более промежуточных звеньев), а другой несущественным (без промежуточных звеньев), то удаляется несущественный путь.

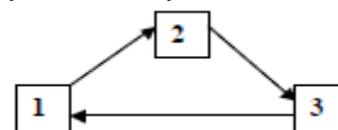


Рис. 3. Пример эквивалентных путей графа

Чем информативнее новые модули обучения, тем запутаннее связи между учебными элементами и самими модулями. Зачастую из одной вершины графа могут исходить две и более количество дуг, а также пересекаться с определёнными вершинами, образуя контуры, которые крайне сложно сократить, используя весовые коэффициенты. В результате изрядной путаницы между отдельными связями могут образоваться, так называемые, слои графа. При наложении слоёв друг на друга материал получается разрозненным, повторяемым или размытым при достижении цели. Чтобы избежать этого практикуется вводить дополнительные модули в обучаемый материал, которые обеспечат последовательную связь между слоями, позволяя избежать разрозненности и дублирования отдельных учебных элементов.

#### **Заключение**

Известно, что ни одна готовая система не может быть идеальна, так как существует ряд факторов индивидуального характера – это и начальная подготовка слушающей аудитории, эффект влияния на людей, ну и конечно же поставленные задачи, их границы и отведённое количество времени на обучаемую дисциплину ну и технологическое сопровождение обучающего процесса. Поэтому любое планирование обучения должно предполагать структуризацию материала,

принцип адаптивности (наличие профильной части в дифференциации материала) и принцип обратной связи (система контроля усвоения материала). В каждом конкретном случае планирования для усиления образовательных процессов следует выработать собственные критерии оценки результатов обучения, с учетом специфики обучаемых, и предполагаемого рода их деятельности. Там, где возможно, целесообразно использовать общепринятые подходы, но при составлении индивидуального плана необходимо помнить о сформулированных общих и конкретных целях обучения в рамках указанной программы.

#### **Список литературы**

1. Найханова Л.В., Дамбаева С.В. Методы и алгоритмы принятия решений в управлении учебным процессом в условиях неопределённости: монография. – Улан-Удэ: изд-во ВСГТУ, 2004. – 164 с.

2. Методологические основы системы модульного формирования содержания образовательных программ и совместимой с международной системой классификации учебных модулей: матер. науч. исслед., выполненных в МГУ им. М.В. Ломоносова. 2006 г. – 47 с.

## **СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ**

Митюшина В.В.

Научный руководитель: И.А. Ботыгин, к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: mitviktorija@gmail.com

#### **Введение**

Важнейшим компонентом развития нынешней системы образования является модернизация учебного процесса. Одним из факторов успешной модернизации является разработка программного обеспечения, позволяющего проводить контроль и оценку качества знаний учащихся.

Чаще всего такой контроль осуществляется с помощью технологии компьютеризированного тестирования, которая должна обладать следующими характеристиками [1]:

- наличие интерактивной инструментальной среды;
- мультипредметное применение;
- адекватное отражение конструируемой модели предметной области в процессе тестирования;
- интегрируемость в различные образовательные технологии;
- масштабируемость;
- доступность;
- дружелюбность пользовательского интерфейса;

- ведение базы тестовых заданий;
- настраиваемое планирование и управление;
- нацеленность на достижение более высоких результатов и повышение мотивации.

#### **Современные системы тестирования**

Сегодняшний рынок программного обеспечения предлагает достаточно широкий спектр систем тестирования в различных предметных областях. Такие системы могут обеспечить пользователя как простейшим инструментарием для создания тестов, так и широкими возможностями для автоматизации всего процесса тестирования с решением широкого спектра разнообразных функциональных задач (разработка мультимедиа-курсов, проведение сетевого тестирования, реализация показа, учета и контроля отведенного, истраченного и оставшегося времени).

Проведенный анализ современных компьютерных систем показал, что большинство из них требуют инсталляции на стороне клиента, при этом они представляют достаточно трудоемкий инструментарий для ручного

формирования множества тестовых заданий, а также имеют неэффективную систему для пополнения базы вопросов.

Таким образом, актуальность рассматриваемой темы определяется необходимостью разработки электронной системы тестирования в виде веб-приложения, реализующего возможности быстрой загрузки тестов с возможностью их обновления, а также проведения тестирования и проведения анализа результатов.

Использование такой системы позволит:

- внедрить в учебный процесс элементы дистанционного обучения;
- удешевить процесс обучения;
- упростить контроль знаний;
- ускорить процесс проверки знаний;
- повысить объективность при оценке знаний.

#### Основная концепция

Основная ценность любой системы компьютерного контроля знаний – это широкая база тестов. Но составление теста является очень трудоемким процессом, зачастую у преподавателя просто не оказывается под рукой необходимого инструментария. В связи с этим нужный материал теряется или забывается. Преподавателю было бы легче зафиксировать всю информацию о тесте в обычном текстовом редакторе и затем экспортировать в базу тестирующей системы, а работу по переводу данных на машинный язык доверить системе.

Для решения данной проблемы в разрабатываемой системе было решено обеспечить хранение данных в виде xml-файлов.

Такой подход имеет ряд преимуществ. Во-первых, xml позволяет создать собственную разметку структуры хранимой информации. Это дает возможность разработать собственную иерархию тэгов, которая упрощает их разбор. Во-вторых, в стандарт xml включена поддержка кодовых страниц Unicode, что упрощает создание многоязычных документов. В-третьих, xml – это текстовый формат, то есть читаемый, легко документируемый и более простой в отладке.

Семантика представления тестовых заданий отображается в виде дерева. Xml-файлы с тестами хранятся не в одной общей папке, а доступны через дерево каталогов вида **Фамилия преподавателя – Название дисциплины – Название темы**. Такая структура хранения файлов облегчает поиск тестов по базе и разграничивает доступ преподавателей к тестовым файлам.

#### Исполнение системы тестирования

Разработанное приложение реализует регистрацию и авторизацию пользователей и предоставляет интерфейсы для сохранения пользовательских файлов и проведения тестирования.

В качестве входных данных используются логин и пароль. При регистрации указываются фамилия, имя, кафедра и институт (факультет). Выходная информация представлена в виде лог-файлов и jsp-страниц.

В зависимости от того, кем является пользователь, он может либо загрузить тесты, либо приступить к тестированию. Таким образом, в системе присутствует разграничение пользователей по их роли в системе образования (студент либо преподаватель).

После авторизации преподаватель попадает на страницу загрузки тестовых файлов.

Как было отмечено выше, загруженные тесты должны быть оформлены в виде метаописания (в формате xml). В качестве примера можно привести xml-файл, содержащий описание вопроса с выбором одного варианта ответа.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"
standalone="no"?>
<test>
<name>Простой тест</name>
<question>
<text>Какого цвета апельсин?</text>
<answer>зеленого</answer>
<answer>красного</answer>
<answer right="yes">оранжевого</answer>
</question>
</test>
```

Выбранные файлы сохраняются только в каталог с фамилией преподавателя, который автоматически создается системой при первой загрузке файлов, что позволяет облегчить поиск в базе тестов. Поэтому, когда студент входит в систему, ему предлагается выбрать каталог преподавателя, а уже затем дисциплину. После того, как нужный файл выбран, начинается так называемый “парсинг” файла – данные считываются из xml-тэгов, обрабатываются и выдаются на экран в виде jsp-страницы.

По окончании теста на экран выводятся результаты, где указывается количество ошибок, процент правильных ответов и номера вопросов, в которых допущены ошибки.

Результаты пройденных тестов записываются в лог-файл, который сохраняется в каталоге с тестом. Таким образом, каждый преподаватель имеет возможность просмотреть статистику выполнения тестовых заданий.

#### Заключение

В ходе работы было разработано серверное web-приложение, полностью готовое к применению. При разработке были проанализированы современные web-технологии, позволяющие создавать интерактивные web-страницы. Наиболее подходящей для выполнения поставленной задачи оказалась спецификация Java EE, использующая технологии Java Server Page и Java Servlet.

Для внедрения системы, позволяющей преподавателям автоматизировать работу по проведению тестирования, необходимы следующие условия:

- наличие подготовленных специалистов для поддержания работоспособности системы;
- участие преподавателей в формировании базы тестов;
- организация мониторинга результатов тестового контроля.

Система может быть применена преподавателями как для выявления итогового результата изучения курса лекций, так и для проверки остаточных знаний студентов, выявления промежуточных знаний освоения дисциплины.

Для студентов система предоставляет интерфейс для быстрого поиска нужного теста.

Существенными плюсами разработанного приложения являются:

- Независимость от платформы. Web-интерфейс является кроссплатформенным Java EE-приложением и поэтому может быть развернут на любом Java EE-сервере.
- Мобильность и массовость. Доступ к системе может быть осуществлен множеством

пользователей без необходимости использования “специального” места обучаемого и “специального” времени для обучения.

Электронная система тестирования обладает большими возможностями для оценки освоения студентами лекционного материала, автоматизации процесса оценки знаний, сокращения времени его осуществления и повышения эффективности учебного процесса.

#### Литература

1. Казиев В. М. Введение в практическое тестирование // Интернет-Университет Информационных Технологий. [2003-2011]. URL: <http://www.intuit.ru/department/informatics/practest/> (дата обращения: 09.10.2012).

2. Простой пример JSP-страницы // JavaProBooks. URL: <http://www.javaprobooks.ru/java-программирование/пример-jsp-страницы.html> (дата обращения: 01.07.2012).

3. Учебные курсы и демонстрации: Приложения Java EE и веб-приложения JAVA //NetBeans: - Oracle corp.,2012. URL: [http://netbeans.org/kb/trails/java-ee\\_ru.html](http://netbeans.org/kb/trails/java-ee_ru.html) (дата обращения: 27.06.2012).

## ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Петрик И.М., Шалаев Ю.Н.

Томский политехнический университет  
[shalaev@tpu.ru](mailto:shalaev@tpu.ru)

### Введение

Внедрение микропроцессоров в традиционные системы управления связано с принципиальными изменениями, как их структуры, так и характеристик: преобладающими становятся структуры с децентрализованным управлением, многопроцессорные системы, системы с перестраиваемой структурой. Все это связано с рядом особенностей микропроцессоров как элементов цифровых управляющих систем управления, основными из которых являются программируемость и относительно большая вычислительная мощность, сочетающаяся с высокой надежностью, малыми габаритными размерами, массой, энергопотреблением и стоимостью.

Методы получения математического описания объектов требуют детального изучения основных физических и статистических законов, по которым протекает исследуемый процесс, и приводят в общем случае к обработке экспериментальных данных, полученных в виде выборки или различного рода таблиц и матриц. Анализ существующих методов, целый ряд работ и исследования, проведенные автором, доказывают целесообразность привлечения ортогональных рядов для обработки опытных

данных. В частности, используется и метод изображающих векторов, который изложен в работах [1, 2, 3]. Суть метода изображающих векторов состоит в том, что каждой функции  $f(t)$  как элементу гильбертова пространства  $L^2 p(t)$  ставится в однозначное соответствие вектор  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_p\}$  евклидова пространства  $l_2$ . Для функции  $f(t) \in L^2 p(t)$ , определенный на промежутке времени  $[0, t_0]$ , имеет место разложение

$$f(\tau) = \sum_{k=0}^n f_k T_k(\tau) \quad (1)$$

где  $f_k$  – коэффициенты Фурье;

$T_k(\tau)$  – ортонормированные смещенные полиномы Чебышева I-го рода;

$\tau = t/t_0$  – безразмерная независимая переменная.

Приведем некоторые свойства метода изображающих векторов. Операции интегрирования функции  $f(\tau)$  соответствует в области изображающих векторов умножению ее изображающего вектора на матрицу интегрирования:

$$Y = IF + \frac{y(0)e_1}{T_0(\tau)} \quad (2)$$

где  $I$  – матрица интегрирования;

$y(0)$  – начальные условия;

$e_1$  – единичный вектор;

$T_0(\tau)$  – полином Чебышева.

Для многократного интегрирования при нулевых начальных условиях матрица интегрирования возводится в соответствующую степень:  $Y = I^k F$ .

Произведению двух функций  $g(\tau) = z(\tau) f(\tau)$ , в области изображающих векторов соответствует соотношение вида

$$G = Z(J)F(3)$$

где  $J$ -матрица Якоби [5].

Таким образом, изображение произведения двух функций равно произведению изображений матрицы известной функции  $z(\tau)$  на изображающий вектор другой. Изображающей матрицей условно названа матричная функция  $Z(J)$ , которая получается из заданной функции  $z(\tau)$  заменой скалярного аргумента  $\tau$  на матрицу  $J$ . Ввиду равнозначности двух функций их произведение коммутативно, то есть равно произведению матрицы второй функции на изображающий вектор первой. С учетом полученных опытных значений выражение (3) запишется как

$$G = Q^T \text{diag} [z(\tau_1), z(\tau_2), \dots, z(\tau_p)] Q F(4)$$

где  $z(\tau_k)$  – экспериментальные данные функции  $z(\tau)$  в нулях  $P$ -го полинома Чебышева.

Для учета интервала разложения матрица Якоби  $J$  умножается скалярно на величину  $t_0$ . Восстанавливается исходная функция времени  $f(\tau)$  по изображающему вектору в соответствии с формулой обращения

$$f(\tau) = (F, T(\tau)) (5)$$

где правая часть имеет смысл скалярного произведения изображающего вектора на переменный вектор полиномов Чебышева  $T(\tau)$ .

Современные технологические процессы и производства характеризуются многофакторностью и сложными зависимостями между параметрами. И поэтому широкое распространение систем с переменными параметрами в области автоматического управления, в информационно-измерительных системах, а также необходимость более глубокого количественного и качественного изучения процессов, протекающих в таких системах, привело в последнее время к интенсивной разработке цифровых методов анализа и синтеза подобных систем и объектов.

Качество управления объектами в динамике определяется наличием возмущений и их характером, типом объекта (стационарный, нестационарный, линейный, нелинейный).

При описании объекта управления в виде передаточной функции, уравнение связывающее выходной сигнал  $y(t)$  и сигнал управления  $u(t)$  в операторной форме запишется как

$$Y = W(p) * U(1)$$

где  $W(p)$  – передаточная функция объекта управления.

Изображающий вектор временного оригинала  $y(t)$  на интервале  $[0, t_0]$ , отвечающий соотношению (1), можно определить по его операторному (инверсному) изображению. Согласно [2, 4] имеем

$$Y = (t_0 I)^{-1} W(t_0 I) U(2)$$

где  $I$  – матрица интегрирования [2].

Относительно вектора управляющего сигнала, получим Разрешая соотношение (2)

$$U = W(t_0 I)^{-1} (t_0 I) Y(3)$$

где  $Y$  – вектор желаемого переходного процесса.

Выходной сигнал  $y(t)$  можно задать в виде произвольной функции перемещения объекта управления по заданным координатам. Для получения изображающего вектора произвольного выходного сигнала  $Y$  на интервале времени  $[0, t_0]$  воспользуемся соотношением перехода от точечного изображающего вектора к изображающему вектору  $Y$  следующего вида

$$Y = \frac{2}{P Q^T Y(\tau_k)}(4)$$

В этом соотношении  $Q$  – интерполяционная матрица, составленная из значений базовых полиномов в узлах интерполирования;

$P$  – размерность интерполяционной матрицы  $Q$ ;

$Y(\tau_k) = \{y(\tau_k)\}$  – точечный изображающий вектор, представляющий собой вектор, элементы которого есть значения функции  $y(t)$  в нулях первого из отброшенных полиномов Чебышева  $\tau_k$ ,  $k=1, 2, \dots, p$ . С учетом точечного изображающего вектора (4) соотношение (3) запишется как

$$U = \frac{2}{P} W(t_0 I)^{-1} Q^T Y(\tau_k)(5)$$

Рассмотрим динамическую систему, которая описывается дифференциальным уравнением вида (6)

$$Y^{(n)}(t) + A_{(n-1)}(t) Y^{(n-1)}(t) + \dots + A_1(t) Y'(t) + A_0(t) Y(t) = U(t)$$

где  $A_i(t)$ ,  $i=0, n-1$  – переменные коэффициенты, непрерывные на интервале  $[0, t_0]$ .

На основании правил перехода к изображающим векторам дифференциальное уравнение (6) запишется следующим образом:

$$[D^n + A_{n-1}(J)D^{n-1} + \dots + A_1(J)D + A_0(J)]Y = U$$

или

$$D(J)Y = U(7)$$

где  $D$ -матрица дифференцирования приведена в [2];

$J$ -матрица Якоби приведена в [2];

$Y$ -желаемый вектор выходного сигнала, метод построения которого, изложен в [1].

С учетом соотношения (4) выражение (7) запишется как

$$U = 2/P D(J) Q^T Y.$$

Восстанавливается управляющая функция времени  $U(t)$  по изображающему вектору (3) и (5) в соответствии с формулой обращения

$$U(\tau) = (U, T(\tau)) \quad (8)$$

где правая часть имеет смысл скалярного произведения изображающего вектора на переменный вектор полиномов Чебышева  $T(\tau)$  [2], а  $\tau = t/t_0$ .

#### **Заключение**

Таким образом, при описании объектов управления различными моделями можем получить вектор управляющего сигнала в зависимости от выходного сигнала  $Y$  и подать его на вход объекта управления в аналоговой форме.

#### **Литература**

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1972, 768 с.

2. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Т.1. М.: Наука, 1966. – 632 с.

3. Осипов В.М. Основы метода изображающих векторов и линейное преобразование сигналов. – В сб.: Вопросы программирования и автоматизации проектирования, Томск, изд-во Томского университета, 1971, вып. 1, с. 1-13.

4. Осипов В.М., Шалаев Ю.Н. Решение линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами на АВМ методом изображающих векторов. Изв. вузов СССР – Приборостроение, 1977, № 12, с. 43-47.

5. Шалаев Ю.Н. Применение метода изображающих векторов к решению краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. – В сб.: Автоматизация управления и АСУ ТП. Томск, изд-во Томского политехнического института, 1977, с. 101 – 105.

## **ЯЗЫК СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Погребной А.В.

Научный руководитель: Погребной В.К.

Томский Политехнический университет, e-mail: avpogrebnoy@gmail.com

Идеи структурного моделирования стали зарождаться в ходе осознания проблем программирования развивающихся алгоритмов. Термин «программирование развивающихся алгоритмов» упоминается в [1] и характеризуется разработкой программного обеспечения системы в условиях, когда конечный вариант алгоритма ее функционирования не определен. Исходное представление конечного варианта системы базируется лишь на предположениях разработчика проекта. В этих условиях разработку системы приходится вести на модели путем последовательного внесения изменений в ее исходный вариант, эволюционно улучшающих проект.

Эволюционный подход к проектированию особенно характерен для сложных объектов, какими, несомненно, являются распределенные системы реального времени (СРВ). На начальной стадии разработки проекта такой системы невозможно предвидеть её конечный (приемлемый) вариант, для которого были бы известны:

- необходимый состав станций и конфигурация сети вычислительной системы;
- состав модулей программной нагрузки СРВ;
- на каких станциях будут выполняться модули и в состав каких процессов будут входить;
- какие будут приняты условия запуска процессов и их приоритеты;
- правила синхронизации параллельных процессов;

- условия поступления входных данных и обновления выходных;

- правила селекции данных, полученных в разные моменты времени, и маршруты их передачи в сети;

- правила доступа к ресурсам.

Решения по данным вопросам могут приниматься эволюционно по результатам анализа текущего варианта модели СРВ.

В ходе эволюционного поиска язык представления модели должен обладать способностью описывать перечисленные параметры и сохранять преемственность на всех стадиях эволюции модели. Наряду с этим, для решения проблемы формализации процесса эволюционного проектирования СРВ, язык должен поддерживать инструменты интерактивного вмешательства разработчика проекта по изменению модели. В целом, модель должна быть конструктивной, иначе все перечисленные требования, связанные с реализацией эволюционного подхода к проектированию, становятся нереалистичны.

Обобщая сказанное выше, становится очевидным, что язык представления модели СРВ, отвечающий указанным требованиям, в классе языков моделирования должен занимать особое место. Основные свойства данного языка обусловлены принципами, которыми руководствуется разработчик проекта при построении, оптимизации и эволюции модели: *дискретность, визуальность, иерархичность,*

конструктивность,  
активность.

*Дискретность* означает, что модель на любом уровне иерархии является структурной композицией модулей. Свойство *визуальности* соответствует представлению структурной составляющей семантики алгоритмов модели в явном виде в форме графа потока данных (ГПД) [1]. Принцип *иерархичности* относительно модели в основном отражает вложенность модулей, а относительно языка, помимо вложенности модулей, данное свойство отражает визуальный и текстовый уровень языка, а также иерархию стадий полноты представления модели. *Конструктивность* модели определяется наличием возможности установления зависимости между характеристиками системы и параметрами компонентов модели. *Эволюционность* определяется степенью формализации выполнения заданий на трансформацию модели. При этом задания, как правило, составляются разработчиком проекта, а трансформация модели выполняется формальными методами.

Принцип *активности* поддерживается наличием совокупности формальных правил преобразования модели в некоторую стандартную форму, названную активной моделью, которая выступает в роли программы для разработанной под этот стандарт виртуальной машины моделирования (ВММ). Это дает возможность на любом этапе эволюции преобразовать модель в активную форму и, выполняя ее на ВММ, имитировать функционирование СРВ.

В ходе разработки методов построения, анализа, оптимизации и эволюции модели было установлено, что изменениям в основном подвержены параметры структурной составляющей семантики модели, определяющие отношения между модулями и их взаимодействие с вычислительной системой СРВ. Получается, что при эволюции модели функциональное содержание модулей, реализующих алгоритмы модели, отходит на второй план. Это обстоятельство обусловило важнейшую для языка идею «расщепления» модуля на две части – функциональную и структурную.

Вторая часть отражает условия внедрения модуля в вычислительную среду модели и в

*эволюционность,*

большей мере соответствует понятию архитектуры, т.к. в ней наряду со структурной частью отражены параметры этой среды. Но, учитывая, что понятие структуры определено более четко, а структурные аспекты при аналитическом и имитационном моделировании в ходе эволюционного проектирования СРВ преобладают, язык назван языком структурного моделирования (Structural Modeling Language – SML), а соответствующая технология структурного моделирования – SML-технологией. В частности, интерактивное общение разработчика проекта с инструментальными средствами SML-технологии осуществляется на структурном уровне представления модели на языке SML в форме ГПД.

Основная часть эволюционного пути при проектировании СРВ выполняется аналитическими методами. В первую очередь сюда относятся задачи проектирования архитектуры и топологии сети вычислительной системы и задачи построения динамической модели системы в виде совокупности параллельных взаимодействующих процессов. Особо важное место в аналитической части занимают задачи эволюционного поиска приемлемого варианта модели на основе уравнений динамики функционирования СРВ в дискретном времени [2]. Разработка таких уравнений стала возможной благодаря отделению структурной части описания модели от функциональной.

Структурная составляющая описания оказалась более мобильной к преобразованиям, в том числе и формальными методами, чем функциональная, которая является традиционно консервативной к внесению изменений независимо от используемого при этом языка программирования. С помощью уравнений динамики для разных значений параметров строятся соответствующие траектории смены состояний модели. Оценивая траектории на соблюдение условий реального времени подбираются такие значения параметров, которые соответствуют приемлемому варианту модели СРВ [2].

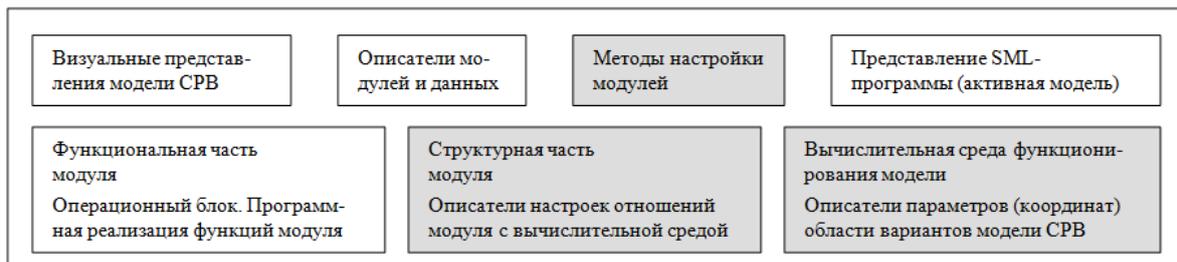


Рис. 1. Основные компоненты языковой системы SM

Имитационная часть эволюционного пути при проектировании СРВ выполняется на заключительной стадии и связана с преобразованием динамической модели в активную форму (SML-программу) и выполнением ее на ВММ. Построение SML-программы осуществляется формальными методами на основе визуального и текстового представления динамической модели системы.

SML-программа выступает в роли «путеводителя» для ВММ при выполнении активной модели. При этом упрощается операционная система ВММ и повышается эффективность ее работы. Если при выполнении SML-программы на ВММ будут обнаружены нарушения условий функционирования СРВ, то с помощью аналитических методов они устраняются и соответствующая SML-программа вновь выполняется на ВММ. Таким образом в SML-технологии удается совместить преимущества имитационных методов моделирования с конструктивностью аналитических.

Исходя из требований, предъявляемых к языку SML в ходе эволюционного проектирования СРВ, возникает потребность в многообразии форм визуального и текстового представления моделей: модульная структура, динамическая модель, SML-программа и другие промежуточные формы. По существу мы имеем дело с языковой системой SML,

в которой разные формы представления модели логически связаны между собой и формируются под конкретные задачи проектирования.

На рисунке приведён состав основных компонентов языковой системы SML. Штриховкой на рисунке выделены компоненты, участвующие в выполнении основных операций настройки вариантов модели, задаваемых значениями параметров вычислительной среды. Инструментальные средства SML-технологии на основе значений параметров вычислительной среды выполняют настройки модулей, указанные в их структурных частях с помощью методов (правил) настройки, содержащихся в языковой системе SML.

Анализ полученного варианта модели и принятие решений связанных с определением (уточнением) параметров вычислительной среды, является основным содержанием методов эволюционного проектирования SML-технологии.

#### Список литературы

1. Погребной В.К. Автоматизированное проектирование распределённых систем реального времени. Учебное пособие для вузов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011 – 312с.
2. Погребной А.В., Погребной Д.В., Погребной В.К. Уравнения динамики функционирования СРВ, представленной на языке SML. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 120 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ-СТУДЕНТ-ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

Пустовалова Т.А., Георгиева И.И.

Руководители: Семенова Т. С., Лупенко М. М.

Государственное образовательное учреждение среднего профессионального образования Кемеровский горнотехнический техникум (ГОУ СПО «КГТТ»)

tanya\_pustovalova@mail.ru

**Предметом исследования** являются ресурсы информирования студентов в пределах образовательно-воспитательного процесса в рамках государственного образовательного учреждения среднего профессионального образования Кемеровского горнотехнического техникума (ГОУ СПО «КГТТ»).

**Цель исследуемой работы:** провести сравнительный анализ взаимосвязи преподаватель-студент-преподаватель на базе сайта Кемеровского горнотехнического техникума.

В настоящее время телекоммуникации всё чаще и глубже начинают внедряться в образование. В учебных заведениях их используют для координации научных исследований, оперативного обмена информацией между участниками проектов, обучения на расстоянии, проведения консультаций.

В системе образования ГОУ СПО «КГТТ» – ИКТ используются для повышения процесса информированности студентов, их родителей и эффективности самостоятельной деятельности студентов, связанной с разнообразными видами творческих работ, на основе широкого использования исследовательских методов, свободного доступа к базам данных, а также для всеобщего доступа.

Телекоммуникационные технологии могут предоставить неограниченные возможности, чтобы решить проблемы дистанционного обучения не только для отдалённых регионов России, малокомплектных образовательных учреждений, разбросанных по малым деревням, но и для больных детей, детей-инвалидов, не имеющих возможности посещать учебные заведения. Именно

глобальность, независимость от географии является одной из существенных характеристик телекоммуникации, ярко иллюстрирующей открытость любого образовательного проекта, реализуемого в рамках этой технологии.

Телекоммуникации позволяют осуществить принципиально новый подход к обучению и воспитанию студентов, который:

а) базируется на широком общении, стирании границ между отдельными социумами, на свободном обмене мнениями, идеями, информацией участников совместного проекта;

б) имеет в своей основе реальные исследовательские методы, основанные на широких контактах с культурой других народов, опытом других людей;

г) естественным образом стимулирует развитие гуманитарного образования;

д) стимулирует развитие родной речи и овладение иностранными языками, когда дело касается международных проектов;

е) способствует приобретению, как студентам, так и преподавателям разнообразных сопутствующих навыков, которые могут оказаться полезными в последующей жизни, в том числе и навыков пользования компьютерной техникой и технологией.

Преподаватель, используя технические возможности информационных телекоммуникаций, может оперативно с учетом своих текущих задач подбирать информацию на урок из практически неограниченных ее источников, что создает принципиально новую информационную ситуацию.

Самой известной и наиболее емкой телекоммуникационной сетью является Интернет. Интернет - это международная сеть, в которой работают пользователи из университетов и исследовательских организаций, государственных учреждений и частных фирм и т.п. Сеть позволяет пересылать пакеты данных с одного подключенного к Интернету компьютера на любой другой, независимо от того, соединены они между собой или нет. Также пользователи могут обмениваться электронной почтой. Электронная почта (e-mail) – пересылка печатных материалов, графиков, деловых документов, фотографий, таблиц, газет и журналов с помощью электронных методов передачи и обработки информации для обмена информацией.

Большую известность приобретают Web-сайты. Изначально сайты представляли собой совокупность статичных документов, например — сайт-визитка. По мере развития коммуникаций, количество внутренних и внешних ссылок увеличивалось. Сайт стал выполнять не только роль справки, аннотации, но и функционального офиса,

новостного или мультимедийного центра. В настоящее время большинству из них свойственна динамичность и интерактивность. Для таких случаев специалисты используют термин Web-приложение — готовый программный комплекс для решения задач сайта.

У ГОУ СПО «КГТТ» есть свой собственный сайт, его поддержкой занимаются, как персонал, так и студенты, что помогает реализовать практическое применение полученных знаний и творческого потенциала студентов.

На сайте ведутся работы по осуществлению обновления расписания, ведомости успеваемости, посещаемости, ведётся постоянный поток новостей об активной жизни нашего учебного заведения. Так же, не отходя от рабочего места, преподаватель через сайт техникума может подать заявку на выполнение работ в рамках вычислительного центра, без участия бумажного носителя (рис. 1, 2).



Рис. 1. Аутентификация для подачи

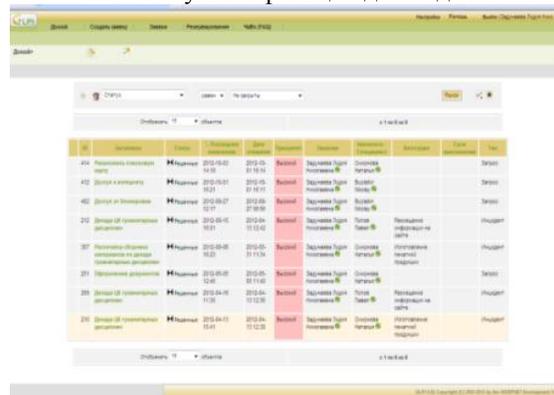


Рис. 2. Пример подачи заявки

Благодаря форуму на сайте, появляется возможность наглядно увидеть обратную связь о взаимодействии студент - преподаватель, на которую оперативно реагируют участники нашего проекта.

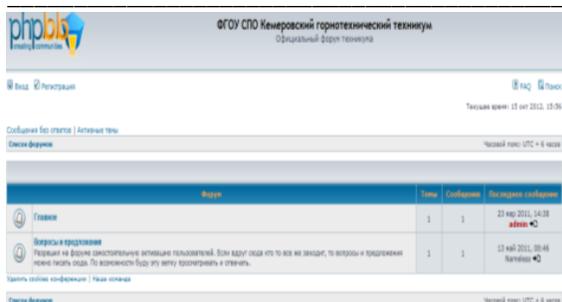


Рис. 3 Форум на сайте <http://www.kemgtt.ru/forum/>  
Сайт обладает удобным интерфейсом, понятным пользователям любых возрастов.

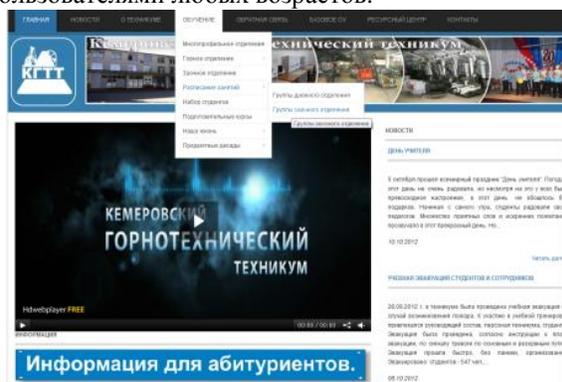


Рис. 4 Интерфейс сайта <http://www.kemgtt.ru/>  
**Заключение**

Необходимость организации учебной (предметной) коммуникации является одной из центральных проблем педагогики и психологии. Рациональное ее решение сегодня невозможно без

привлечения в сферу образования современных средств. Компьютерные сети и телекоммуникация и есть часть таких средств. В процессе воспитания и обучения телекоммуникации могут измениться сами концепции образования. С их помощью мировая культура становится общемировым достоянием, доступным всем пользователям международных сетей. Они стирают границы, сокращают пространства и экономят колоссальное количество времени, которое раньше уходило на поиск и обработку информации. Использование коммуникациями принципиально меняет сам характер мышления современных учащихся. Студент, владея информацией и способами ее сбора, хранения и передачи, в процессе обучения превращается в активного субъекта педагогического процесса, исследователя, умеющего самостоятельно и творчески ставить и решать широкий круг задач. Обучение происходит в ходе общения, поиска информации и работы с ней.

#### Список литературы:

1. Дансбор Б., Скандьер Т. Справочник по телекоммуникационным технологиям, Вильямс, 2004 г.
2. Галкин В.А., Григорьев Ю.А. Телекоммуникации и сети, МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2003 г.
3. Мардер Н.С., Современные телекоммуникации, КомпИРИАС, 2006 г.

## ДАТЧИК РАЗНОСТИ ДАВЛЕНИЯ ОТ ВРЕМЕНИ, ИЗМЕРЯЕМОГО В ОДНОМ СЕЧЕНИИ ТРУБЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УТЕЧЕК В НЕФТЕПРОВОДАХ

Садыков И.Р., Мамонова Т.Е.

Томский политехнический университет  
[tmag@sibmail.com](mailto:tmag@sibmail.com)

### Введение

После США Россия занимает второе место по протяженности магистральных трубопроводов. Общая их длина превышает 240 тыс. км, а вместе с промышленными – 550 тыс. км. Этот способ транспортировки нефти считается наиболее безопасным и экономичным, однако все больше фактов свидетельствуют о том, что безопасности на нефтепроводах России по-прежнему уделяется слишком мало внимания.

При общей динамике аварийности, по оценкам экспертов, причинами разрыва трубопроводов являются: 60% случаев – гидроудары, перепады давления и вибрации; 25% – коррозионные процессы; 15% – природные явления и форс-мажорные обстоятельства [1].

В настоящее время существует большое

количество методов определения утечек на трубопроводах, основанных на различных физических явлениях. В [2] представлен обзор наиболее популярных из них. При этом показано, что при использовании методов, основанных на анализе гидродинамических характеристик контролируемого участка нефтепровода, применяют датчики абсолютного давления. Известно, что при перекачке нефтепродуктов по магистральным нефтепроводам длиной более 50 км. возникают высокие давления порядка нескольких МПа. При этом даже датчики абсолютного давления, установленные на трубопроводе, имеют погрешность сотни кПа и не позволяют с достаточной точностью определять параметры утечек.

В [3] описан модифицированный метод гидравлической локации утечки. Данный метод заключается в следующем. Вдоль трубопровода располагаются устройства, которые измеряют изменения давления в трубе от времени  $\Delta P(t)$ . При значении  $\Delta P(t) \geq 1,2$  кПа, что соответствует уровню шумов в трубопроводе при перекачивании нефти и нефтепродуктов [4], имеет место утечка на участке трубопровода, пролегающего между двумя перекачивающими станциями. При этом параметры утечки (координата  $\xi$  и массовый расход  $G_T$ ) рассчитываются по формулам:

$$\xi = \frac{x_1 l \Delta P_2}{(l - x_2) \Delta P_1 + x_1 \Delta P_2}, \quad (1)$$

$$G_T = \pi \frac{d^2}{8} \sqrt{\frac{dg}{2\lambda} \left[ \sqrt{\frac{\Delta P_1 (l - x_2) + x_1 \Delta P_2}{\Delta P_2 l}} - \sqrt{\frac{(z_H - z_K) \rho g + (P_H - P_K)}{\rho g l}} \right]}, \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность транспортируемой жидкости [ $\text{кг/м}^3$ ],  $g$  – ускорение свободного падения [ $\text{м/с}^2$ ],  $x_1, x_2$  – координата места установки датчиков давления [м];  $l, d$  – длина и внутренний диаметр трубопровода [м];  $\lambda$  – коэффициент сопротивления трубопровода,  $z_H, z_K$  – высота трубопровода по отношению к горизонту в начале и конце трубопровода [м],  $P_H, P_K$  – давления, соответственно, в начале и на конце участка трубопровода [Па],  $\Delta P_1$  и  $\Delta P_2$  – изменение давления в местах установки датчиков по длине трубопровода по координатам  $x_1$  и  $x_2$  соответственно [Па].

Исследование расчётных формул (1) и (2) было выполнено в математическом пакете COMSOL Multiphysics 3.5 и представлено в [4].

В данной работе представлено устройство, которое измеряет изменения давления в трубе от времени. Данное устройство является датчиком разности давлений во времени, измеряемой в одном сечении и предназначено для определения колебания давлений в нефтегазопроводах с высокой точностью. Такой датчик позволяет определять изменения давления с высокой точностью, что позволяет отслеживать утечки в нефтепроводах, с малой интенсивностью.

**Описание устройства** представлена на рисунке 1.

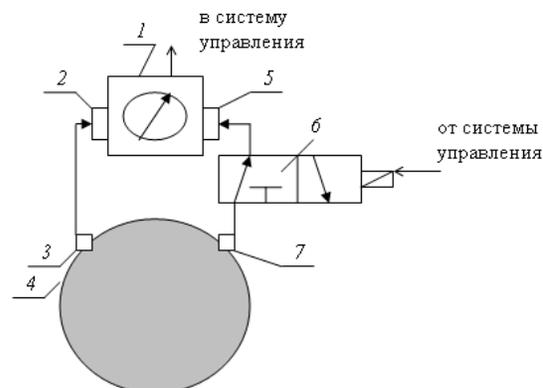


Рис. 1. Принципиальная схема датчика разности давлений во времени, измеряемой в одном сечении трубы для определения колебания давлений в нефте-газопроводах с высокой точностью

Схема содержит измеритель изменения давления (разности давлений), в качестве которого будет использоваться датчик дифференциального давления 1 с диапазоном измерения, выбираемым в зависимости от требуемой чувствительности измерения давления. Измерительный вход 2 дифференциального датчика давления 1 подсоединен через штуцер 3 к трубопроводу 4. Запоминающий вход 5 дифференциального датчика давления 1 подключен к управляемому клапану 6, который через штуцер 7 подключен к трубопроводу 4. Штуцеры 4 и 7 установлены в одном контролируемом сечении трубопровода 4. Дифференциальный датчик давления 1 и управляемый клапан 6 связаны с системой управления трубопровода, осуществляющей по специальным алгоритмам, в том числе, диагностику и определение параметров утечки трубопровода.

### Заключение

В данной работе рассмотрена одна из возможных конструкций датчика разности давлений во времени, измеряемой в одном сечении трубы для определения колебания давлений в нефтегазопроводах с высокой точностью, а также метод определения параметров утечки, для использования в котором разрабатывается рассматриваемый в данной работе датчик.

Реализация данного устройства позволит определить с высокой точностью изменения во времени давления в сечении трубопровода, в котором оно установлено. Это позволит оперативно определять утечки малой интенсивности с высокой точностью.

### Литература

1. РИА «Новости». URL: <http://www.tv2.ru/category/istochnik-informatsii/ria-novosti>. (дата обращения 21.09.2011г).

2. Мамонова Т.Е. Учёт геометрического профиля нефтепровода при определении параметров утечки // Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело". 2012. №2. С. 85-102. URL: [http://www.ogbus.ru/authors/MamonovaTE/MamonovaTE\\_2.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/MamonovaTE/MamonovaTE_2.pdf)

3. Мамонова Т.Е., Модифицированный метод гидравлической локации места утечки из нефтепровода // ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В XXI ВЕКЕ: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции

имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых с международным участием - Томск, 14-17 мая 2012 г. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, Том 2. 2012. - С. 67-69

4. Системы диспетчерского контроля и управления. Система обнаружения утечки (Leak Detection System) / НПА Вира Реалтайм. 2004 г. [Электронный ресурс].  
Режим доступа: <http://www.rlt.ru/products/lds/> (дата обращения: 15.09.2012)

## ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОДСЧЕТА РЕЙТИНГА СОТРУДНИКОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗА

Шевчик М.В.

Научный руководитель: И.А. Ботыгин, к.т.н., доцент  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [seifer1@sibmail.com](mailto:seifer1@sibmail.com)

### Введение

Проблема оценки качества профессиональной деятельности педагога и педагогического коллектива всегда была одной из актуальных и труднейших проблем, касающихся взаимодействия образовательных систем с социумом и взаимодействия внутри самого профессионально-педагогического состава (ППС). Являясь по своей сути социальным институтом, система образования всегда находится в центре пристального внимания общества, которое хочет знать, насколько эффективно последняя реализует предписанные ей социальные функции. Собственно же педагогической практике свойственны рефлексивность, стремление к критической оценке процесса и результатов образования, попытка использовать лучшие образцы образовательной практики.

**Цель** введения рейтинга преподавателей, кафедр и факультетов в ВУЗе — улучшение качества деятельности ППС и совершенствование качества образовательного процесса.

Главными **задачами** рейтинга являются:

- повышение обоснованности принимаемых управленческих решений (в первую очередь в области кадровой политики);
- повышение уровня объективности информации о процессе и результатах деятельности вуза;
- повышение уровня мотивации ППС, стимулирование их профессионального и личностного роста;
- дифференциация результатов труда для обеспечения поддержки наиболее эффективной части преподавательского состава.

### Другие системы

В настоящее время практически каждый ВУЗ имеет в распоряжении систему оценки рейтинга. Показатели, по которым вычисляется рейтинг, можно разделить на качественные и формальные. Различные ВУЗы могут использовать как те, так и другие, или даже их вместе. Было принято решение использовать формальные показатели. Рейтинг как система оценки по формальным показателям обладает в принятой логике неоспоримыми достоинствами — ясностью критериев, простотой реализации и невозможностью произвольно завышать или занижать оценку в зависимости от того, чья именно деятельность оценивается.

### Постановка задачи

Для решения проблемы оценки качества профессиональной деятельности профессорско-преподавательского состава было решено создать информационную систему, имеющую модель расчета рейтинга преподавателей по максимально возможному результату, обеспечивающую сбор, обработку и представление данных на этапах планирования и отчетности учебных подразделений вуза.

### Методика расчета рейтинга

Показатели, которыми предлагается оценивать деятельность преподавателя, объединены в разделы:

- общий рейтинг (ОР);
- методическая работа (МР);
- научная работа (НР);
- педагогическая работа (ПР).

В каждом разделе существуют определенные наборы показателей, по которым определяется рейтинг этого раздела.

Общий рейтинг определяется следующим образом:

$$OP = \sum_{i=1}^{12} a_i,$$

где  $a_1 - a_3$  - коэффициенты, соответствующие определенному показателю ОР. Например, для  $a_1$  (ученая степень) при указании опции «Кандидат», коэффициент равен 0.1, а при указании для  $a_2$  опции «Профессор» - 0.15. При указании «Нет» либо «Отсутствует», коэффициент берется равным нулю (например, указывая  $a_9$  (Член УМО) «Да», коэффициент равен 0.05, а для «Нет» - 0).

Для раздела МР, НР и ПР соответственно:

$$MP = \sum_{i=1}^9 b_i$$

$$NP = \sum_{i=1}^6 c_i$$

$$PP = \sum_{i=1}^4 d_i$$

Абсолютный личный рейтинг (АЛР) преподавателя получается суммированием показателя данных разделов, умноженных на коэффициенты значимости, выставленные администратором:

$$ALP = a * OP + b * MP + c * NP + d * PP,$$

где a, b, c, d - коэффициенты, а ОР, МР, НР, ПР - соответствующие разделы рейтингов. Нормализация производится путем деления всех АЛР на максимальный АЛР. Таким образом, коэффициент высшего рейтинга будет 1, а остальные АЛР будут в диапазоне (0-1). Например, для четырех преподавателей АЛР (1) = 0.8, АЛР (2) = 0.7, АЛР (3) = 0.7, АЛР (4) = 0.6. Тогда максимальный  $ALP_{max} = ALP(1) = 0.8$ . В итоге рейтинг первого преподавателя равен  $0.8/0.8=1$ , второго и третьего -  $0.7/0.8=0.875$ , четвертого -  $0.6/0.8=0.75$ .

#### Исполнение системы

Разработанная система рейтинговой оценки является веб-приложением, которая авторизует и запоминает пользователей, а так же анализирует данные, введенные пользователями, и предоставляет информацию о рейтингах пользователей и подразделений ВУЗа. Помимо этого, присутствует механизм, позволяющий уполномоченному лицу настраивать коэффициенты значимости параметров, учитываемых в рейтингах. Это обеспечивает систему гибкостью, приспособляемостью к новым задачам, новым приоритетам, что позволит прогнозировать в дальнейшем развитие ВУЗа.

В системе предусмотрены две роли - администратор и пользователь. Администратором выполняются следующие работы: установка коэффициентов для показателей рейтинга, проверка правильности заполнения форм пользователями и редактирования данных. Роль пользователя получают все зарегистрированные в системе преподаватели ВУЗа.

Таким образом, для администратора предусмотрены следующие возможности:

- редактирование коэффициентов АЛР;
- редактирование коэффициентов разделов рейтинга ОР, МР, НР, ПР;
- просмотр и редактирование информации о пользователях системы;
- просмотр общего рейтинга;
- просмотр базы данных сотрудников за различные отчетные года.

Для пользователя предусмотрены следующие возможности:

- регистрация в системе;
- редактирование данных, указанных при регистрации;
- просмотр разделов рейтинга;
- заполнение разделов рейтинга;
- просмотр общего рейтинга.

#### Заключение

Процесс и результаты рейтинговой оценки качества профессиональной деятельности ППС, факультетов и кафедр вуза имеют педагогический, социальный и экономический аспекты: рейтинговая оценка позволяет принимать оптимальные управленческие решения, связанные с укреплением кадрового потенциала, аттестацией преподавателей их профессиональной мотивацией, определением приоритетных целей в области управления качеством подготовки специалистов в ВУЗе. Успешное функционирование системы во многом зависит от ее внедрения в информационную структуру ВУЗа и ее сопровождения. Для внедрения рейтинговой оценки качества профессиональной деятельности ППС, факультетов и кафедр в практику работы вуза необходимы следующие условия:

- готовность руководства вуза к внедрению рейтинговой оценки качества профессиональной деятельности;
- наличие компетентных специалистов для создания группы разработчиков модели и технологии проведения рейтинга;
- участие преподавательского состава в разработке оценочных критериев и их позитивное отношение к идее рейтинга;

- обучение преподавателей (руководителей) основным принципам рейтинговой оценки;
- организация мониторинга качества образовательного процесса.

Реализованная система предоставляет обширные возможности для анализа полученных данных и вывода конечных результатов в различных вариациях, например просмотр рейтинга среди профессоров, по факультету и т.д.

#### Литература

1. Васильева Е.Ю., Граничина О.А., Трапицын С.Ю. Рейтинг преподавателей, факультетов и кафедр в ВУЗе: Методическое пособие. – СПб: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2007. – 159 с.
2. Кабардино-балкарский государственный университет. URL: <http://www.kbsu.ru/> (дата обращения: 26.06.2012).

3. Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского. [2006 - 2012]. URL: <http://www.omsu.ru/page.php?id=> (дата обращения: 26.06.2012).

4. Федоров А. Оценка мастерства преподавателя / А. Федоров, Н. Дудкина, Н. Асеев // Высш. образование в России. - 2001. № 3. – С. 41-47.

5. Учебные курсы и демонстрации: Приложения Java EE и веб-приложения JAVA //NetBeans: – Oracle corp.,2012. URL: [http://netbeans.org/kb/trails/java-ee\\_ru.html](http://netbeans.org/kb/trails/java-ee_ru.html), (дата обращения: 26.06.2012).

6. JavaProBooks. URL: <http://www.javaprobooks.ru/> (дата обращения: 26.06.2012).

## СЖАТИЕ ОПОРНЫХ ВИДЕО КАДРОВ В СТАНДАРТЕ H.265/HEVC

Шарабайко М.П.

Томский политехнический университет  
[sme\\_box@tpu.ru](mailto:sme_box@tpu.ru)

#### Введение

Актуальность задачи цифрового сжатия видео последовательностей растет вместе с развитием сетей передачи данных, в том числе беспроводных, а также возможностей и мощностей персональных и мобильных устройств. Требования к степени сжатия видео непрерывно возрастают, стимулируя развитие стандартов видео кодирования.

В январе 2013 года выходит стандарт цифрового сжатия видео последовательностей H.265/HEVC [1], - стандарт нового поколения, обеспечивающий повышение степени сжатия до двух раз по сравнению со текущим индустриальным стандартом H.264/AVC [2].

В данной статье исследуются возможности стандарта H.265/HEVC по сжатию опорных кадров. Результаты сравниваются с возможностями стандарта H.264/AVC.

#### Принципы сжатия видео последовательностей

Сжатие видео информации основано на двух важных принципах. Во-первых, каждый кадр видео последовательности обладает пространственной избыточностью – корреляцией значений пикселей внутри кадра. Во-вторых, большинство кадров видео последовательности похожи на предыдущие, а значит обладают временной избыточностью [3]. Алгоритмы сжатия видеопоследовательностей основаны на устранении этих двух видов избыточности.

В сжатой видео последовательности обычно присутствуют как кадры с устранением только

пространственной избыточности, так и кадры с устранением обоих видов избыточности. Кадры первого типа называются ключевыми (ключевыми, опорными) кадрами и обозначаются символом *I* (сокр. *intra* – от англ. внутренний). Такие кадры позволяют начать декодирование сразу, поскольку они не ссылаются на предыдущие кадры.

Кадр, ссылающийся на один или несколько предыдущих, называется разностным, и обозначается символом *P* (сокр. *predicted* – от англ. предсказанный). Кадр, для сжатия которого используются как предыдущие, так и последующие кадры видео последовательности называется двунаправленным и обозначается символом *B* (от англ. *bidirectional*).

#### Сжатие опорных кадров в стандарте H.265/HEVC

При сжатии опорных кадров в стандарте H.265/HEVC используются внутренние предсказания – предсказания на основе уже сжатой части этого кадра. В этом стандарте определено 35 режимов внутреннего предсказания: DC, плоский и 33 угловых предсказания (рис. 1).

В стандарте предыдущего поколения H.264/AVC определено всего 10 вариантов внутреннего предсказания блоков: DC, плоский и 8 угловых (направления 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34 на рис. 1).

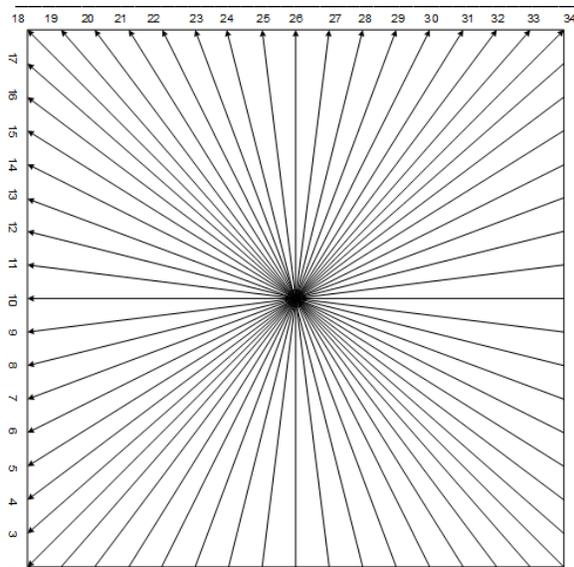


Рис. 1. Угловые внутренние предсказания в стандарте *H.265/HEVC* [1]

При *DC* предсказании вычисляется среднее значение граничных пикселей, расположенных сверху и слева от предсказываемого блока (рис. 2), которым заполняется весь шаблон предсказания.



Рис. 2. *DC* предсказание в стандартах *H.265/HEVC* и *H.264/AVC* [4]

При плоском предсказании используется линейная функция от левых и верхних граничных пикселей предсказываемого блока (рис. 3).

При угловых предсказаниях шаблон предсказания формируется экстраполяцией значений граничных пикселей, попадающих под направление предсказания. Например, на рис. 4 схематично представлено вертикальное внутреннее предсказание, при котором используются пиксели *A-D*.

Кроме того, по сравнению со стандартом *H.264/AVC* модифицировано энтропийное кодирование. В *H.264/AVC* используется контекстно-адаптивное двоичное арифметическое кодирование (*CABAC*), включающее 15 контекстных моделей для кодирования синтаксических элементов. В стандарте *H.265/HEVC* применяется синтаксически адаптивное двоичное арифметическое кодирование (*SBAC*), использующее 31 контекстную модель.

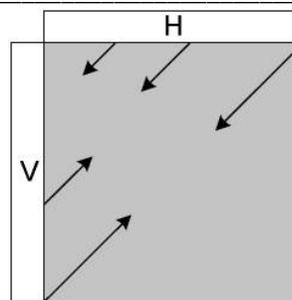


Рис. 3. Плоское предсказание в стандартах *H.265/HEVC* и *H.264/AVC* [4]

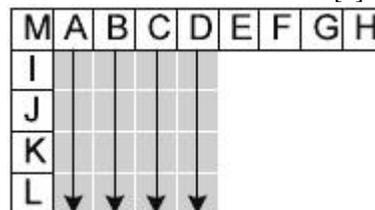


Рис. 4. Вертикальное предсказание в стандартах *H.265/HEVC* и *H.264/AVC* [4]

### Эффективность сжатия опорных кадров

Для оценки эффективности сжатия внутренних кадров по стандарту *H.265/HEVC* используется его тестовая модель *HM* 8.0. Используется две конфигурации: первая с максимальным размером блока кодирования  $64 \times 64$  пикселей, глубина разбиения 4 (*HM* 64-4); другая с максимальным размером блока кодирования  $16 \times 16$  пикселей, глубина разбиения 2, подобно разбиению в *H.264/AVC* (*HM* 16-2). Дополнительно используется конфигурация с отключенными внутренними предсказаниями, отсутствующими в *H.264/AVC* (*HM* 16-2-*AVC*). Для сравнения используется тестовая модель стандарта *H.264/AVC* – *JM* 18.3.

Исследования проводятся на наборе видео последовательностей университета Ганновера [5], представленном в таблице 1.

Таблица 1. Тестовый набор видео последовательностей

Название	<i>BasketballDrill</i>	<i>PeopleOnStreet</i>
Разрешение	832×480	2560×1600
Частота, кадр/с	50	30
Всего кадров	501	150
Битрейт, Мбит/с	228	1406,25

Графики зависимости скорости видео потока (битрейта) от качества сжатия приведены на рис. 6-7. Видно, что новый стандарт *H.265/HEVC* позволяет на 20-30% эффективнее сжимать видео последовательности только с помощью опорных видео кадров. При этом всего 5-10% эффективности достигается за счет увеличенного набора внутренних предсказаний. Очевидно, основное повышение степени сжатия достигается за счет

измененной модели энтропийного кодирования. Стоит также заметить, что на указанных видео последовательностях не было замечено целесообразности использования блоков размером  $64 \times 64$  пикселей с глубиной разбиения 4, поскольку они дали такой же результат, что при использовании блоков размером  $16 \times 16$  пикселей с глубиной 2.

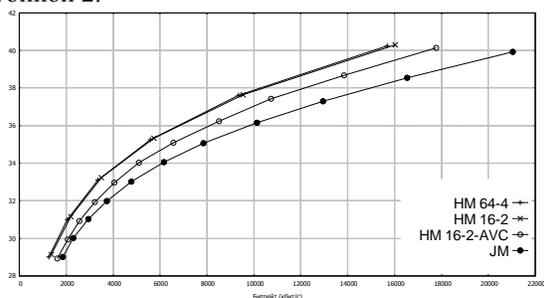


Рис. 6. Сравнение эффективности сжатия, последовательность *BasketballDrill*

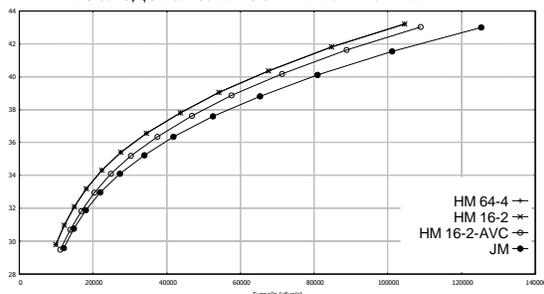


Рис. 7. Сравнение эффективности сжатия, последовательность *PeopleOnStreet*

### Заключение

Целью разработки стандарта *H.265/HEVC* являлось повышения степени сжатия видео последовательностей до двух раз по сравнению с возможностями стандарта *H.264/AVC* при том же качестве. Только на сжатии опорных кадров стандарт *H.265/HEVC* дает до 30% увеличения степени сжатия при том же качестве, в основном за счет измененного энтропийного кодирования. Необходимо исследовать возможности стандарта *H.265/HEVC* по сжатию разностных кадров.

### Литература

1. Bross B. et al. High-Efficiency Video Coding (HEVC) text specification draft 8. - JCT-VC, Stockholm, SE, 11-20 July 2012.
2. Recommendation ITU-T H.264: Advanced video coding for generic audiovisual services. - ITU, June 2011.
3. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука. - М.: Техносфера, 2004. - 368 стр.
4. Richardson I. White Paper: H.264/AVC Intra Prediction. - Vcodex, 2011. - 7 p.
5. Leibniz Universitat Hannover HVC Test Sequences. URL: <ftp://hvc:US88Hula@ftp.tnt.uni-hannover.de/testsequences> (дата обращения 15.10.2012)

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЛОКАЛЬНЫХ РЕГИОНОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ. ПАРАЛЛЕЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ CUDA

Тартаковский Е.А., Рейзлин В.И.

Томский политехнический университет  
E-mail: [Flar@sibmail.com](mailto:Flar@sibmail.com)

### Введение

В настоящее время активное развитие получила область параллельных вычислений. Решение задачи параллельно на нескольких вычислительных устройствах зачастую позволяет получить производительность, необходимую для практической реализации различных систем. В то же время, большинство используемых алгоритмов разрабатывалось для последовательных вычислений. Часть из них пригодна к параллельному выполнению, другая часть требует предварительной модификации [1-2].

За последнее десятилетие область параллельных вычислений перестала быть прерогативой исключительно центральных процессоров (CPU). Такую же возможность получили графические процессоры общего назначения (GPGPU) [3-4].

На рынке GPGPU существует несколько производителей, разрабатывающих решения для вычислений общего назначения. Корпорация NVIDIA, являясь одним из них, разрабатывает собственные графические процессоры, поддерживающие вычисления общего назначения, и технологию CUDA, позволяющую их программировать [5].

### Преимущества и недостатки вычислений на GPU

Принцип вычислений на GPGPU подразумевает разделение вычислительных устройств на управляющее и управляемое. Управляющее устройство (CPU) называется host, управляемое (GPGPU) – device. GPGPU обладает следующими характеристиками:

- является сопроцессором к CPU;
- имеет несколько типов собственной памяти;

• обладает возможностью параллельного выполнения большого количества отдельных потоков [6].

GPGPU обладает гораздо большей суммарной вычислительной мощностью, нежели CPU, и позволяет значительно разгрузить центральный процессор во время ресурсоемки вычислений. В то же время, производительность вычислений на GPGPU ограничена скоростью работы памяти [6-7].

Наиболее подходящими задачами для вычислений на GPGPU являются вычислительно-сложные алгоритмы над большими объемами редко поступающих данных.

#### Постановка задачи

Получение качественного изображения через атмосферную турбулентность является старой и до сих пор окончательно не решенной задачей. Одним из способов получения качественных изображений является синтез изображения из серии снимков.

При съемке через атмосферу качество может варьироваться не только от изображения к изображению, но и от региона к региону изображения. Таким образом, при съемке образуются кадры, имеющие неприемлемое качество в целом, некоторые регионы которых пригодны к использованию.

Критерием качества, в данном случае, выступает четкость изображения. В [1] рассматриваются и доказываются различные способы оценки четкости изображения в целом. Приведем первые два выражения:

$$S_1 = \int dx dy I^2$$
$$S_2 = I(x_0, y_0)$$

Благодаря оценке четкости целого изображения появляется возможность ввести минимальный порог качества. Изображения, качество которых не достигает минимального порога, не участвуют в дальнейшем анализе.

Однако, такая оценка не пригодна для выделения качественных регионов изображения. В работе [2] рассматривается функция качества локального региона изображения.

Пусть функция оценки качества изображения имеет вид:

$$J = \int |Q\{I(r)\}|^2 d^2r$$

где  $Q\{*\}$  – некий оператор, применяемый к распределению интенсивности плоскости изображения  $I(r)$ .

Для определения качества локального региона изображения авторы вводят функцию:

$$J(r) = \int |Q\{I(r')\}|^2 p(r-r') d^2r'$$

где  $p(r)$  – оконная функция, шириной  $d < a$ , при площади изображения  $S = a * a$ .

#### Использование GPGPU

Очевидно, что вычисление данной функции требует множественных операций над двумерными массивами данных. При поступлении кадров с высокоскоростных камер (сотни – тысячи кадров в секунду) обработка потока данных требует гораздо большей вычислительной мощности, чем может предоставить современный центральный процессор. В то же время, применение GPGPU позволяет значительно ускорить вычисления и разгрузить CPU для сопутствующих задач.

Для проведения операций над двумерными массивами данных на GPGPU в общем случае следует выполнить следующие шаги [7]:

Задача разбивается на однотипные блоки, вычисляемые параллельно на разных ядрах:

```
#define BLOCK_SIZE 16;
dim3 dimBlock (BLOCK_SIZE, BLOCK_SIZE);
```

Определяется размер блока, в данном случае 16 на 16 элементов, и размер сетки блоков, необходимый для покрытия матрицы:

```
dim3 dimGrid (sze/dimBlock.x,sze/dimBlock.y);
```

Каждому элементу блока сопоставляется свой поток, блоки равномерно распределяются по ядрам.

Для начала вычислений необходимо выделить память на GPU:

```
float *pDeviceMemA;
cudaMalloc ( (void **)&pDeviceMemA, sze*sze *
sizeof (float));
```

После чего скопировать в нее требуемые данные, задать размеры сетки и блока и вызвать kernel-функцию:

```
best_kernel_ever<<<dimGrid, dimBlock>>>
(pDeviceMemA, pDeviceMemB, sze);
```

После завершения вычислений результат копируется обратно в оперативную память, память на GPU освобождается.

```
cudaMemcpy ( (void *)pA, pDeviceMemA,
sze*sze* sizeof (float),cudaMemcpyDeviceToHost);
cudaFree (pDeviceMemA);
```

Kernel-функция – функция, вызываемая параллельно для каждого ядра. В рамках функции существуют индексы потока в блоке, блока в сетке, размерности блока и сетки блоков [10]:

```
// Block index
int bx = blockIdx.x;
int by = blockIdx.y;
// Thread index
int tx = threadIdx.x;
int ty = threadIdx.y;
// Block size
int bdx = blockDim.x;
int bdy = blockDim.y;
// Grid size
int gdx = gridDim.x;
int gdy = gridDim.y;
```

С помощью этих индексов реализуется вычисление только одного блока в каждой kernel-функции. Вычисляемый ядром блок копируется в разделяемую память при ядре для обеспечения высокой скорости доступа к элементам матрицы:

```
__shared__ float  
As[BLOCK_SIZE][BLOCK_SIZE];  
int elemnum =  
BLOCK_SIZE*by + sze*bdx*bx + tx*sz + ty;  
As[ty][tx] = A[elemnum];
```

#### Заключение

В заключение отметим, что применение параллельных вычислений, в частности на GPGPU, позволяет добиться увеличения производительности в десятки раз относительно последовательных вычислений.

В то же время, при решении данной задачи возникает необходимость обработки данных в реальном времени, которая требует постоянных операций чтения и записи между оперативной памятью и памятью GPGPU.

Применение предварительной оценки качества изображения позволит отсеивать контролируемую долю изображений до проведения основных вычислений. Сочетание такого подхода с технологиями буферизации и блочных вычислений позволит минимизировать потери производительности и получить результат, в разы превосходящий последовательные вычисления.

#### Литература

1. Richard Muller, Andrew Buffington: Real-time correction of atmospherically degraded telescope images through image sharpening //Journal of the optical society of America. – 1974. – V. 64, N. 9, p. 1200-1210.
2. G. W. Carhart, M. A. Vorontsov: Synthentic imaging: nonadaptive anisoplanatic image correction in atmospheric turbulence //Optics Letters. – 1998. – V. 23, N. 10, p. 745-747.
3. Ian Buck, Tim Foley, Daniel Horn, Jeremy Sugeran, Kayvon Fatahalian, Mike Houston, Pat Hanrahan. Brook for GPUs: Stream Computing on Graphics Hardware // ACM Trans. Graph. – 2004. – V. 23, N 3, p. 777-786.
4. Ian Buck. Stream Computing on Graphics Hardware: Ph.D. thesis. – Stanford University, 2006. – 94 p.
5. NVIDIA CUDA C Programming Guide. [Электронный ресурс]. – URL: [http://developer.download.nvidia.com/compute/DevZone/docs/html/C/doc/CUDA\\_C\\_Programming\\_Guide.pdf](http://developer.download.nvidia.com/compute/DevZone/docs/html/C/doc/CUDA_C_Programming_Guide.pdf), (дата обращения: 08.10.2012).
6. NVIDIA CUDA Best Practices Guide. [Электронный ресурс]. – URL: [http://developer.download.nvidia.com/compute/DevZone/docs/html/C/doc/CUDA\\_C\\_Best\\_Practices\\_Guide.pdf](http://developer.download.nvidia.com/compute/DevZone/docs/html/C/doc/CUDA_C_Best_Practices_Guide.pdf), (дата обращения: 08.10.2012).
7. Боресков А. В. Основы работы с технологией CUDA / А. В. Боресков, А. А. Харламов. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 232 с.

## RESEARCH OF ELLIPTIC CURVE CRYPTOGRAPHY PRIMITIVES RESISTANCE, USED IN OPENS SH

J.S. Trofimovich

Scientific advisor: Meshcheryakov R.V.

Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenina Street, 3

E-mail: [helinteg@disasm.info](mailto:helinteg@disasm.info)

#### Introduction

Nowadays information plays a great role in all domains of human life. Concepts of information society and information age, which came from twentieth century, known to all intuitively. There is nothing strange in wish to defend such important resources from outsiders. Just as in wish to take them contrary to holder`s wish. At the turn of these wishes emerges cryptography.

The goal of this work was to review the elliptic curve cryptography primitives realization in openSSH (OpenBSD Secure Shell) — which is used on most of node in network[1] and to create realization of attack.

OpenSSH is a set of computer programs providing encrypted communication sessions over a computer network using the SSH protocol. It was created as an open source alternative to the proprietary Secure Shell

software suite offered by SSH Communications Security. OpenSSH is developed as a part of the security conscious OpenBSD project, which is led by Theo de Raadt[2]. Starting with 5.7 supports ECDSA and ECDH [3]. Keys are NIST rule-based, including primary three: nistp256, nistp384 and nistp521 [4]. OpenSSL is used for operation with elliptic curve. The core openssl library, written in the C programming language, implements the basic cryptographic functions and provides various utility functions.

As aim ECDSA was chosen, because ECDH is used only for sessional key. For attack Pollard`s-rho algorithm was chosen, because it universal and has exponential complexity. Also this algorithm has parallel version, that allows to compute program on several cores simultaneously. Mpich2 was chosen as mpi-implementation and C++ as programming language for

attack-realization. In the upshot task is:

1. Write parallel program on C++, that implements rho-Pollard's algorithm.
2. Verify this program with test key, which was generate with using elliptic curve over small field.
3. Run program with NIST-recommended key.

#### Elliptic Curves

Elliptic curves are known for their security. The common fields are used for encryption are prime fields and characteristic 2 fields. Elliptic curves over prime fields are on the form:

$$E: y^2 = x^3 + ax + b \pmod{p}$$

Where  $a, b \in F_p$  and  $4a^3 + 27b^2 \neq 0 \pmod{p}$

The addition of two points  $P(x_1, y_1)$  and  $Q(x_2, y_2)$  is

calculated by:

$$R(x_3, y_3) = P + Q \text{ where:}$$

$$x_3 = \lambda^2 - x_1 - x_2,$$

$$y_3 = \lambda(x_1 - x_3) - y_1,$$

$$\lambda = \frac{(y_2 - y_1)}{x_2 - x_1} \text{ if } P \neq Q$$

$$\lambda = \frac{(3x_1^2 + a)}{2y_1} \text{ if } P = Q$$

The multiplication of points by a scalar is a series of doublings and additions of points. The multiplication by  $-1$  converts  $P$  to  $-P$  by negating the  $y$  coordinate of  $P$ , i.e., the negative of  $P = (x, y)$  gives  $-P = (x, -y)$ . Similar formulas exist for elliptic curves over characteristic 2 fields.

Elliptic Curve (ECDLP) Discrete Logarithm Problem

Given a point  $P$  of order  $n$  in an elliptic curve  $E$  over a finite field  $F_p$  and a point  $Q$  in  $E$ , the ECDLP is to find an integer  $m$ , where  $0 \leq m \leq n-1$ , and  $Q = m \times P$  if such a number exists [5].

#### Pollard's rho algorithm

**Pollard's rho algorithm for logarithms** is an algorithm for solving the discrete logarithm problem analogous to Pollard's rho algorithm for solving the Integer factorization problem. This method can be used not only for integers, but for group of elliptic points over curve too. The goal is to compute  $a$  such that  $a^b = c$ , where  $c$  belongs to a group generated by  $a$ .

Parallelized Pollard's rho algorithm for the ECDLP [5]

INPUT:  $P \in E(F_q)$  of prime order  $n$ ,  $Q \in P$ .

OUTPUT: The discrete logarithm  $l = \log_p Q$ .

1. Select the number  $L$  of branches (e.g.,  $L = 16$  or  $L = 32$ ).

2. Select a partition function  $H: (P) \rightarrow \{1, 2, \dots, L\}$ .

3. Select a distinguishing property for points in  $(P)$

4. For  $j$  from 1 to  $L$  do

4.1 Select  $a_j, b_j \in R[0, n-1]$ .

4.2 Compute  $R_j = a_j P + b_j Q$ .

5. Each of the  $M$  processors does the following:

5.1 Select  $c, d \in R[0, n-1]$  and compute  $X = cP + dQ$ .

- 5.2 Repeat the following:

If  $X$  is distinguished then send  $(c, d, X)$  to the central server.

Compute  $j = H(X)$ .

Set  $X \leftarrow X + R_j, c \leftarrow c + a_j \pmod{n}$ , and

$d \leftarrow d + b_j \pmod{n}$ .

Until the server receives some distinguished point  $Y$  for the second time.

6. Let the two triples associated with  $Y$  be  $(c', d', Y)$  and  $(c'', d'', Y)$ .

7. If  $d' = d''$  then return ("failure");

Else compute  $l = (c' - c'')(d' - d'')^{-1} \pmod{n}$  and return  $(l)$ .

#### Attack implementation

Programs consist of some discrete parts.

1. Script tools/gen. Take as input size of field. Generates file with parameters of curve over this field.

2. Script tools/ssl\_curve/run. Take as input output file of ecgenerate.jar [7]. Run ecc\_curve. Output is \*.pem-file with curve's parameters in openssl format.

3. create\_task. Take as input: path to file with public key, wishful size for database in megabytes and name for output file. Create task-file.

4. mpi\_pollard. Takes task file as input. Private key take out to output stream as integer.

Two version of program were written – single-threaded and multithreaded. They were tested with public key, generated with elliptic curves over field from 32 to 42 bits on machine Intel (R) Core (TM)2 Quad CPU Q8200 @ 2.33GHz and 4Gb RAM.

Fig. 1 presents dependence computing time from size of field. And for more clearness fig. 2. show this data in logarithmic measure. It could be saying, that the efficient more higher, the size is bigger.

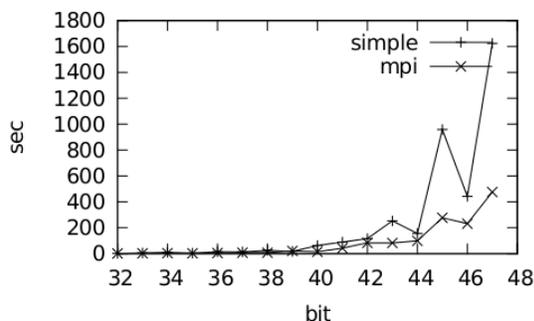


Fig. 1. Dependence computing time from size of field

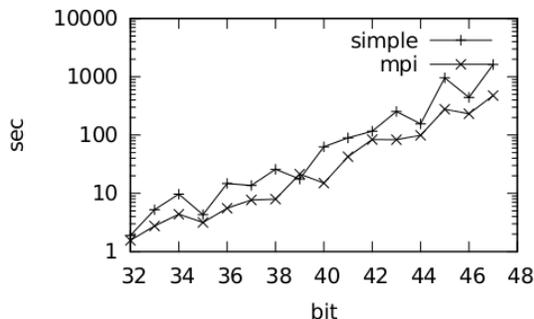


Fig. 2. Dependence computing time from size of field in logarithmic measure

It is planned to review a few of ways to improve this result, such as:

1. Acceleration Pollard's rho algorithm using automorphism.
2. Usage more efficient algorithm for cycle finding — instead Floyd's algorithm.
3. Combination Pollard's rho algorithm with some other.
4. More accurate calculation of point's quantity, which must store on server, in consideration of wishful speed of computation and available space.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Ворущина А.Б., Максумова Н.Р., Лощухина Т.Е.

Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет  
[vorushina\\_alex@mail.ru](mailto:vorushina_alex@mail.ru)

### Введение

Индивидуальный план регламентирует работу преподавателя по выполнению его должностных обязанностей и включает все виды работ, порученных ему заведующим кафедрой на предстоящий учебный год. Суть планирования заключается во включении в учебный процесс основных обучающих аспектов: актуализация материала (новизна относительной профильной составляющей), систематизация, закрепление и совершенствование знаний студентов, практическое применение усвоенного учебного материала,

5. Usage more compact form of point in database.

### Conclusion

During this work, specific range of tasks was complete:

1. Review of elliptic cryptoprimitives was made.
2. Possible attacks were considered.
3. Some ways to improve attack were suggested.
4. Attack was realized on C++.
5. Program was verified on test data.

In the upshot experience in parallel programming has been obtained. At present different ways are evaluated to improve application in quantitative adjectives.

### References

1. Results of SSH version scans in July 2008 [website] . - Access: <http://www.openssh.com/usage/ssh-stats.html> free.
2. Wikipedia [website] . - Access: <http://www.wikipedia.org/> free.
3. What's new in OpenSSH? Miller D. 2011.
4. Elliptic Curve Algorithm Integration in SSH [website] . - Access: <http://www.openssh.com/txt/rfc5656.txt> free. Stebila D., Green J. 2009. December.
5. Attacks on Elliptic Curve Cryptosystems. 2010. Elsayed Mohamed, Hassan Elkamchouchi. Kleptographic.
6. Guide to Elliptic Curve Cryptography. Springer. 2003. Darrel H., Alfred M., Scott V.
7. Elliptic curve generation by complex multiplication in JAVA. 2000. Hardy S.

формирование у студентов умений использовать навыки и знания, контроль качества восприятия учебно-методического содержимого. Так как задача эффективного распределения преподаваемых знаний и их контроля выполняется каждым преподавателем индивидуально, система структуризации и планирования графика работ является не только вспомогательным инструментом, но и одним из самых востребованных решений организации педагогической деятельности в целом.

### Описание системы автоматизированного планирования индивидуальной работы

Вопрос индивидуального планирования деятельности отдельного педагога и педагогического коллектива в учебных заведениях является одной из самых актуальных и труднейших проблем, касающихся взаимоотношений не только внутри педагогического сообщества, но и взаимодействия образовательных систем с социумом. Индивидуальный план регламентирует работу преподавателя по выполнению его должностных обязанностей и включает все виды работ, порученных ему заведующим кафедрой. Он составляется на основе планируемых работ кафедры на учебный год и конкретных заданий по отдельным направлениям работы преподавателя, включенных в план-график его работ, оформленный как приложение к заключенному с ним ректором университета трудовому договору.

Должностная работа лиц профессорско-преподавательского состава включает в себя учебную, учебно-методическую, научно-исследовательскую, организационную и воспитательную работу, а также повышение квалификации. Поэтому индивидуальный план должен включать все эти виды работ, исходя из 36-часовой рабочей недели. Таким образом, суммарная годовая нагрузка преподавателя, работающего на полную ставку, по всем разделам планируется в зависимости от числа рабочих дней в учебном году.

Индивидуальное планирование педагогической деятельности относится к аналитическому виду задач, где возможны различные варианты распределения нагрузки [1].

Существуют различные подходы представления индивидуальных планов ППС, которые отличаются друг от друга, как по методологическим основаниям, так и по процедурам практической реализации:

- а) подход, основанный на построении дерева целей подготовки специалиста;
- б) подход, основанный на организации модульного обучения.

Для построения дерева формулируется глобальная цель, которая должна описывать конечный продукт, определяются признаки структуризации, осуществляется декомпозиция глобальной цели на подцели, выявляются новые функции и задачи. Каждой цели ставится в соответствие одна или несколько дисциплин учебного плана. После этого решается задача по определению требований к содержанию дисциплины.

При решении задач по методике модульного обучения основной проблемой является выделение отдельных единиц учебного материала:

- дисциплин;
- кванта (неделимый материал - тема, раздел);
- модуль (самостоятельная автономная единица представления учебного материала).

Каждая единица учебного материала в соответствии с выделенными часами заполняется необходимым содержанием.

Для решения проблемы индивидуального планирования работы преподавателей было решено создать информационную систему, объединяющую подход, основанный на построении дерева целей подготовки специалиста и подход, основанный на организации модульного обучения. Отсутствие подобных компьютеризированных инструментальных средств делает проектирование электронной информационной системы индивидуального планирования деятельности более чем актуальным.

Разработанная система планирования представляет собой веб-приложение, которое выполняет аутентификацию пользователей, анализ данных, введенных пользователями, и предоставление информации о комплексных и среднестатистических показателях учебных планов преподавателей и подразделений ВУЗа.

Планирование деятельности преподавателя представлено в конкретных разделах: сводные данные по плану, учебно-аудиторная и учебно-методическая работа, научная и организационно-воспитательная работа, а также повышение квалификации ППС. Сводные данные по плану представляют собой общие параметры системы.

В каждом разделе существуют определенные наборы категорий, по которым определяются среднестатистические данные по конкретному виду работ и суммарная информация по всем параметрам индивидуального плана.

Суммарная информация *Sum* по разделу рассчитывается по формуле:

$$Sum = \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

В данном выражении для переменной  $x_i$  берутся определенные виды работ (например, лекции, лабораторные работы, практические занятия, курсовое проектирование, экзамены или зачёты для таблицы сводных данных). Количество видов работ и их наименования определяются конкретными требованиями структурных подразделений в соответствии с учебным планом [3].

Среднестатистические показатели определенного вида работы *MidSum* предполагают распределение суммарных данных *Sum* по отношению к общему количеству видов занятий ( $n$ ).

$$MidSum = Sum / n = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad (2)$$

Спроектированная система планирования выполнена в форме веб-приложения. При запуске

появляется первоначальная страница индивидуального учебного плана (рисунок 1).



Рис. 1. Первоначальная страница индивидуального плана

Имеется возможность реализации в системе различных по правам и полномочиям ролей – роли администратора и роли пользователей.

На роль администратора назначаются руководители управляющих структур ВУЗа (кафедр). Именно администраторы планируют декомпозицию учебно-методической и научной нагрузки на преподавателей и контролируют выполнение работ.

Роль пользователя получают все зарегистрированные в системе преподаватели ВУЗа.

На рисунке 2 представлены сводные данные по индивидуальному плану преподавателя.



Рис. 2. Сводные данные по индивидуальному плану

Спроектирована двухуровневая структура программного обеспечения. На верхнем уровне

находится программное обеспечение, реализованное посредством JSP-страниц. Нижний уровень представляет собой ПК клиента, на котором установлен Web-браузер.

Структуру серверной части приложения можно разбить на несколько слоев. Уровень данных представлен базой данных MySQL. Уровень представления – классами и JSP страницами. Классы системы индивидуального рабочего плана работают не только с уровнем данных, но и отвечают за конечное представление информации на JSP страницах непосредственно через методы.

Для написания и отладки системы использовалась среда разработки NetBeans 7.2, язык разработки - Java, сервер ApacheTomcat, а также база данных MySQL.

### Выводы

В итоге было реализовано Web-ориентированное приложение, предназначенное для ведения индивидуального плана работы преподавателей. Оно было спроектировано таким образом, что изменение на уровне данных не оказывают влияние на уровень представления информации, что делает программный продукт более гибким и легко изменяемым.

### Литература

1. Васильева Е.Ю., Граничина О.А., Трапичин С.Ю. Рейтинг факультетов и кафедр в ВУЗе: Методическое пособие. СПб: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2009 – 159 с.
2. Приложения JavaEE и веб-приложения JAVA // NetBeans. – [2011 – 2012]. Дата обновления: 01.09.2012. URL: [http://netbeans.org/kb/trails/java-ee\\_ru.html](http://netbeans.org/kb/trails/java-ee_ru.html) (дата обращения: 25.09.2012).
3. Проектирование на Java // JavaProBooks. - [2012 – 2012]. Дата обновления: 20.08.2012. URL: <http://www.javaprobooks.ru/> (дата обращения: 28.09.2012).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПОДВИЖНОЙ СЕТКИ (ALE) ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ЖИДКОСТНО-СТРУКТУРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ COMSOL

Черкашина Ю.А.

Научный руководитель Огородников А.С.

Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет  
cherr999y@mail.ru

Моделирование в настоящее время привлекает пристальное внимание и получило необычайно широкое применение во многих областях знаний: от философских и других гуманитарных разделов знаний до ядерной физики и других разделов

физики, от проблем радиотехники и электротехники до проблем механики и гидромеханики, физиологии и биологии и т. д.

Пакет мультифизического моделирования Comsol позволяет воссоздать любой физический процесс.

Подвижная сетка может быть полезна, если границы вычислительной области изменяются во времени или как функция параметра. Дело в том, что новая сетка не должна генерироваться для каждой конфигурации границ - вместо этого, программное обеспечение просто возмущает узлы сетки, чтобы они соответствовали перемещенным границам.

Технику для перемещения сетки называют произвольным Лагранжево-Эйлеровым (ALE) методом. В частном случае метода Лагранжа перемещение сетки следует за перемещением физического материала. Такой метод часто используется в механике твердого тела, когда смещения являются сравнительно небольшими. Когда материальное движение более сложное, как в модели потока жидкости, Лагранжев метод не подходит. Для таких моделей часто используется Метод Эйлера, где сетка фиксируется - за исключением того, что этот метод не подходит к задачам с подвижными границами.

ALE Метод является промежуточным звеном между методом Лагранжа и методом Эйлера, и сочетает в себе лучшие черты обоих. Этот метод позволяет перемещать границы без потребности в перемещении сетки[3].

Геометрия модели состоит из горизонтального потока, в середине которого находится препятствие, которое имеет узкое вертикальное строение. Жидкость течет слева направо, за исключением препятствия, которое вынуждает поток искать более узкий путь в верхней части прохода, это накладывает силу на стены конструкции, в результате вязкого сопротивления и давления жидкости. Конструкция, сделанная из непрочного материала, сгибается под действием приложенной нагрузки. Следовательно, поток жидкости также следует за новым путем, так что решение потока в первоначальной геометрии генерировало бы неправильные результаты.

Поток жидкости в этом горизонтальном течении движется слева, и он имеет параболический профиль скорости. Узкое вертикальное препятствие в протоке (прямое вертикальное строение) вынуждает поток протекать через более узкий путь. Это имитационная модель потока жидкости в деформированной, подвижной сетке, которая следует за перемещением сгибающегося строения.

ALE метод обрабатывает динамику деформирующейся геометрии и движущихся границ с подвижной сеткой. Мультифизика COMSOL вычисляет новые координаты сетки в области, основанной на движении границ структуры и на

сглаживании сетки. Уравнения Навье-Стокса, решающие поток, формулируются для этих подвижных систем координат.

Часть структурной механики модели не требует метода ALE, и COMSOL решает это в неподвижной системе координат как обычно. Однако, деформации, которые модель вычисляет таким образом, являются единственным источником для вычисления деформированных координат с методом ALE [3].

Поток жидкости в протоке описывается уравнениями Навье-Стокса для поля скорости  $u = (u, v)$  и давления  $p$ , в пространственной (деформированной) движущейся системе координат:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho * \frac{du}{dt} - \nabla * [-p * I + \eta(\nabla u + (\nabla u)^T)] + \\ + \rho((u - u_{in}) * \nabla)u = F \\ -\nabla u = 0 \end{array} \right.$$

где I-единичная диагональная матрица, и F-объемная сила, действующая на жидкость.

Предположим, что нет гравитации других сил, влияющих на жидкость, т.е.  $F = 0$ . Скорость системы координат  $u_m = (u_m, v_m)$ . На входе протока слева, поток полностью проявляет ламинарные характеристики с параболическим скоростным профилем, но его амплитуда меняется со временем. В первом потоке быстро возрастает, достигая максимального значения в 0.215 с; после чего постепенно снижается до стационарного значения 5 см/с. Осевая скорость в направлении x, обозначается  $u_m$ , с установившейся амплитудой U, имеет значение

$$u_{in} = \frac{U * t^2}{\sqrt{(0.04 - t^2)^2 + (0.1 * t)^2}}$$

Где t должно быть выражено в секундах.

В оттоке (правая граница), условие  $p=0$ . На сплошные (не деформирующиеся) стены, накладываются условия не проскальзывания,  $u=0, v=0$ , а скорости деформирующейся поверхности приравнивают к скорости деформации,  $u_0 = u_t$  и  $v_0 = v_t$ .

Граничные условия для препятствия устанавливаются к нижней части жидкости протока. Все остальные границы испытывают нагрузки от жидкости, в виде

$$F_T = -n * (-p * I + \eta(\nabla u + (\nabla u)^T))$$

где n-вектор нормали к границе. Эта нагрузка представляет сумму давления и вязких сил[3].

Рисунок 1 показывает деформацию геометрии и поток при  $t = 4$  с, когда система находится близко к ее устойчивому состоянию. Благодаря малым размерам протока, число Рейнолдса потока - малая величина ( $R \ll 100$ ), и поток остается ламинарным в большей части области. Водовороты

ограничиваются небольшой площадью позади структуры. Величина деформации, а так же как размер и расположение водоворотов зависит от величины скорости притока.

Рисунок 2 показывает скорость сетки в  $t = 0.15$  с. Границы узкой конструкции - единственные подвижные границы. Поэтому скорость сетки имеет максимальные значения вблизи конструкции.

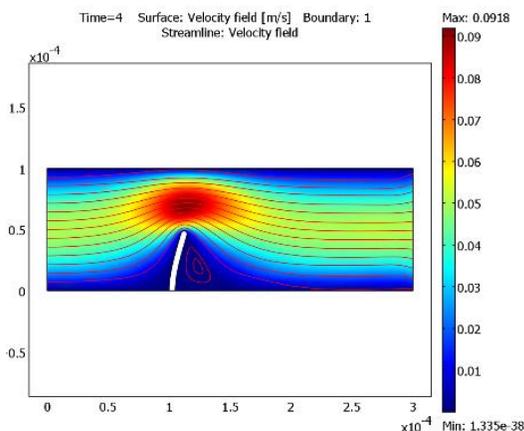


Рис. 1. Скорость потока и деформация геометрии в  $t = 4$  с. Линии указывают направление потока, и цвет указывает величину скорости потока

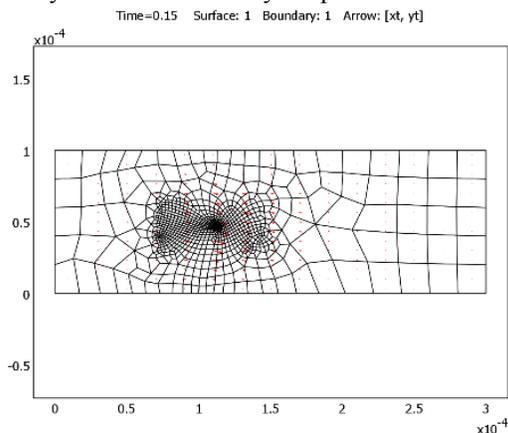


Рис. 2. Скорость сетки (стрелки), сетка и

деформация геометрии в  $t=0.15$  с

В зависимости от текущего состояния деформации – увеличивается или уменьшается или находится в стационарном состоянии - скорости сетки может быть по-разному распространена. Большую часть времени деформация следует за скоростью притока довольно близко. Всякий раз, когда скорость притока начинает уменьшаться, деформация тоже уменьшается, это можно объяснить отрицательными значениями горизонтальной скорости сетки. К концу моделирования, когда приток и структурная деформация приближаются к их стационарным значениям, скорость сетки уменьшается до нуля.

Построение физических моделей основывается на глубоких и твердых теоретических знаниях предметной области. Поэтому использование пакета мультифизического моделирования требует тщательного изучения многих математических методов, реализация которых и приводит к видимым результатам. Подход моделирования к решению инженерных проблем также имеет острую социальную необходимость, ведь это позволяет сократить сроки разработки заказов и избегать опытов, которые сложно или дорого произвести в реальной жизни.

#### Литература

1. Бирюлин Г.В. Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB: Методическое пособие. СПб: ГУИТМО, 2006. 76 с.
2. COMSOL Multiphysics Modeling Guide. – Version: October 2007, COMSOL 3.5a
3. Structural Mechanics Module User's Guide. – Version: October 2007, COMSOL 3.5a
4. Образовательный математический сайт Exponenta.ru. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.exponenta.ru/>, свободный.
5. Официальный сайт Comsol Multiphysics. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.comsol.com/>, свободный.

## HARDWARE IMPLEMENTATION OF CRC32 CHECK SUM COMPUTATION

Е.А. Мычко

Scientific Advisor: Malchukov A.N., PhD., docent  
Tomsk Polytechnic University  
Evgenrus70@mail.ru

### Introduction

In paper [1] were considered some features of a software implementation of algorithms for computing CRC32, which consisted in the required memory size and speed of computation CRC32. Unlike software, to study the characteristics of the hardware implementation is necessary to design a functional

diagram of the device checksum CRC32 using hardware description languages, and choose the FPGA, which is loaded configuration.

### The hardware implementation of algorithms

At the department of computer technology widely used educational and laboratory benches SDK-6.1 in the study of the discipline "computer circuitry."

Therefore, for the hardware implementation of algorithms for computing the checksum CRC32 selected layout SDK 6.1 [2].

Data input to the layout for the checksum CRC32 is a personal computer (PC). Data transfer from the PC to the layout is the serial interface RS-232, using the Data Terminal (term\_1b). CRC32 is calculated for the data, and it is recorded in the register. The final calculated checksum is displayed on the liquid crystal display (LCD) SDK 6.1 layout when translating slide switch number 0 (far left) at the top. Device in the diagram (Fig. 1) 4 blocks.

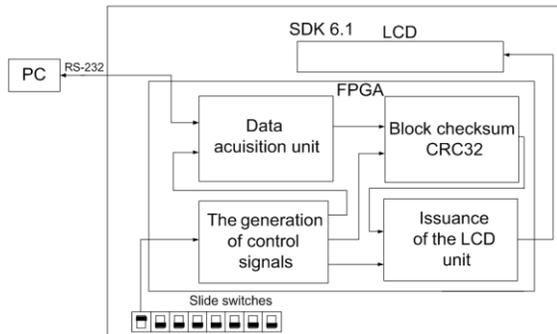


Fig. 1. The block diagram of the device checksum CRC32

In the Data Acquisition Unit is sending a sequence of bits of data from a PC via RS-232, the definition of the start and stop bits, and the control of a single signal for transmission. Block checksum CRC32 checksums for the data received from the receiving unit, and writes it to the register. The LCD output unit translates the checksum value in hexadecimal form and displays it on the screen SDK 6.1. Thus, for the calculation of CRC32 generation unit control pulses synchronizes all blocks scheme.

#### Tabular algorithm

Based on the block diagram, using the block-based approach [3], among QuartusII [4] designed a functional diagram of the CRC32 checksum using hardware description language VHDL [5].

The main unit is a functional block diagram which calculates CRC32 «CRC32\_vhdl» (Fig.2).



Fig. 2. CRC32 calculation block table algorithm

Calculation Block CRC32 (Figure 2) contains 4 inputs and 2 outputs. CLK input is used to supply power to the control clock frequency of 40 MHz.

IN\_BYTE [7..0] is the input data byte for the checksum. SEND\_RECEIVE control signal is set with slide switch that allows you to set the mode of calculation of CRC or fetch on the LCD. At zero signal SEND\_RECEIVE (down position) switch is receiving data byte followed by the checksum and writes it to the register. At one level, the signal SEND\_RECEIVE (top position) switch calculated checksum is output CRC32 [31 .. 0] to issue it on the LCD SDK 6.1. CALC is input to receive the signal from the CRC calculation unit «main\_vhdl» for the received bytes. SEND output signal is used to control the conversion block checksum character representation in hexadecimal.

#### Matrix Algorithm

In paper [1] the various options matrix algorithms is described, such as single-byte, four-byte and double-byte.

The functional block diagram and calculate the CRC32 algorithm for single-byte matrix looks like, as for the table algorithm. The differences are only in the description of the unit for calculating CRC32 language VHDL [5].

Multi-byte algorithm is a modification of a single-byte matrix algorithm. For the calculation of CRC32 to generate data to 2 bytes, and send them to a block checksum. Accordingly, the unit of calculation CRC32 for hardware implementation will differ visually (Fig. 3) and on the functional description.

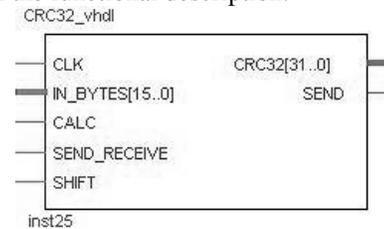


Fig. 3. Block matrix double-byte CRC32 calculation algorithm

This unit has a data input hexadecimal IN\_BYTES [15 .. 0], and in contrast to the above blocks for a table and a matrix-byte algorithm has an additional input SHIFT, which is used to set a single-byte mode (at one level, signal) or double-byte (at zero) calculating CRC32. This is due to the fact that the amount of data, in bytes, is not always a multiple of 2, so for the remaining bytes to use single-byte calculation scheme.

In the software implementation, feature four-byte matrix algorithm is that the shift of the data was carried out in blocks of 4 bytes. Therefore, a functional diagram for the hardware implementation will differ from the previously described algorithms. Change is that of the serial data port RS-232 to generate the data blocks of 4 bytes, which will be calculated checksum. Thus, the functional scheme was designed implements CRC32 calculated by the algorithm.

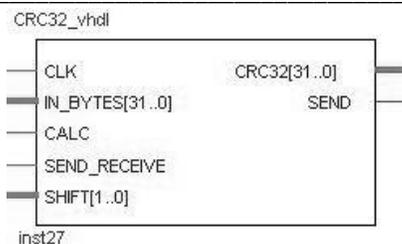


Fig. 4. A four-block CRC32 calculation matrix algorithm

The block (Figure 4) has 5 inputs and 2 outputs. Input CLK, as before, is used to supply power to the control clock frequency of 40 MHz. IN\_BYTES [31 .. 0] is an information 32-bit input for the calculation of CRC32. Two-bit input SHIFT [1 .. 0] performs the function of choosing the method of calculating CRC32 depending on the multiplicity of the data set. While on the information input received blocks of 4 bytes, this input is set to "00." However, if the information is input incomplete data block 1, 2, or 3 bytes, the input signal is formed corresponding to the two-digit calculation for single-byte ("01"), double-byte ("10") or three-byte ("11") circuit, which is necessary for CRC32 calculation in the data sets is not a multiple of four.

#### Examples

The following is an example of calculating CRC32 using SDK 6.1. Data is entered into a special terminal window (Fig. 5a), and the result is displayed on the LCD model (Fig. 5b).

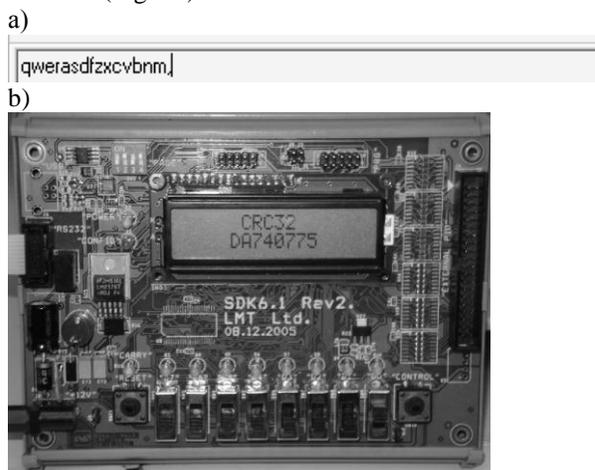


Fig. 5. Data entry window for term\_1b terminal from the PC to the layout (a), layout SDK-6.1 CRC32 checksum for the message «qwerasdfzxcvbnm,» in the display (b)

#### Conclusion

Based on algorithms checksum CRC32 used in software implementations [1], functional circuits devices have been designed for the hardware implementation of algorithms on FPGA Cyclone layout SDK-6.1. In the design of the functional diagram used block-oriented approach (BBD) with a description of the blocks in the language VHDL. The main features of the hardware implementation of these algorithms lies in the fact that for the table and matrix-byte CRC calculation algorithm blocks is identical. For a two-byte and four-byte block algorithms checksum contains additional input that specifies the calculation mode and bit data input is increased. These hardware configurations, using the obtained with implemented algorithms calculate the CRC can monitor the integrity of data in transit over the serial port.

#### References

1. Mytsko EA Malchukov AN Research software implementations table and matrix checksum CRC32 [electronic resource] // Journal of Science of Siberia. Series: Information technology and management systems. - 2011 - №. 1 - С. 273-278. - URL: <http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4> (date accessed 06/08/12)
2. Training laboratory bench SDK-6.1 [electronic resource] // Embedded systems. - URL: <http://embedded.ifmo.ru/index.php/support/sdk-61> (date accessed: 06/08/2012).
3. VV Eremin, AN Malchukov On the application of the block-oriented approach to the development of FPGA devices [electronic resource] // Journal of Science of Siberia. Series: Information technology and management systems. - 2011 - №. 1 - С. 379-381. - URL: <http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4> (date accessed 08/06/12)
4. System design Quartus II [electronic resource] // GAMMA. URL: <http://www.icgamma.ru/linecard/altera/kits/quartus2/> (date accessed: 06/08/2012)
5. Bibilo PN Basics VHDL. - 3rd ed., Ext. - M.: Publishing LCI. 2007. - 328 p.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ НЕЙТРОННОГО ПОТОКА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ В ПАКЕТЕ COMSOL MULTIPHYSICS

Нгуен Ван Нган, Огородников А.С.

Томский политехнический университет  
[daibangxanh23706@gmail.com](mailto:daibangxanh23706@gmail.com)

#### Введение

В современной петрологии весьма актуальным является вопрос о происхождении наиболее

глубинных пород - продуктов кристаллизации ультраосновных и основных расплавов, являющихся выплавками, мантийных субстратов.

Для познания механизмов образования этих пород принципиально важное значение имеют данные о распределении в них редкоземельных элементов.

Для успешного решения сформулированной задачи требуется применение высокочувствительного и эффективного метода нейтронно-активационного анализа в сочетании с предварительным концентрированием и оптимальным разделением редкоземельных элементов химическими методами.

Методы нейтронно-активационного анализа ядерной геофизики с каждым годом все шире применяются на месторождениях нефти, газа и твердых полезных ископаемых для определения коллекторских свойств горных пород, контроля разработки месторождений, элементного анализа горных пород и решения других важных задач

#### Постановка задачи

В работе моделируется система обнаружения включения органической природы в среде, на основе модели основанной на многогрупповом диффузионном приближении, представлении плотности нейтронного потока в среде. Эта разработка проектируется так, чтобы было возможным определение содержания различных веществ в совершенно разных породах, на разных глубинах и при различных внешних условиях. Такой прибор востребован на практике.

Задача моделирования состоит в том, чтобы получить плотности нейтронного потока, при такой геометрии системы и начальных данных, а так же просмотреть результаты в различных поперечных сечениях объекта. Для этого необходимо рассчитать групповые сечения, коэффициенты диффузии и задать источник излучения.

Для того чтобы начать моделирование, производится запуск COMSOL Multiphysics. В результате запуска программы будет развернуто окно Навигатора моделей. После выбора соответствующей модели открывается рабочее поле, где рисуется геометрия. Полученная модель представлена на рис. 1

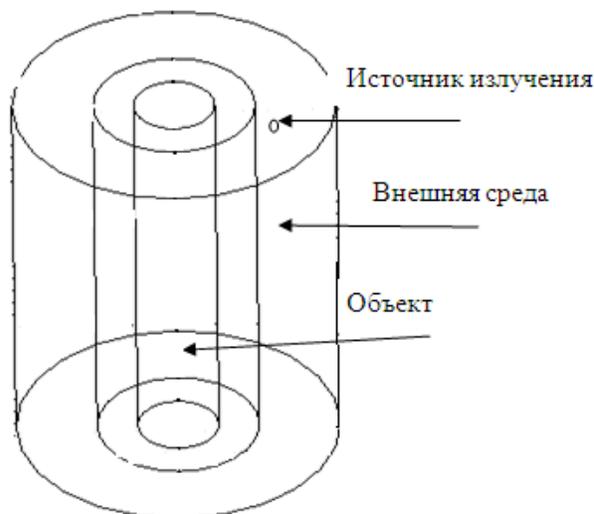


Рис. 1. Упрощенная схема детектора предметов

Модель состоит из источника излучения нейтронов, 3 цилиндров, один внешний и два внутренних с различными веществами. Источник излучения нейтронов из изотопических веществ плутониево – бериллиевый Pu-Be находится во внешней среде. Окружающая среда представляет собой в многогрупповом приближении.

Система уравнений диффузии для плотности нейтронного потока в многогрупповом приближении для окружающей среды (Среда I, II) и объекта (Среда III):

Среда I

$$D_1^I \nabla^2 \Phi_1^I - \Sigma_{a1}^I \Phi_1^I + Q \delta(x, y, z, E) = 0$$

$$D_2^I \nabla^2 \Phi_2^I - \Sigma_{a2}^I \Phi_2^I + \Sigma_{s1}^I \Phi_1^I = 0$$

$$D_3^I \nabla^2 \Phi_3^I - \Sigma_{a3}^I \Phi_3^I + \Sigma_{s9}^I \Phi_2^I = 0$$

Среда II

$$D_1^{II} \nabla^2 \Phi_1^{II} - \Sigma_{a1}^{II} \Phi_1^{II} = 0$$

$$D_2^{II} \nabla^2 \Phi_2^{II} - \Sigma_{a2}^{II} \Phi_2^{II} + \Sigma_{s1}^{II} \Phi_1^{II} = 0$$

$$D_3^{II} \nabla^2 \Phi_3^{II} - \Sigma_{a10}^{II} \Phi_3^{II} + \Sigma_{s9}^{II} \Phi_2^{II} = 0$$

Среда III

$$D_1^{III} \nabla^2 \Phi_1^{III} - \Sigma_{a1}^{III} \Phi_1^{III} = 0$$

$$D_2^{III} \nabla^2 \Phi_2^{III} - \Sigma_{a2}^{III} \Phi_2^{III} + \Sigma_{s1}^{III} \Phi_1^{III} = 0$$

$$D_3^{III} \nabla^2 \Phi_3^{III} - \Sigma_{a10}^{III} \Phi_3^{III} + \Sigma_{s9}^{III} \Phi_2^{III} = 0$$

где  $D_j^I, D_j^{II}, D_j^{III}$  - коэффициенты диффузии [см];  $\nabla^2$  - оператор Лапласа [см<sup>-2</sup>];  $\Phi_n^I, \Phi_n^{II}, \Phi_n^{III}$  - плотности нейтронного потока [  $\frac{n}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$  ];  $\Sigma_{aj}, \Sigma_{sj}$

- полное сечение поглощения, полное сечение рассеяния  $[см^{-1}]$ ;  $Q\delta(x, y, z, E)$  - источник излучения  $\left[ \frac{n}{см^3 c} \right]$ .

**Расчет сечений рассеяния и поглощения, коэффициентов диффузии:**

Поперечное сечение – это сумма сечения поглощения и сечение рассеяния:

$$\sigma_t(E) = \sigma_a(E) + \sigma_s(E);$$

Полное поперечное сечение:

$$\Sigma_t(E) = \Sigma_a(E) + \Sigma_s(E);$$

$$\Sigma_t(E) = \sigma_t(E) * N; \quad N = \frac{\rho}{m} * N_A;$$

где  $\sigma$  – сечение [барн] =  $10^{-24} см^2$ ,  $\Sigma_t(E)$  - полное поперечное сечение  $[см^{-1}]$ ,  $\Sigma_a(E)$  - полное сечение поглощения  $[см^{-1}]$ ,  $\Sigma_s(E)$  - полное сечение рассеяния  $[см^{-1}]$ ,  $N$  – число атомов в  $1 см^3$  [атом/см<sup>3</sup>],  $\rho$  – плотность вещества  $[г/см^3]$ ,  $m$  – атомный вес  $[г/моль]$ ,  $N_A$  – число Авогадро  $[моль^{-1}]$ .

Т.к. вычисление сечений рассеяния и поглощения представляется невозможным из-за «громоздкости» формул и отсутствия данных, то принято считать сечения введением весовых модельных коэффициентов  $k_i$ :

$$\Sigma_t(E) = k_1 \Sigma_a(E) + k_2 \Sigma_s(E);$$

Коэффициент диффузии рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{1}{3(\Sigma_{tr} + \Sigma_a)}; \quad \Sigma_{tr} = \Sigma_s(1 - \overline{\cos \mathcal{G}_0});$$

где  $D$  – коэффициент диффузии  $[см]$ ,  $\Sigma_{tr}$  – транспортное сечение  $[см^{-1}]$ ,  $\overline{\cos \mathcal{G}_0}$  - средний косинус угла рассеяния.

$$\text{Т.к. } \Sigma_{tr} = 0, \text{ то } D = \frac{1}{3\Sigma_a};$$

Система COMSOL Multiphysics - первый инженерный инструмент, позволяющий выполнять моделирование мультифизики на основе уравнений математической физики в интерактивной среде. С помощью этой системы решим задачи с

заданными коэффициентами и граничными условиями.

По умолчанию визуализация производится в виде поверхности

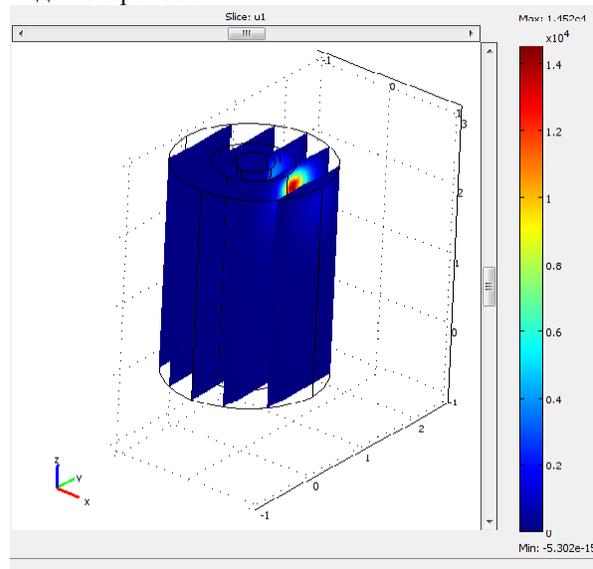


Рис. 2. Распределение плотности нейтронного потока

Созданная имитационная модель в последующем будет использоваться для проектирования детектора предметов органического происхождения.

Проведенное моделирование показывает, необходимость точных вычислений всех коэффициентов системы, усложнения модели и приведения ее к виду реальных установок.

#### Литература

1. Бекурц К., Виртц К. Нейтронная физика. - М.: Атомиздат, 1968. – 456 с
2. Кожевников Д.А. Нейтронные характеристики горных пород и их использование в нефтегазопромысловый геологии. - М.: Издательство «Недра», 1974. – 184 с
3. Дональд Дж. Юз. Нейтронные эффективные сечения. — М.: Издательство иностранной литературы, 1959. — 260 с
4. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392с
5. COMSOL Multiphysics User's Guide
6. Материалы сайта <http://www.comsol.com/>

## РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ В ЖИЗНИ И БЫТУ

Коренева К.А., Николаева Е.И.

Руководители: Семёнова Т. С., Лупенко М. М.

Государственное образовательное учреждение среднего профессионального образования Кемеровский  
Горнотехнический техникум.

E-mail: katja-nikolaeva67@mail.ru

**Цель работы:** исследование повседневных проблем связанных с доставкой – сбытом продукции с помощью математических моделей.

Математическая модель — это приближенное описание какого-либо класса явлений или объектов реального мира на языке математики. Основная цель моделирования — исследовать эти объекты и предсказать результаты будущих наблюдений. Однако моделирование — это еще и метод познания окружающего мира, дающий возможность управлять им.

В прежние времена, до появления ЭВМ, ученые стремились создавать такие математические модели, которые можно было бы просчитать вручную или с помощью несложных вычислительных механизмов. Поэтому математические модели были относительно простыми. Но простая модель не всегда хорошо описывает процесс. Ошибка расчетов по такой модели может быть слишком большой и полностью обесценить результат.

Еще в XVIII-XIX веках ученые-математики начали изобретать методы решения таких математических задач, которые не удавалось решить точно, аналитически. Например, вы знаете, что квадратное уравнение всегда можно решить точно, а вот кубическое - уже не всегда. Такие методы называются **численными методами**. Они сводят решение любой задачи к последовательности арифметических операций. Но эта цепочка арифметических вычислений может быть очень длинной. И чем точнее мы хотим получить решение, тем она длиннее.

С середины XX в. в самых различных областях человеческой деятельности стали широко применять математические методы и ЭВМ. Возникли такие новые дисциплины, как «математическая экономика», «математическая химия», «математическая лингвистика» и т. д., изучающие математические модели соответствующих объектов и явлений, а также методы исследования этих моделей.

Математическое моделирование и связанный с ним компьютерный эксперимент незаменимы в тех случаях, когда натуральный эксперимент невозможен или затруднен по тем или иным причинам. Например, нельзя поставить натуральный эксперимент в истории, чтобы проверить, «что было бы, если

бы...». Невозможно проверить правильность той или иной космологической теории. В принципе возможно, но вряд ли разумно, поставить эксперимент по распространению какой-либо болезни, например чумы, или осуществить ядерный взрыв, чтобы изучить его последствия. Однако все это вполне можно сделать на компьютере, построив предварительно математические модели изучаемых явлений.

1) Построение модели. На этом этапе задается некоторый «нематематический» объект — явление природы, конструкция, экономический план, производственный процесс и т. д. При этом, как правило, четкое описание ситуации затруднено. Сначала выявляются основные особенности явления и связи между ними на качественном уровне. Затем найденные качественные зависимости формулируются на языке математики, то есть строится математическая модель. Это самая трудная стадия моделирования.

2) Решение математической задачи, к которой приводит модель. На этом этапе большое внимание уделяется разработке алгоритмов и численных методов решения задачи на ЭВМ, при помощи которых результат может быть найден с необходимой точностью и за допустимое время.

3) Интерпретация полученных следствий из математической модели. Следствия, выведенные из модели на языке математики, интерпретируются на языке, принятом в данной области.

4) Проверка адекватности модели. На этом этапе выясняется, согласуются ли результаты эксперимента с теоретическими следствиями из модели в пределах определенной точности.

5) Модификация модели. На этом этапе происходит либо усложнение модели, чтобы она была более адекватной действительности, либо ее упрощение ради достижения практически приемлемого решения.

Классифицировать модели можно по разным критериям. Например, по характеру решаемых проблем модели могут быть разделены на функциональные и структурные. В первом случае все величины, характеризующие явление или объект, выражаются количественно. При этом одни из них рассматриваются как независимые переменные, а другие — как функции от этих величин. Математическая модель обычно

представляет собой систему уравнений разного типа (дифференциальных, алгебраических и т. д.), устанавливающих количественные зависимости между рассматриваемыми величинами. Во втором случае модель характеризует структуру сложного объекта, состоящего из отдельных частей, между которыми существуют определенные связи. Как правило, эти связи не поддаются количественному измерению. Для построения таких моделей удобно использовать теорию графов. Граф — это математический объект, представляющий собой некоторое множество точек (вершин) на плоскости или в пространстве, некоторые из которых соединены линиями (ребрами).

По характеру исходных данных и результатов предсказания модели могут быть разделены на детерминистические и вероятностно-статистические. Модели первого типа дают определенные, однозначные предсказания. Модели второго типа основаны на статистической информации, а предсказания, полученные с их помощью, имеют вероятностный характер.

Проблема различных вычислений была актуальна во все времена. По мере развития общественно-экономических отношений усложнялись поставленные задачи, которые для своего решения требовали разработки новых методов вычислений. На смену простейшим арифметическим и геометрическим вычислениям пришли алгебраические и тригонометрические вычисления.

В практической части нашей работы предлагается задача по нахождению оптимального решения по доставке продукции от поставщиков к потребителям, с минимальными затратами.

**Задача:** У поставщиков «КемеровоХлеб», «Хлеб Алтай», «ЛенинскХлеб» находится соответственно 750, 850, 1000 единиц однотипной продукции, которая должна быть доставлена потребителям КемГТТ, КемТИПП, КемГППК, КемКСТ в количестве 180, 190, 200, 230 единиц соответственно.

Для решения задачи будут использованы математические методы, а также рассмотрим

варианты решения с помощью компьютерного моделирования.

#### **Заключение**

Организация современного производства требует не только наличия современных станков и оборудования, но и разработки новых технологических процессов и современных методов управления производством. Для решения каждой из поставленных задач разрабатываются математические модели, анализируя которые, удаётся найти наилучшее решение поставленной задачи. Создание математической модели - сложная и кропотливая работа, которая в современных условиях под силу коллективам разработчиков. Для создания математической модели одного и того же объекта различные коллективы могут использовать различный математический аппарат. В коллектив разработчиков математический модели привлекаются высококвалифицированные специалисты, которые, с одной стороны, хорошо знают физические процессы, протекающие при работе объекта, и, с другой стороны, глубоко и всесторонне владеют соответствующим математическим аппаратом. После создания математической модели специалистами - аналитиками за дело принимаются специалисты - программисты, которые реализуют созданную модель в виде программных кодов. Далее с математической моделью работают специалисты - практики. Целенаправленно воздействуя на модель, они изучают её поведение и подбирают оптимальный режим работы для реального объекта.

#### **Список используемой литературы:**

1. Агальцов В.П. Математические методы в программировании, М.: ИД»ФОРУМ», 2010.
2. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988.
3. Ларионов А.И., Новосёлов А.Л., Юрченко Т. И. Экономико-математические методы в планировании. – М.: Высш. Шк., 1991.
4. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975.
5. Шикин Е. В., Чхартишвили А. Г. Математические методы и модели в управлении. – М.: Дело, 2004.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ**

Станишевский Н.С., Казьмин В.П.

Томский политехнический университет

[xnekitozz@gmail.com](mailto:xnekitozz@gmail.com)

**Введение**  
Современное нефтегазодобывающее производство представляет собой совокупность

участков и цехов добычи нефти и газа. Повышение эффективности работы такого производства возможно за счет увеличения числа скважин и

рациональной организации их работы. Организация работы нефтегазодобывающего производства заключается в обеспечении контроля, управления и оптимизации взаимодействия составных процессов добычи. Данная задача в настоящее время достигается за счет использования современных средств сбора, контроля, обработки и представления управляющему персоналу необходимой информации, то есть введения в работу производства системы автоматизации оперативного контроля нефтепромысловых объектов.

Система предназначена для автоматизации процессов централизованного сбора, обработки, визуализации и хранения технологической информации на нефтепромысле, а так же ведения оперативной отчетности по замерам технологических параметров и состоянию механизированного фонда скважин цеха добычи нефти и газа (ЦДНГ).

Система обеспечивает доступ к полученной информации следующим службам цеха добычи нефти и газа:

- диспетчер ЦДНГ;
- инженерно-технологическая служба цеха.

В целях работы поднимаются вопросы контроля технологических процессов ЦДНГ по мнемосхемам на компьютере, анализа работы объектов нефтепромысла по данным предыстории, хранимой в базе данных на сервере системы.

Автоматизированная система позволяет:

- оперативно контролировать состояние технологических процессов;
- поддерживать режимы работы контролируемых объектов;
- проводить выполнение плановых заданий;
- анализировать совокупности текущих и предшествующих технологических данных;
- формировать оперативную отчетность.

Документы ЦДНГ представляют собой суточные сводки и отчёты по состоянию и функционированию объектов нефтепромысла.

Система оперативного контроля позволяет сократить эксплуатационные затраты, повысить надежность и достоверность контролируемых параметров, снизить затраты и трудоемкость в эксплуатации средств автоматизации за счет применения более надежного оборудования, сократить удельную численность обслуживающего персонала и повысить технологическую дисциплину. [1].

#### Организация функционирования системы

Функционирование автоматизированной системы оперативного контроля

нефтепромысловых объектов при ведении технологического процесса наглядно представляет структурная схема комплекса технических средств на рисунке 1.

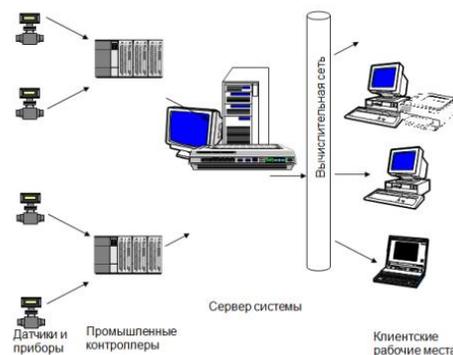


Рис. 1. Общая архитектура системы

Контроль и управление технологическим режимом оператор-технолог осуществляет с автоматизированного рабочего места [3].

Контролируемые параметры с технологических объектов, в виде аналоговых, импульсных и потенциальных цифровых сигналов, поступают на клеммники панели вторичных приборов, где коммутируются на соответствующие модули промышленных контроллеров Compact PLC фирмы V&R, соединенных через интерфейс RS 232 с радиомодемами PicoPacket.

Информация с технологических терминалов по радиоканалу передается на Сервер информационной системы, где обрабатывается в соответствии с заранее заданными алгоритмами и формирует оперативную базу данных текущих значений параметров технологического процесса

На рабочем месте оператор наблюдает за текущими значениями технологического процесса как в целом по объекту, так и конкретно по агрегату, аппарату, используя графические видеокдры технологического процесса.

С автоматизированного рабочего места оператор имеет возможность изменять технологические уставки и конфигурацию технологического оборудования, формировать и просматривать отчеты о текущих и хронологических значениях состояний, аварийных и аналоговых сигналов.

Средства удаленного доступа обеспечивают удаленных пользователей оперативной и архивной информацией, предоставляют возможность просмотра информации о динамическом изменении параметров в виде временных диаграмм, формирование и ведение отчетов по накопленным данным, авариям и событиям.

Результатом функционирования системы в аварийном режиме является сигнализация аварийных ситуаций и нарушений режима работы

технологических объектов. Контроль со стороны оператора технологического процесса и учетных операций осуществляется с помощью человеко-машинного интерфейса, который включает в себя:

- видеокдры технологических объектов,
- мнемосхемы технологических объектов.

Нарушения и отклонения, происходящие на контролируемых объектах, отображаются на экране АРМ изменением цвета индикаторов и звуковым сигналом. Звуковая и световая сигнализации включаются при поступлении сигнала от датчиков высокой загазованности и предельной температуры. Сигнализируются также отказы датчиков и исполнительных механизмов [2]. Динамическая панель визуализации контроля объектов представлена на рисунке 2.

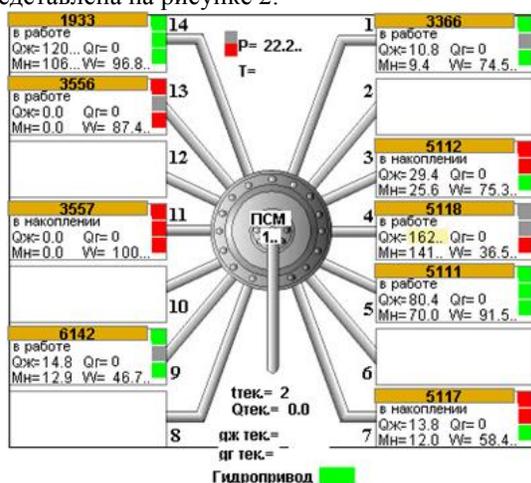


Рис. 2. Панель визуализации автоматизированной групповой замерной установки.

Панель визуализации представляет собой развернутую схему установки замера дебитов жидкости скважин с привязкой замеряемых

скважин к отводам замерной и основным показателям замерной установки. Для каждой скважины на схеме представлены основные показатели замера (дебиты жидкости, нефти и газа, обводненность, ТСС ). Информация по работе добывающих скважин сведена в таблицу показателей замера. [4].

#### Заключение

В результате эксплуатации типовых систем контроля и управления нефтепромысловых объектов был выявлен ряд недостатков, а именно высокая степень сбоев в работе системы и отсутствие динамических оперативных панелей многих кустов и скважин. Для устранения указанных недостатков предлагается усовершенствование автоматизированной системы контроля и разработка недостающих таблиц отображения параметров работы нефтегазодобывающего производства. Данная задача будет решаться с помощью программного пакета WEB Scada, достоинствами которого являются наличие интерфейса, простота разработки динамических таблиц, а также возможность их редактирования в режиме онлайн. [5].

#### Литература

1. Оперативный контроль объектов – «Нефтепромысел». Брошюра, 2006г. – 90с.
2. Панели визуализации системы «ОКО ЦИТС». 2008г – 200с.
3. Визуализация процесса ремонта НТК. 2003г. – 65с.
4. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id549837p2.html>, свободный.
5. Руководство пользователя WEB Scada. Брошюра, 2010г. – 34с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ ТАБЛИЧНОГО И МАТРИЧНОГО АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ СУММЫ CRC32

Мыцко Е.А.

Научный руководитель: Мальчуков А.Н., к.т.н., доцент  
Томский политехнический университет  
Evgenrus70@mail.ru

#### Введение

В работе [1] рассмотрена программная реализация матричного алгоритма вычисления контрольной суммы CRC32 в сравнении с табличным алгоритмом. При программной реализации матричный алгоритм требует в 8 раз меньше памяти, чем табличный, в то время, как табличный алгоритм выигрывает по скорости вычисления. Для исследования аппаратной

реализации данных алгоритмов спроектированы устройства с использованием блочно-ориентированного подхода [2] и языком описания аппаратуры VHDL [3]. В среде QuartusII сформированы конфигурации для ПЛИС Cyclone фирмы Altera [4] макета SDK-6.1.

#### Исследование аппаратной реализации алгоритмов

Для проектирования схем в среде Quartus II фирмы Altera, используя блочно-ориентированный подход, применяют два типа логики: комбинаторную и регистровую [5]. Логическая ячейка (Logic Cell) – общий термин для основных блоков микросхем, на которых реализуется проект [5]. Логическая ячейка состоит из элемента регистровой логики (триггера) и универсального четырехвходового логического элемента LUT (Look Up Table), который может быть запрограммирован на реализацию любой четырехвходовой логической функции. Именно на этих элементах реализуется вся комбинаторная логика проекта в ПЛИС. Если нужна функция больше 4-х входов, то используется два таких элемента, больше 7 входов – три ячейки. Регистр (триггер) может быть сконфигурирован как latch (защёлка), D, T, RS,JK триггер или зашунтирован для реализации только комбинаторной логики.

В среде проектирования Quartus II для каждого блока функциональной схемы приводится ряд значений, такие как Logic Cells (общее количество ячеек для элемента), LC Registers (общее количество регистров, входящих в ячейку), LUT-Only LCs (количество элементов только комбинаторной логики, входящих в ячейку), Register-Only LCs (количество элементов только регистровой логики, входящих в ячейку), LUT/Register LCs (количество элементов, использующих как комбинаторную, так и регистровую логику).

Для исследования аппаратной реализации на основе полученных данных была составлена сводная таблица занимаемых логических ячеек для блока вычисления контрольной суммы «CRC32\_vhdl» в зависимости от алгоритма (табл. 1).

Таблица 1. Количество занимаемых логических ячеек для блока «CRC32\_vhdl»

Алгоритм/ лог. ячейки	Количество занимаемых ячеек, шт				
	Logic Cells	LC Registers	LUT-Only LCs	Register-Only LCs	LUT/Register LCs
Табличный	125	65	60	0	65
MC 1 байт	125	65	60	0	65
MC 2 байта	169	65	105	0	65
MC 4 байта	280	66	214	0	66

Как видно из табл.1 значение Logic Cells состоит из суммы значений LC Registers и LUT-Only LCs, а значение LC Registers в свою очередь состоит из суммы значений Register-Only LCs и LUT/Register LCs.

По полученным данным была составлена таблица изменений количества занимаемых логических ячеек в процентах для аппаратных реализаций различных вариантов матричного алгоритма относительно табличного (табл.2).

Таблица 2. Изменение количества логических ячеек относительно табличного алгоритма

Алгоритм/ лог.ячейки	Изменение количества логических ячеек, %				
	Logic Cells	LC Registers	LUT-Only LCs	Register-Only LCs	LUT/Register LCs
MC 1 байт	0	0	0	0	0
MC 2 байта	+35	0	+73	0	0
MC 4 байта	+124	+1.5	+256	0	+1.5

Из таблицы 2 видно, что реализация матричного однобайтового алгоритма в данном случае требует столько же логических ячеек, как и для реализации табличного алгоритма.

При реализации двухбайтового матричного алгоритма общее количество логических ячеек увеличивается на 35%, а количество элементов комбинаторной логики увеличивается на 73%. Для реализации четырёхбайтового матричного алгоритма потребовалось на 256 % больше элементов комбинаторной логики. Данные изменения связаны с особенностью аппаратной реализации матричных алгоритмов. При реализации двухбайтового и четырёхбайтового алгоритмов увеличивается разрядность блока (с 8 до 16 и 32 бит соответственно), который вычисляет контрольную сумму CRC32. Также на блоке расчёта CRC32 появляется дополнительный вход для вычисления контрольной суммы в случаях, когда объём данных не кратен требуемому при реализации определённого варианта матричного алгоритма. Данные факторы приводят к увеличению количества LUT элементов, требуемых для построения блока вычисления CRC32.

Преимущество многобайтовых матричных алгоритмов заключается в уменьшении числа тактов, требуемых для расчёта CRC32. Так, если при передаче данных доступны блоки по 4 байта, то для расчёта CRC четырёхбайтовым матричным алгоритмом требуется в 4 раза меньше тактов, чем по табличному алгоритму или матричному однобайтовому алгоритму.

Помимо количества логических ячеек, занимаемых блоком вычисления CRC32, также исследованы временные задержки вычислительных блоков для каждого алгоритма.

На основе полученных данных составлена таблица временных задержек блоков вычисления CRC32 для каждого алгоритма (табл.3). При этом учитывалось, что если в системе доступно сразу по 2 байта для обработки за такт, то задержка блоков однобайтовых алгоритмов увеличивается в 2 раза. При доступных 4-х байтах для обработки за такт, задержка блока двухбайтового алгоритма увеличивается в 2 раза, а для однобайтовых в 4 раза.

Таблица 3. Временные задержки для блока вычисления CRC32

Алгоритм	Задержка при последовательной побайтной передаче, нс	Задержка при передаче по 2 байта, нс	Задержка при передаче по 4 байт, нс
Табличный	7.308	14.616	29.232
Матричный 1 байт	7.309	14.618	29.236
Матричный 2 байта	8.627	8.627	17.254
Матричный 4 байта	11.025	11.025	11.025

Таблица 4. Ускорение блока вычисления CRC матричного алгоритма относительно табличного

Алгоритм	Ускорение при последовательной побайтной передаче, %	Ускорение при передаче по 2 байта, %	Ускорение при передаче по 4 байта, %
Матричный 1 байт	0	0	0
Матричный 2 байта	-18	+69	+69
Матричный 4 байта	-50	+32	+165

Как видно из таблицы 4 блок вычисления CRC матричного однобайтового алгоритма имеет такую же задержку данных, как и для табличного алгоритма, в то время, как блок вычисления матричного четырёхбайтового алгоритма отстаёт по скорости от табличного на 50% при последовательной побайтной передаче данных. В случаях, когда при передаче за цикл доступно больше одного байта, то многобайтовые алгоритмы опережают по скорости однобайтовые.

Таким образом, картина, полученная в результате аппаратной реализации, в целом отличается от полученной в работе [1]. В программной реализации матричные алгоритмы выигрывали у табличного по требуемому объёму памяти на хранение матрицы, в то время, как в аппаратной реализации для построения блока вычисления матричных алгоритмов требуется большее количество логических ячеек, но имеется преимущество в скорости вычисления контрольной суммы, при наличии сразу нескольких байт данных для обработки.

#### Заключение

На основе алгоритмов расчёта контрольной суммы CRC32 используемых в программных реализациях [1], были спроектированы устройства для аппаратных реализаций алгоритмов на ПЛИС Cyclone. При проектировании функциональной схемы использовался блочно-ориентированный подход (BBD). Было установлено, что для однобайтовых алгоритмов (табличный и матричный) количество задействованных логических ячеек для блока вычисления CRC32 одинаково. Для двухбайтового и четырёхбайтового

алгоритмов блок вычисления CRC32 имеет существенные отличия от блоков однобайтовых алгоритмов. Для их реализации потребовалось значительно больше логических ячеек (на 35% для двухбайтового и на 124% для четырёхбайтового алгоритма).

По результатам временных задержек блоков вычисления CRC32 можно сказать, что при аппаратной реализации однобайтовые алгоритмы имеют одинаковую скорость вычисления, в то время, как у двухбайтового матричного алгоритма задержка блока вычисления на 18% больше, чем у табличного алгоритма, а четырёхбайтовый алгоритм отстаёт по скорости на 50%. Однако, при доступном блоке данных, который можно обрабатывать за такт объёмом в 4 байта, матричный четырёхбайтовый алгоритм значительно опережает по скорости (на 165%) однобайтовые алгоритмы.

#### Литература

1. Мыцко Е.А., Мальчуков А.Н. Исследование программных реализаций табличного и матричного алгоритмов вычисления контрольной суммы CRC32 [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. – 2011 – №. 1 – С. 273-278. – URL: <http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4> (дата обращения 6.08.12)
2. Еремин В.В., Мальчуков А.Н. О применении блочно-ориентированного подхода к разработке устройств на ПЛИС [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. – 2011 – №. 1 – С. 379-381. – URL: <http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4> (дата обращения 6.08.12)
3. Бибило П.Н. Основы языка VHDL. – 3-е изд., доп. – М.: Издательство ЛКИ. 2007. – 328 с.
4. EP1C3T144C8 datasheet [Электронный ресурс] // DATASHEET.SU.[2007-2012]. – URL: <http://pdf3.datasheet.su/Altera/EP1C3T144C8.pdf> (дата обращения 6.08.2012)
5. Терминология проектирования цифровых устройств на ПЛИС [Электронный ресурс]: учебное пособие / Мяльк Р.А., Шестаков В.Ю. Санкт-Петербургский Государственный университет аэрокосмического приборостроения. – 2005. – URL: [http://guap2151.narod.ru/8\\_ucos\\_Altera\\_Glossary.pdf](http://guap2151.narod.ru/8_ucos_Altera_Glossary.pdf) (дата обращения 6.08.2012)

**СЕКЦИЯ 2.  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И  
КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ**

## ЭРМИТОВЫ МУЛЬТИВЕЙВЛЕТЫ НЕЧЕТНОЙ СТЕПЕНИ

Турсунов Д.А., Колупаева С.Н., Турсунов Э.А.

Ошский государственный университет,  
Томский государственный архитектурно-строительный университет  
[dosh2012@mail.ru](mailto:dosh2012@mail.ru), [vir@mail.tomsknet.ru](mailto:vir@mail.tomsknet.ru)

### Введение

Вейвлеты обладают существенными преимуществами по сравнению с преобразованием Фурье, потому что с их помощью можно анализировать локальные кратковременные особенности сигналов, например, короткие всплески или провалы, разрывы и ступеньки и т.д. Уникальные свойства вейвлетов позволяют сконструировать базис, в котором представление данных может выражаться небольшим количеством ненулевых коэффициентов. Это свойство делает вейвлеты привлекательными для сжатия данных, в том числе видео- и аудиоинформации. Вейвлет-преобразование можно представить как один из методов первичной обработки сигнала для повышения эффективности его сжатия. Непосредственно сжатие выполняется после этой предобработки классическими методами. При этом сжатие выполняется для коэффициентов вейвлет-разложения сигнала, а его реконструкция по этим коэффициентам производится на этапе восстановления (декомпрессии). Сжатие вейвлет-разложения сигнала более эффективно, чем сжатие исходного сигнала.

Ингрид Добеши впервые построила ортонормированные вейвлеты не полиномиального типа с компактным носителем [1]. Чуи и др. построили полуортогональные сплайн-вейвлеты. В ряде работ уменьшение носителя достигалось построением эрмитовых сплайн-мультивейвлетов, у которых с каждым узлом связано более одной базисной функции. В частности, Василий Стрела построил эрмитовы мультивейвлеты нечетной степени (третьей и пятой степени), но носитель этих мультивейвлетов больше чем носитель базисных сплайнов[2]. В [3] было доказано, что полуортогональные кубические мультивейвлеты на суперкомпактном носителе, равном носителю базисного сплайна, можно построить относительно скалярного произведения  $\langle u', v' \rangle$ . В [4] построен новый тип мультивейвлетов седьмой степени, ортогональных с производными второго порядка. В данной работе мы предлагаем алгоритм и программу, составленную в системе Mathcad, который строить *эрмитовы мультивейвлеты 4m-1 степени, ортогональные с производными m-го порядка*. При этом  $m$  вейвлеты симметричны, а остальные  $m$  вейвлетов антисимметричны.

### Алгоритм построения мультивейвлетов.

**1-шаг.** Вводим базисных эрмитовых сплайнов  $4m-1$ -ой степени:

$$\varphi_i(t) = \begin{cases} \omega_i(t) & \text{при } -1 \leq t \leq 0, \\ \xi_i(t) & \text{при } 0 \leq t \leq 1, \end{cases}$$

$$\text{где } \omega_i(t) = (1-t)^{2m} \sum_{j=0}^{2m-i-1} \frac{(2m+j-1)!}{(i-1)!j!(2m-1)!} t^{i+j-1},$$

$$\xi_i(t) = (-1)^{i-1} \omega_i(-t), \quad i = \overline{1, m}.$$

Мы рассматриваем только эрмитовых сплайнов  $4m-1$  степени,  $m \in \mathbb{N}$ , так как в этом случае имеем четное количество сплайнов и вейвлетов.

**2-шаг.** Вычисляем интегралы:

$$x_{i,j} = \int_{-1}^{0.5} \phi_i^{(m)}(2t+2)\phi_j^{(m)}(t)dt,$$

$$xx_{i,j} = \int_{0.5}^1 \phi_i^{(m)}(2t-2)\phi_j^{(m)}(t)dt,$$

$$y_{i,j} = \int_{-1}^0 \phi_i^{(m)}(2t+1)\phi_j^{(m)}(t)dt,$$

$$yy_{i,j} = \int_0^1 \phi_i^{(m)}(2t-1)\phi_j^{(m)}(t)dt,$$

$$s_{i,j} = \int_{-0.5}^{0.5} \phi_i^{(m)}(2t)\phi_j^{(m)}(t)dt, \quad i, j = \overline{1, \dots, 2m}.$$

**3-шаг.** Составляем матрицу:

$$A = \begin{pmatrix} y^T & O & x^T \\ O & yy^T & xx^T \\ yy^T & y^T & s^T \end{pmatrix},$$

где  $O$  – нулевая матрица  $2m$ -го порядка,  $y^T$  – транспонированная матрица.

**4-шаг.** Вычисляем ранг матрицы  $A$ , ( $A$  матрица  $6m$ -го порядка, а ее ранг должен равняться  $4m$  этот шаг является проверочным).

**5-шаг.** Матрица  $A$  приводится к ступенчатому виду.

**6-шаг.** Из полученной матрицы удаляем последних  $2m$  нулевых строк.

**7-шаг.** Из оставшейся матрицы вырезаем последние  $2m$  столбцов.

**8-шаг.** Вырезанную матрицу умножаем на  $(-1)$  и транспонируем, эта матрица имеет размер  $4m \times 2m$ .

9-шаг. Из полученной матрицы берем первых  $2m$  столбцов, окончательная матрица размер  $2m \times 2m$ . Если эту матрицу обозначим через  $B$ , то

мультивейвлеты имеют вид:  $\Psi(t)^T = \sum_{k=1}^1 C_k \Phi(2t+k)^T$ ,

где  $C_1=B$ ,  $C_0$  – единичная матрица  $2m$ -го порядка,  $C_1=SB S^{-1}$ ,  $S=\text{diag}(1,-1,\dots,1,-1)$  – диагональная матрица  $2m$ -го порядка,  $\Phi(t)=(\varphi_1(t) \dots \varphi_{2m}(t))$ .

Используя, этот алгоритм составлена программа в системе MathCad. Получено следующие результаты:

при  $m=1$  матрица  $B$  имеет вид:

$$B = \begin{pmatrix} -1/2 & 21/4 \\ -1/12 & 3/4 \end{pmatrix},$$

$\Phi(t)=(\varphi_1(t) \varphi_2(t))$ .

Мультивейвлеты третьей степени, ортогональные с производными первого порядка:

$$\psi_1(t) = -\varphi_1(2t-1)/2 + 21\varphi_2(2t-1)/4 - \varphi_1(2t+1)/2 - 21\varphi_2(2t+1)/4 + \varphi_1(2t);$$

$$\psi_2(t) = -\varphi_1(2t-1)/12 + 3\varphi_2(2t-1)/4 + \varphi_1(2t+1)/12 + 3\varphi_2(2t+1)/4 + \varphi_2(2t).$$

при  $m=2$  матрица  $B$  имеет вид:

$$B = \begin{pmatrix} 2 & -1155 & -105 & 97545 \\ & 32 & & 16 \\ 61 & 131 & 255 & 11865 \\ 224 & 32 & 16 & 16 \\ 5 & 7 & 23 & 455 \\ 224 & 24 & 16 & 8 \\ 1 & 1 & 1 & 35 \\ 1120 & 96 & 16 & 16 \end{pmatrix}$$

$\Phi(t)=(\varphi_1(t) \varphi_2(t) \varphi_3(t) \varphi_4(t))$ .

Мультивейвлеты седьмой степени, ортогональные с производными второго порядка:

$$\psi_1(t) = 2\varphi_1(2t-1) - 1155\varphi_2(2t-1)/32 - 105\varphi_3(2t-1) + 97545\varphi_4(2t-1)/16 + \varphi_1(2t) + 2\varphi_1(2t+1) + 1155\varphi_2(2t+1)/32 - 105\varphi_3(2t+1) - 97545\varphi_4(2t+1)/16;$$

$$\psi_2(t) = 61\varphi_1(2t-1)/224 - 131\varphi_2(2t-1)/32 - 255\varphi_3(2t-1)/16 +$$

$$+ 11865\varphi_4(2t-1)/16 + \varphi_2(2t) - 61\varphi_1(2t-1)/224 - 131\varphi_2(2t-1)/32 + 255\varphi_3(2t-1)/16 + 11865\varphi_4(2t-1)/16;$$

$$\psi_3(t) = 2\varphi_1(2t-1) - 1155\varphi_2(2t-1)/32 - 105\varphi_3(2t-1) + 97545\varphi_4(2t-1)/16 + \varphi_1(2t) + 2\varphi_1(2t+1) + 1155\varphi_2(2t+1)/32 - 105\varphi_3(2t+1) - 97545\varphi_4(2t+1)/16;$$

$$\psi_4(t) = 5\varphi_1(2t-1)/224 - 7\varphi_2(2t-1)/24 - 23\varphi_3(2t-1)/16 +$$

$$+ 455\varphi_4(2t-1)/8 + \varphi_3(2t) + 5\varphi_1(2t-1)/224 + 7\varphi_2(2t-1)/24 - 23\varphi_3(2t-1)/16 - 455\varphi_4(2t-1)/8;$$

$$\psi_5(t) = \varphi_1(2t-1)/1120 - \varphi_2(2t-1)/96 - \varphi_3(2t-1)/16 + 35\varphi_4(2t-1)/16 + \varphi_4(2t) - \varphi_1(2t-1)/1120 - \varphi_2(2t-1)/96 +$$

$$+ \varphi_3(2t-1)/16 + 35\varphi_4(2t-1)/16.$$

при  $m=3$  матрица  $B$  имеет вид:

	1387	150843	86625	17238375	1943865	1143439605
	128	512	64	256	8	32
	6233	13247	37065	1562715	860265	106143345
	5632	512	256	256	32	32
	469	439	2917	26775	70245	3738735
$B =$	5632	256	256	64	32	16
	227	127	491	5343	4095	384615
	50688	1536	768	256	32	32
	1	61	3	177	39	13167
	6336	23040	128	256	8	32
	1	1	1	3	3	231
	354816	23040	2304	256	32	32

$\Phi(t)=(\varphi_1(t) \varphi_2(t) \varphi_3(t) \varphi_4(t) \varphi_5(t) \varphi_6(t))$ .

Мультивейвлеты одиннадцатой степени, ортогональные с производными третьего порядка:

$$\psi_1(t) = -1387\varphi_1(2t-1)/128 - 150843\varphi_2(2t-1)/512 + 86625\varphi_3(2t-1)/64 - 17238375\varphi_4(2t-1)/256 - 1943865 \times$$

$$\times \varphi_5(2t-1)/8 + 1143439605\varphi_6(2t-1)/32 + \varphi_1(2t) - 1387\varphi_1(2t+1)/128 - 150843\varphi_2(2t+1)/512 + 86625 \times$$

$$\times \varphi_3(2t+1)/64 + 17238375\varphi_4(2t+1)/256 - 1943865 \times \varphi_5(2t+1)/8 - 1143439605\varphi_6(2t+1)/32;$$

$$\psi_2(t) = -6233\varphi_1(2t-1)/5632 + 13247\varphi_2(2t-1)/512 + 37065\varphi_3(2t-1)/256 - 1562715\varphi_4(2t-1)/256 - 860265 \times$$

$$\times \varphi_5(2t-1)/32 + 106143345\varphi_6(2t-1)/32 + \varphi_2(2t) + 6233 \times \varphi_1(2t+1)/5632 + 13247\varphi_2(2t+1)/512 -$$

$$37065 \times \varphi_3(2t+1)/256 - 1562715\varphi_4(2t+1)/256 + 860265 \times \varphi_5(2t+1)/32 + 106143345\varphi_6(2t+1)/32;$$

$$\psi_3(t) = -469\varphi_1(2t-1)/5632 + 439\varphi_2(2t-1)/256 + 2917\varphi_3(2t-1)/256 - 26775\varphi_4(2t-1)/64 - 70245 \times$$

$$\times \varphi_5(2t-1)/32 + 3738735\varphi_6(2t-1)/16 + \varphi_3(2t) - 469 \times \varphi_1(2t+1)/5632 - 439\varphi_2(2t+1)/256 + 2917\varphi_3(2t+1)/256 +$$

$$+ 26775\varphi_4(2t+1)/64 - 70245\varphi_5(2t+1)/32 - 3738735 \times \varphi_6(2t+1)/16;$$

$$\psi_4(t) = -227\varphi_1(2t-1)/50688 + 127\varphi_2(2t-1)/1536 + 491\varphi_3(2t-1)/768 - 5343\varphi_4(2t-1)/256 - 4095 \times$$

$$\times \varphi_5(2t-1)/32 + 384615\varphi_6(2t-1)/32 + \varphi_4(2t) + 227 \times \varphi_1(2t+1)/50688 + 127\varphi_2(2t+1)/1536 - 491\varphi_3(2t+1)/768 -$$

$$- 5343\varphi_4(2t+1)/256 + 4095\varphi_5(2t+1)/32 + 384615 \times \varphi_6(2t+1)/32;$$

$$\psi_5(t) = -\varphi_1(2t-1)/6336 + 61\varphi_2(2t-1)/23040 + 3 \times \varphi_3(2t-1)/128 - 177\varphi_4(2t-1)/256 - 39 \times$$

$$\times \varphi_5(2t-1)/8 + 13167\varphi_6(2t-1)/32 + \varphi_5(2t) - \varphi_1(2t-1)/6336 -$$

$$- 61\varphi_2(2t-1)/23040 + 3\varphi_3(2t-1)/128 + 177\varphi_4(2t-1)/256 -$$

$$- 39\varphi_5(2t-1)/8 - 13167\varphi_6(2t-1)/32;$$

$$\psi_6(t) = -\varphi_1(2t-1)/354816 + \varphi_2(2t-1)/23040 + \varphi_3(2t-1)/2304 - 3\varphi_4(2t-1)/256 - 3\varphi_5(2t-1)/32 + 231\varphi_6(2t-1)/32 + \varphi_6(2t) + \varphi_1(2t-1)/354816 + \varphi_2(2t-1)/23040 -$$

$$- 3\varphi_4(2t-1)/256 + 3\varphi_5(2t-1)/32 +$$

+231φ<sub>6</sub>(2t-1)/32.

**Заключение.** Полученные результаты позволяют высказывать гипотезу о том, что для построения эрмитовых мультивейвлетов (4m-1)-й степени с суперкомпактным носителем достаточно требовать полуортогональность со скалярным произведением  $\langle u^{(m)}, v^{(m)} \rangle$ . Новые типы мультивейвлетов могут быть применены в численном анализе, в обработке и анализе сигналов и т.д.

#### Литература

1. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам: Пер. с англ. / И. Добеши – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. –

332 с.

2. Strela V. Multiwavelets: Theory and Applications. - Massachusetts Institute of Technology, 1996. - 99 p. / Submitted to the Department of Mathematics in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Mathematics.

3. Jia R.-Q. Wavelet bases of Hermite cubic splines on the interval // R.-Q.Jia, S.-T.Liu – Advances Computational Mathematics, 2006, v. 25, p. 23-39.

4. Турсунов Д.А., Шумилов Б.М., Кудуев А.Ж., Турсунов Э.А. Мультивейвлеты седьмой степени, ортогональные с производными второго порядка. Вестник ОшГУ №3, Ош 2012.

## SCENE BOUNDARY LOCALIZATION BASED ON CONTRAST REGIONS ANALYSIS

D. Kovalenko, I. Potapev

Supervisor: M.D., assistant professor, S.Axyonov  
National Research Tomsk Polytechnic University  
[axyonov.sergey@gmail.com](mailto:axyonov.sergey@gmail.com)

#### Annotation

The article presents a new approach to detect shot boundaries within movie files. This technique uses Koch-Ullman-Itti bottom-up visual attention system to extract the most contrast regions from the visual scenes. The focus attention analysis and color distribution histogram allow the detection of boundaries between scenes. The experiments with different media type analysis show high effectiveness of suggested model. This approach has also excellent prospective to optimize the computational resources in parallel-distributed manner and consequently increase its performance with image recognition techniques.

#### Key words

Shot Boundary Detection, Bottom-Up Attention System, Video Indexing, Movie Processing.

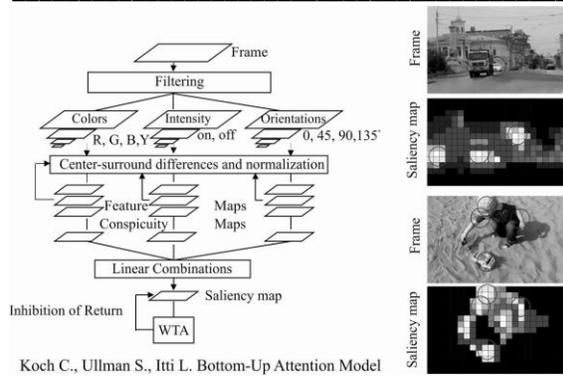
#### Introduction

The increased availability and usage of online digital video has create a need for automate video content analysis techniques. Detection of shot boundaries is an early and quite important processing step in video analysis and retrieval. With the rapid rise of interest in analysis of audio-visual material, there is a corresponding growth in the need for methods to reliably detect shot boundaries within the video sequence. There are several approaches to the problem. In many of the methods, the detection decision is based on a hard threshold of some dissimilarity measure, whose value is determined by experimentation. The performance of shot detection methods in video sequences can be improved by the use of a threshold that adapts itself to the sequence statistics. So the aim of research is to find out the best method of shot boundary detection. And the first step to achieve this

goal is accomplishment of shot boundary detection by adaptive threshold.

#### Bottom-Up Attention System

There is a lot of shot boundary detection techniques that analyze entire frames in the movie processing. They use global histograms, gradient-based methods, frame segmentation, etc [1]. Some of them work perfect but need a lot of computational resources because very often many unimportant features are analyzed. A common onlooker detects the shot boundary by disappearances of important objects and new object appearances instead of the formers [2]. In our research we use the same idea: the system detects just some regions that are the most valuable for the onlooker and tries to find them in the next movie frames. The value of such regions is computed by Itti's bottom-up attention system [3] that detects the most attended parts inside the image by estimation color, intensity and local features in some Gaussian pyramids that represent the input frame in the some scale. The figure 1 represent the attention system and the outputs that were generated with it.



Koch C., Ullman S., Itti L. Bottom-Up Attention Model  
Fig. 1. Attention System Architecture and its outputs

The top two frames belong to one scene and they have very similar contrast regions. The distances between them are small and the color distribution is very close. The bottom frames have different regions, they have other locations and other color distribution. According to the suggested method we extract contrast regions with attention systems and estimate the regions similarity with adaptive threshold method.

#### Adaptive threshold method

A shot is a sequence of frames captured by a single camera in a single continuous action. A Shot boundary is the transition between two shots. It can be abrupt or gradual. A Scene is a logical grouping of shots into a semantic unit. A Hard cut is an instantaneous transition from one scene to the next. There are no transitional frames between two shots. So it is an abrupt shot boundary.

The color of any pixel of each frame is described by a combination of red, green and blue (RGB). Each component of the RGB color model has 256 tints. Bin is a container that holds the range of similar tints in the histogram that allows you to group several similar colors and reduce the computational load. For each frame, it's possible to build only 3 tints histograms of red, green and blue. Building of histograms is made by using the *cvCalcHist()*, the OpenCV routine[4].

In figure 4 two consequent histograms are presented. The first top histograms illustrates two frames that belong to entire scene. The bottom histograms are different and show the border between two different scenes.

All further considerations are based on a comparison of the histograms which belong to different frames. Each individual histogram represents a sequence of bins with different values. It means that each bin corresponds to a certain shade of red, green or blue colors, and a value of the bin corresponding to the number of pixels which contain this shade on the frame. According to this we're able to compose a one-dimensional vector which length is equal to quantity of bins and the elements of this vector represent the values of the bins. For frames comparison it's necessary to calculate the average of correlation coefficients ( $c$ )

between the histograms of compared frames. From these factors vector  $C$  was formed.

Correlation coefficient is a number, in absolute value not greater than 1, indicating the degree of similarity of two vectors. It means that closer correlation coefficient to 1 corresponding to higher similarity degree of two vectors. To determine the correlation coefficient *cvCompareHist()* function was used.

For shot boundary it's necessary to track changes in elements of the vector  $C$  by using thresholds. If the value of element is higher than threshold, then the element is marked as the shot boundary. Thresholds are adaptive. I.e. for every individual array element threshold is unique.

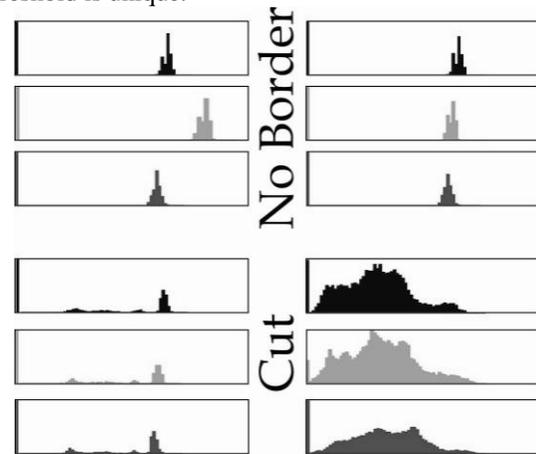


Fig. 2. Comparison of two nearest regions located at the border of consequent frames for entire scene and at the border

Adaptive thresholds calculating method is represented further. Neighborhood of  $n$  values is specified for each element. The number  $n$  is a parameter. So, for finding threshold for each element we analyze the segment of the initial vector  $C$ : ( $C_{k-n}$ ,

$C_{k-n+1}, \dots, C_k, C_{k+1}, C_{k+n}$ ), we denote this

vector  $C_k$ ,  $k$  is the number of element, for which

threshold is calculated. Threshold for the  $k$ -th element of vector  $C$  is the following expression:

$$T = \sum_{i=0}^{2n} C_{ki} \varphi_i$$

where  $T$  – threshold value,  $\varphi_i$  - weighting factor.

Weighting factor is calculated by Gaussian distribution:

$$\varphi(c) = \frac{1}{\sigma_c \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(c-M_c)^2}{2\sigma_c^2}}$$

Where  $M_c$  - mathematical expectation of vector  $C_k$ ,  $\sigma_c^2$  - variance of vector  $C_k$ . To reduce sensitivity of

the method (to avoid unnecessary operations) it could be enough to subtract a constant, given as parameter, from initial vector. For realization of this method *cvAdaptiveThreshold()* function was used.

One of the main advantages of adaptive thresholds is that fact, that this method gets thresholds dynamically, that's why it's unique for each case. And according to that second frame is marked as shot boundary.

We tested the suggested approach with different media types. All results are in the table 1.

Table.1 Accuracy of the technique with different media types

Type	Accuracy, %	False cuts, %
Movie	88,42	5,39
Sport	79,97	8,21
News	89,04	4,68
Hand-made video	91,14	4,26
HD video	87,33	5,17

So it's possible to say that the developed technique has a good prospective.

Here we can see that deference between histograms of this frame is tiny. And that's the reason why algorithm didn't mark it as shot boundary. **Conclusion**

In this research adaptive threshold method and attention system were realized. Strong and weak qualities of this method were discovered. Advantages of adaptive thresholds are great reaction on hard cut and minor need of calculation resources. Disadvantage is low reaction on fade transition. This research is a huge step to achieving our main goal to investigate different methods of shot boundary detection and find optimal methods for specific problem class.

#### References

1. Rainer Lienhart, Comparison of Automatic Shot Boundary Detection Algorithms, New York: Wiley, 1999. – p.230.
2. Koch and S. Ullman. Shifts in selective visual-attention – towards the underlying neural circuitry.
3. Human Neurobiology, №4. - 1985. – pp. 219–227.
3. Itti and C. Koch. Computational modelling of visual attention. Nature Reviews Neuroscience, №2. – 2001. - pp. 194–203.
4. Gary Bradski, Adrian Kaehler, Learning OpenCv: computer vision with the OpenCv library, Cambridge: Morgan Kaufmann, 2008 – p.345.

## USAGE OF NEURO-FUZZY TECHNIQUES FOR ENERGY EFFECTIVITY ANALYSIS OF TERRITORIES

S.V. Axyonov, A.O. Savel'ev

National Research Tomsk Polytechnic University  
[axyonov.sergey@gmail.com](mailto:axyonov.sergey@gmail.com)

#### Abstract

The article presents an approach that compares different municipalities by their energy efficiency level. We propose a clustering of the municipalities by neuro-fuzzy methods to estimate how social, economic and climatic features affect the energy use. The energy use indicators analyze allows to create a set of membership functions in each cluster to get fuzzy measures of energy efficiency.

#### Key Words

Energy efficiency; fuzzy clustering; climatic factors anaysi

#### Introduction

The problem of effective energy consumption is very actual in all countries the world. Many companies

and state institutions try to eliminate surplus resources use and losses. The problem is complex and it deals with many aspects of human activities from the initial stages of energy productions and distribution to creation of new energy saving materials and the formation of specific energy consumption human behavior. Development of complex energy effective technologies is one from the main research directions stated by president of Russia every year for the last ten years. In Russia each regional government creates its own (in addition to state politics) strategy to transform the current low-effective situation in the energy consumption into more effective. The development of local programs should be based on detailed analysis of factors that described nowadays situation of energy use

in municipalities of analyzed region. There are many various factors and conditions define the energy consumption level and it's difficult to understand the dependencies between factors and interpretation of their values. Classes' situation borders are fuzzy and statements about estimation level can be veritable just with a level confidence. Therefore, the reasonable estimation needs fuzzy values. Municipalities have various natural-climatic and social-economic features (it's the main difficulty) that have an influence on the view of membership functions. To take into account territorial features we suggest to implement municipalities clustering with Gustafson-Kessel [1] algorithm and based on data membership functions building method [2].

#### Technique

First of all to estimate the energy situation in municipalities it is necessary to select factors that describe production efficiency and consumption for various energy recourses (electricity, heat energy, hot water, gaz, etc.) in various sectors (households, state institutions, infrastructure, transport complex). These factors are energy efficiency indicators. The interpretation of indicators values allows to create conclusions about energy-saving situation in the natural language with fuzzyfication procedures.

Various municipalities features are defined by choosing "territorial factors". They are natural-climatic, geographic, social-economic and ecological factors that define unbiased necessity in energy resources and energy-saving potential. Some of them are duration and severity of cold period, income per capita, infrastructure development, industry development level, demography. Experts define territorial factors and for each indicator a set of factors that effect on its values is formed.

Each factor is defined with measurable indicators that are municipalities clustering features by selected factor. Some factors can clone each other. Before clustering we need to find correlation of selected factors. It allows to eliminate correlated data and get independent factors.

The municipalities clustering is implemented by Gustafson-Kessel algorithm that divide the space with hyperellipses (it is much more natural then hyperspheres generated known methods) and it discovers fuzzy clusters to following neuro-fuzzy model building for energy efficiency factors inference. The statistics source of Tomsk region in the work was used to cluster [3]. The number of clusters is not fixed in the algorithm and it is computed so that the distance from each center of cluster is less fixed, expert defined value.

Fuzzy energy efficiency level measure based on indicator values is defined according to municipality type detected in the clustering process. Each indicator described specific energy type in the specific sphere

gets a linguistic variable that reflects the energy efficiency level (e.g. low, normal or high). Membership functions for term are specified on the indicator values set. Each cluster has its own set of membership functions. To initialize the set of membership functions it is better to use uniform cover and algorithm based on extreme values of dataset.

The next important direction of research is a heat energy share to municipal product estimation. Here we also clustered districts based on current consumption, municipal product, losses and energy market prices. This analysis shows the connection between energy losses, climatic factors and economics.

#### Losses Clustering

To archive more adequate outcomes we solved to perform longitude analysis. It's known the clustering procedure works much better if there are more points to cluster then otherwise. From [3] datasets we got info about the heat energy price, municipal product, energy consumption and losses in 2007, 2008, 2009, 2010. There are some empty cells in the datasets. We also split all municipalities according their economics base. There are: northern oil districts, central forest economics municipalities and southern agricultural, forest districts. The last one includes two cities: Tomsk and Seversk. The number of fuzzy regions wasn't specified and here the algorithm for automatic search the number of clusters [4] was used.

#### Climatic factor analysis

We would like to show an example of suggested method implementation for heat energy consumption efficiency estimation task in households of Tomsk municipalities.

The "heat energy specific consumption per 1 sq. m. of total household square", Giga-calorie/m<sup>2</sup> factor. The main "territorial" factor that affects the indicator value is duration and severity of cold period. The factor can be described with the following indicators:

- $x_1$  – The heating period duration, days;
- $x_2$  – Average year temperature, Celsius degree;
- $x_3$  – Degree day of the heating period, Celsius degree·days;
- $x_4$  – Average total sun radiation for the heating period, MJoule/m<sup>2</sup>;
- $x_5$  – Average temperature in the cold period, Celsius degree;
- $x_6$  – Average temperature for the heating period, Celsius degree;
- $x_7$  – Average wind power, Watt/m<sup>2</sup>.

To estimate the correlation between given indicators we use the statistic of Tomsk region municipalities for 2007 – 2010 years. In table 1 the matrix of correlation coefficient for each pair of indicators is presented.

Table 1. Correlation coefficient between given indicators

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$
$x_1$	1	0,98	0,87	0,71	0,92	0,82	0,51
$x_2$	0,98	1	0,83	0,69	0,88	0,86	0,6
$x_3$	0,87	0,83	1	0,55	0,91	0,9	0,59
$x_4$	0,71	0,69	0,55	1	0,71	0,65	0,72
$x_5$	0,92	0,88	0,91	0,71	1	0,98	0,53
$x_6$	0,82	0,86	0,9	0,65	0,98	1	0,58
$x_7$	0,51	0,6	0,59	0,72	0,53	0,58	1

Then, we perform the cluster analysis of municipalities by the “duration and severity of cold period” for three indicators:  $x_3$ ,  $x_4$ ,  $x_7$ . Consequently three clusters were detected: 1 – «severe climatic conditions», 2 – «unfavorable climatic conditions», 3 – «relatively favorable climatic conditions». According to the fuzzy clustering each municipality belongs to some clusters with defined confidence level.

#### Membership Function Building

Membership functions for fuzzy estimation of heat energy in households are built for each detected cluster. We select three terms: low, normal and high consumption in municipality households. To create these functions we take indicators values for all municipalities in the cluster with level confidence > 0,75. The interval of values can be equally split by the number of terms or use the algorithm of membership function building based on data density. Extreme points of base set are selected so that the minimum and maximum indicators value in the cluster lies at the level of confidence = 0.5 for appropriate terms.

Figure 1 illustrates the outcome of analysis. In the Tomsk region map all municipalities are painted with three colors. The first cluster regions are light grey. «Unfavorable climatic conditions» municipalities are covered with grey and the last cluster regions with the best conditions are dark. Letters at the center of municipalities mean the level of energy consumption according to the membership functions.

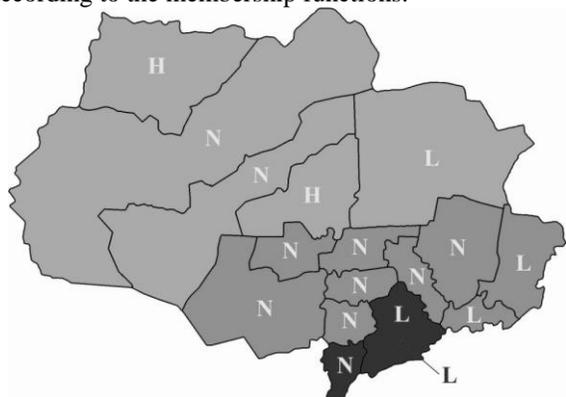


Fig. 1. Tomsk region municipalities and their energy consumption levels. H, N, L are high, normal and low levels of consumption respectively

Two regions with high heat energy consumption can be mentioned, two municipalities have normal consumption and just one region that is situated in the north can be called low energy use. The most of central municipalities belong to the normal consumption and two regions are low energy use. The last cluster includes a region with a normal consumption and two with low level use.

#### Conclusion

Suggested method that analyzes energy efficiency situation in municipalities allows to infer estimation reflected in natural language based on energy data interpretation and influence of natural-climatic, geographic, social-economic and other territorial features. Neuro-fuzzy approaches usage for municipalities clustering by territorial factors gives unbiased outcome that doesn't depend on expert opinion. Clustering results and fuzzy estimation reflection on the cartogram allows to represent the energy efficiency situation and helps to make a decision in the energy sphere.

#### References

1. Hoepfner F., 2000. Fuzzy-Cluster analysis: methods for classification, data analysis, and image recognition. JohnWiley & Sons, Inc. New York.
2. Attolico G., Itta A., Ciciirelli G., D'Oraziom T., 1999. ART-based automatic generation of membership functions for fuzzy controllers in robotics. In *Computational Intelligence: Lecture notes in computer science*. SpringerLink. Berlin.
3. Federal Service of State Statistics. Official site of Tomsk region statistics department, 2012 <http://tmsk.gks.ru/default.aspx>
4. Goujin G., Ma C., Wu J. Data Clustering: Theory, Algorithms, and Applications. ASA-SIAM Series on Statistics and Applied Probability, Philadelphia, 2007.

## МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ХЕББА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ

Абдулганеев О.В.

Научный руководитель: Марков Н.Г.  
Томский политехнический университет  
[abdulganeev@hotmail.com](mailto:abdulganeev@hotmail.com)

### Введение

Задача снижения размерности данных является весьма актуальной. Действительно, исходные данные нередко являются избыточными при решении ряда задач классификации. Обработка таких многомерных данных требует значительных компьютерных ресурсов и временных затрат. Снижение размерности пространства признаков при классификации положительно сказывается на итоговых результатах [1].

Одним из часто используемых при снижении размерности данных методов является метод главных компонент. Классическая реализация этого метода достаточно сложна, однако, есть возможность аппроксимировать используемый для этого алгоритм при помощи искусственной нейронной сети (ИНС), обучаемой по правилу Хебба [2].

В статье представлена модификация алгоритма Хебба, позволяющая осуществлять динамическую подстройку числа нейронов выходного слоя ИНС для конкретного набора данных. При этом снижение размерности данных производится динамически в процессе работы нейронной сети.

### Алгоритм Хебба

Хэбб предположил, что синаптическое соединение двух нейронов усиливается, если оба эти нейрона возбуждены. Это можно представить как усиление синапса в соответствии с корреляцией уровней возбужденных нейронов, соединяемых данным синапсом. Поэтому алгоритм обучения Хебба иногда называется также корреляционным алгоритмом.

Идея алгоритма выражается следующим равенством [2]:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + NET_i NET_j$$

где  $w_{ij}(t)$  — сила синапса от нейрона  $i$  к нейрону  $j$  в момент времени  $t$ ,  $NET_i$  — уровень возбуждения предсинаптического нейрона,  $NET_j$  — уровень возбуждения постсинаптического нейрона.

Существует тесная взаимосвязь между поведением самоорганизующихся нейронных сетей и статистическим методом анализа главных компонент. Один линейный нейрон с хеббовским правилом адаптации синаптических весов может быть преобразован в фильтр для выделения первого главного компонента входного вектора [3].

В классическом виде алгоритм Хебба позволяет искать собственные векторы, но не дает никакого механизма для оценки того, насколько размерность векторов, представляющих конкретные данные, может быть уменьшена.

Для этого необходимо найти критерий определения значимости каждого из нейронов выходного слоя, веса которых представляют соответствующие собственные вектора.

### Модифицированный алгоритм Хебба

В качестве такого критерия была выбрана дисперсия выходных сигналов нейронов последнего слоя сети. Дисперсию необходимо вычислять после каждой эпохи обучения ИНС. Схема модификации алгоритма приведена на рис. 1.

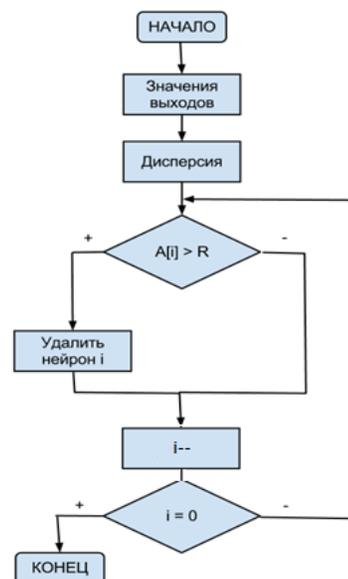


Рис. 1. Схема модификации алгоритма Хебба  
Вычисление дисперсии производится по формулам:

$$D_i = \frac{1}{N-1} \sum_k (y_{i,k} - \mu_i)^2,$$

$$\mu_i = \frac{1}{N} \sum_k y_{i,k},$$

где  $y_{i,k}$  — сигнал на выходе  $i$ -го нейрона при предъявлении  $k$ -го примера из обучающей выборки,  $N$  — количество обучающих примеров,  $\mu_i$  — среднее значение выходного сигнала на выходе  $i$ -го нейрона после предъявления всех обучающих примеров.

Для каждого выхода ИНС вычисляется характеристика  $\alpha_i = \frac{D_0}{D_i}$ , определяющая

значимость того или иного нейрона. Она показывает, насколько разброс проекций на  $i$ -й собственный вектор отличается от разброса проекций на «самый главный» собственный вектор.

Из ИНС удаляются выходные нейроны, для которых  $\alpha_i > r$ , где  $r$  – параметр, задаваемый пользователем и представляющий собой критическое значение значимости, превышение которого приводит к удалению нейрона.

В основе предложенной модификации алгоритма Хебба лежит утверждение о постоянстве дисперсий выходных сигналов нейронов последнего слоя сети. Ниже приведено доказательство этого утверждения.

*Утверждение:*

Пусть  $X = \{X_i, i = 1, \dots, N\}$ ,  $X_i \in R^n$  – множество точек данных и  $Q = \{q_i, i = 1, \dots, n\}$  – ортогональный базис в  $R^n$ . Обозначим через  $proj_{q_j}(X)$  проекцию точек данных из  $X$  на ортогональный вектор  $q_j$ , а через  $Var(proj_{q_j}(X))$  – дисперсию соответствующих проекций. Тогда сумма по всем измерениям  $\sum_{i=1, \dots, n} Var(proj_{q_j}(X))$  равна константе и не зависит от выбора  $Q$ .

*Доказательство:*

Дисперсия  $j$ -й координаты имеющегося множества данных для стандартного базиса равна:

$$Var(proj_{e_j}(X)) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (x_k^j)^2 - \frac{1}{N^2} \left( \sum_{k=1}^N x_k^j \right)^2$$

где  $e_j$  –  $j$ -й координатный вектор в стандартном базисе,  $x_k^j$  –  $j$ -я координата  $k$ -й точки данных.

Суммируя по всем координатам, получим:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n Var(proj_{e_j}(X)) &= \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^N \frac{(x_k^j)^2}{N} - \sum_{j=1}^n \sum_{k,l=1}^N \frac{x_k^j x_l^j}{N^2} \\ &= \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k^T X_k - \frac{1}{N^2} \sum_{k,l=1}^N X_k^T X_l \end{aligned}$$

Если  $Y_k$  – вектор, в который переходит  $X_k$  при замене базиса  $Q$ , то  $X_k = Q Y_k$  и:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n Var(proj_{e_j}(X)) &= \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Y_k^T Q^T Q Y_k \\ &\quad - \frac{1}{N^2} \sum_{k,l=1}^N Y_k^T Q^T Q Y_l \\ &= Var(proj_{q_j}(X)) \end{aligned}$$

что и доказывает утверждение.

При исследованиях эффективности модификации алгоритма Хебба были использованы данные тестового набора Proben 1 для задачи классификации[4].

#### Исследование эффективности модифицированного алгоритма Хебба

Классификация производилась при помощи другой нейронной сети, обучаемой классическим алгоритмом обратного распространения. Часть полученных результатов приведена в таблице 1. В левом столбце представлены названия задач из набора Proben 1. В скобках под названиями указана исходная размерность векторов данных в этих задачах. Жирным шрифтом выделена итоговая ошибка классификации с использованием предобработки данных по модифицированному алгоритму Хебба, а в скобках под ней – новая размерность. Т.к. все значения усреднялись по 100 запускам, а размерность могла меняться, то эти цифры дробные. Крайний столбец справа представляет собой ошибку классификации без использования предобработки данных. Курсивом под каждым результатом выделена ошибка поиска собственных векторов.

Таблица 1. Результаты исследования модифицированного алгоритма

Задача	Значение параметра $r$					Ошибка без предобработки
	10	15	20	30	50	
Cancer (9)	<b>2,22</b> (1) <i>0,42</i>	<b>2,13</b> (1) <i>0,43</i>	<b>2,06</b> (2,1) <i>2,81</i>	<b>1,26</b> (4,4) <i>2,34</i>	<b>2,98</b> (8,4) <i>2,68</i>	1,60
Card (51)	<b>27,15</b> (2) <i>1,34</i>	<b>18,37</b> (3) <i>1,08</i>	<b>16,7</b> (3,7) <i>1,08</i>	<b>15,7</b> (5,6) <i>2,54</i>	<b>17,1</b> (7,1) <i>2,47</i>	19,53
Diabetes (8)	<b>26,14</b> (1) <i>0,09</i>	<b>25,9</b> (1,8) <i>0,09</i>	<b>25,89</b> (2) <i>0,09</i>	<b>25,7</b> (3,8) <i>30,15</i>	<b>28,2</b> (7,8) <i>22,51</i>	23,02

#### Заключение

Как видно из таблицы 1, модифицированный алгоритм Хебба позволяет эффективно снизить размерность пространства признаков. При этом итоговая ошибка классификации остается на

прежнем уровне или даже уменьшается в сравнение с ошибкой классификации необработанных модифицированным алгоритмом Хебба данных. Отметим, что такое существенное снижение размерности крайне положительно сказывается также и на скорости самого процесса классификации.

#### Литература

1. MachineLearning.Ru [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <http://www.machinelearning.ru/>, свободный

2. Hebb, D. O. Organization of behavior.- New York: Wiley. 1949.-335 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс.- М.: Вильямс. 2006.-1104 с.
4. Prechelt L. PROBEN1 - a set of neural network benchmark problems and benchmarking rules [Электронный документ]. Fakultat fur InformatikUniversitat Karlsruhe. 1994.-38 с.

## COMMON ROLE OF THE DISCRETE-EVENT SIMULATION

R.A. Bednarskiy

Tomsk Polytechnic University  
[petterson@rambler.ru](mailto:petterson@rambler.ru)

### Introduction

When we are talking about a discrete-event simulation, we mean the kind of simulation. In discrete-event simulation system performance is represented as a chronological sequence of events. The event takes place at a certain time and that means change in the state of our system. In addition to the variables and logic system includes components such as: clock, event list, a random number generator, statistics, and termination condition.

Clock is the main component of the system, which synchronizes changes of the system clock. What about the list of events, the single streamed simulation systems is based on instantaneous events has only one current event. While multithreaded modeling systems and simulation systems that supports interval event can has several ongoing events.

In both cases, there are serious problems with synchronization between current events. Discrete-event models are divided into deterministic and stochastic, depending on how events are generated and main characteristics of queues: the time of the events, the length of service, the number of customers coming into the queue at a time. Stochastic discrete-event models differ from the Monte Carlo model availability hours. Key statistics that are collected in systems of discrete-event simulation: the average employment (availability) of resources, the average number of customers in the queue, the average waiting time in the queue. Termination conditions may be: the emergence of a specific event (eg, to achieve a 10-minute waiting time in the queue), the passage of a specified number of clock cycles of system modeling.

Systems of discrete-event simulation is most often a problem-oriented programming languages and libraries for high-level languages. The most famous: Arena, AnyLogic, SIMSCRIPT, SLAM, GPSS and others.

Consider the role of discrete-event simulation on the example with free parking fifteen minute stay.

The first question that would like to get an answer: whether, with a deterioration in the level of service will continue to grow revenue? To answer on this question, a series of numerical experiments has been done with different numbers of incoming cars for an hour (you can call it a load testing). Cars came in an hour "parties" every 15 minutes. As a result, the following graph of the mean residence time in the car on the traffic:



Fig. 1.

The level of service we mean the time "from gate to gate", is the same that average time cars spend on the territory, although it would be correctly if we sum up the time spent in the queue for entry and exit. The graph shows that the observed effect of sharp increase in my time waiting in line, really, is when the average residence time is equal to 15 minutes, and half of the drivers out of the car starts to pay. Obviously, the intensity of this effect can be worsened, when the number of working machines are reduced and the wait time is increased.

What happens to the proceeds? The best indicator to the situation is the percentage of cars that has fallen in the 15-minute free passage of all the logged traffic. Graph of the number of paid entries was written below.

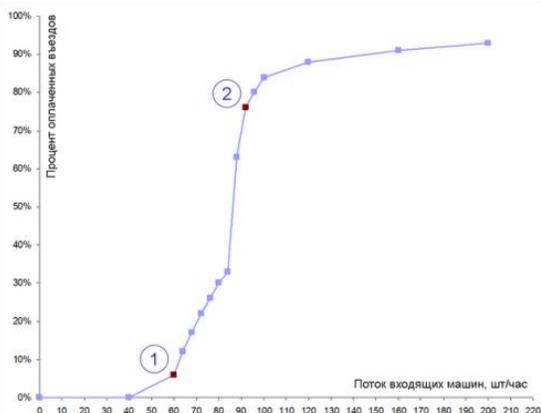


Fig. 2.

Our theory is confirmed. The graph shows that the low throughput is good for managers of this parking.

**The couple of words about method which was used.** In the above example we have used a simple idealized model, the development of which took a couple of hours (description of the algorithm of the car came, barriers and automatic payment).

Despite its simplicity, this model allowed us to give an answer (qualitative) to the questions. These simulation models are more complex processes, such as: working storage terminal, factory, supermarkets, etc. take weeks and months of design, data collection and calibration, although the principles are the same. Traditionally, a lot of time is spent on process visualization. In some cases, visualization of operations provides additional information about what is happening, but hardly more than the basic mathematical parameters that can be derived from the discrete-event models: load individual resources, system performance, customer waiting time in queues at each server, total time of customer service.

Simulation models can be used not only to analyze the current situation and scenario analysis of possible areas for development, but also to find the optimal parameters of logistic systems.

The last method is called optimization "black box." Its essence is simple: the program optimizer generates a

number of scenarios, giving to the input the "black box", i.e. simulation model, the control parameters (in this case, "free range", the number of gates, the number of automatic payment).

Simulation model "plays" every scenario and at the output provides the optimizer results of their work. The optimizer analyzes results in terms of a function of optimization. Further, combining the best scenarios which were selected, the optimizer tries to find a combination of control parameters at which the system will work well. It should be noted that the method of the "black box" is resource-intensive, not always bring expected results, so it use is relatively rare.

Not worth to spend investing time and money in the development of simulation models from scratch. The best option is to use models where a overall dynamics of the logistics system is clear, a constraints on resources, collect data or assess some simulated environment (running times, the probability characteristics of processes). Only in this case the simulation model can be a real tool to support decision-making, not expensive useless toy.

#### Conclusion

So, for example, common parking systems, we showed that a discrete-event simulation helps to determine in advance results under different conditions, and helps to optimize the operation of all logistics. Of course, in this example, we have not optimized the work of parking, but we found distinct factors that prevent its stable operation and when you eliminate this factors, the work will be optimized.

#### Sources

1. Ermolovich L.L., Sivchik L.G., Tolkach G.V., Schitnikova I.V. Analysis of the economic performance of an enterprise: Study book /: Interpressservice; Экоперспектива, 2001.
2. Hemdi A. Taha. Operations Research: An Introduction. — 7<sup>th</sup> edition — M.: «Williams», 2007.
3. Research materials, obtained in period of study in Summer School of Polytechnic University of Catalonia, 2012.

## КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ И ЕЕ КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Белинская Н.С., Францина Е.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
ns\_belinskaya@sibmail.com

#### Введение

Приоритетным направлением модернизации нефтеперерабатывающей промышленности России является увеличение глубины переработки нефтяных ресурсов, а также вовлечение в

переработку тяжелых нефтепродуктов и нефтяных остатков [1].

Одним из направлений глубокой переработки нефти является производство малосернистых дизельных топлив с низкой температурой застывания путем переработки тяжелых продуктов

нефтяной промышленности – бензина висбрекинга и атмосферного газойля.

Учитывая особые требования в северных регионах России к низкотемпературным характеристикам моторных топлив, задача производства низкозастывающих дизельных топлив, удовлетворяющих современным и перспективным экологическим требованиям, особенно актуальна. Несмотря на широкий выбор и разнообразие методов по улучшению низкотемпературных свойств дизельных топлив, данная проблема остается не решенной не только в России но и за рубежом [2].

Решение данной проблемы возможно осуществить методом математического моделирования. С использованием данного метода возможно создание компьютерной моделирующей системы процесса депарафинизации и его оптимизация.

Целью данной работы является математическое моделирование процесса производства дизельных топлив с целью повышения ресурсоэффективности промышленного процесса, продления срока службы катализаторов, рекомендации оптимальных условий проведения процесса, вариантов модернизации установки и технологической системы в целом.

#### Составление схемы превращений

Ключевым этапом моделирования является подробный термодинамический анализ химического процесса. Термодинамический анализ протекающих реакций помогает выявить необходимые условия получения целевого продукта, а также позволяет установить возможность протекания тех или иных реакций. Данный анализ возможен при наличии достаточно полной информации о термодинамических свойствах реагирующих веществ.

Таким образом, для достижения поставленной цели на текущем этапе исследований необходимо решить следующие задачи: провести термодинамический анализ реакций процесса депарафинизации, составить на его основе схему превращений углеводородов в процессе и создать кинетическую модель. Названные этапы моделирования будут рассмотрены ниже.

Сегодня, для предсказания молекулярных свойств химических систем, таких как энергия, структура, спектральные характеристики, термодинамические параметры, параметры ядерного магнитного резонанса и т. д., широко используются методы молекулярно-механического и квантово-химического (полуэмпирического и неэмпирического) моделирования. Они не имеют жесткой привязки к узким классам органических соединений и способны учесть множество эффектов, таких как колебательные и вращательные

движения атомов, конфигурацию электронных орбиталей, эффекты сопряжения двойных связей и др. Данные методы позволяют на основе расчетов электронной структуры молекул, путем решения уравнения Шредингера, предсказать различные молекулярные свойства химических систем: энергию, структуру, спектральные характеристики, термодинамические параметры и др.

На основании имеющихся теоретических представлений о химизме и механизме процесса гидродепарафинизации смеси бензина висбрекинга и атмосферного газойля, а также анализа технологических потоков на установке был составлен полный список возможных реакций.

Для оценки термодинамических свойств углеводородов, участвующих в процессе депарафинизации были применены квантово-химические методы расчета. Расчеты проводились с использованием программных продуктов Gaussian и GaussView. В качестве метода расчета выбран метод DFT – Density Functional Theory. Теоретическим приближением являлась модель B3LYP, теория функционала плотности Беке (B3), использующая электронную корреляцию Ли Янга и Пара (LYP). Базис 3-21G [3].

Вероятность протекания реакций при заданных условиях процесса (температура 345 – 405 °С и 8,19 – 8,61 МПа) была оценена по значению изобарно-изотермического потенциала  $\Delta G$ .

По результатам проведенного термодинамического анализа химических превращений в ходе процесса гидродепарафинизации была составлена формализованная схема превращений, представленная на рисунке 1.

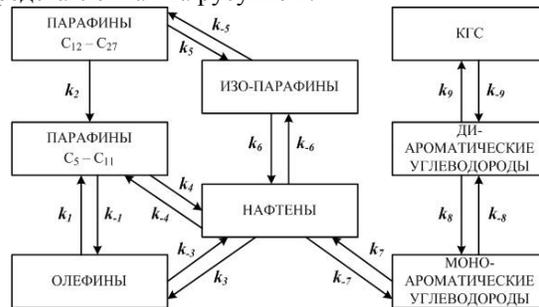


Рис. 1. Схема превращений в процессе гидродепарафинизации

Основными реакциями процесса депарафинизации являются: гидрирование олефинов в парафины, гидрокрекинг парафинов  $C_{12} - C_{27}$ , гидрокрекинг нафтенов, изомеризация парафинов  $C_{12} - C_{27}$ , циклизация изо-парафинов, гидрирование моноароматических углеводородов, гидрирование диароматических углеводородов, образование коксогенных структур (КГС).

#### Кинетическая модель

На основе составленной схемы превращений была разработана кинетическая модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_{\text{олефины}}}{d\tau} = -W_1 + W_{-1} + W_3 - W_{-3} \\ \frac{dC_{\text{парафины } C_5-C_{11}}}{d\tau} = W_1 - W_{-1} + W_2 - W_4 + W_{-4} \\ \frac{dC_{\text{парафины } C_{12}-C_{27}}}{d\tau} = -W_2 - W_5 + W_{-5} \\ \frac{dC_{\text{изо-парафины}}}{d\tau} = W_5 - W_{-5} - W_6 + W_{-6} \\ \frac{dC_{\text{нафтены}}}{d\tau} = -W_3 + W_{-3} + W_4 - W_{-4} + W_6 - W_{-6} + W_7 - W_{-7} \\ \frac{dC_{\text{моно-аром}}}{d\tau} = -W_7 + W_{-7} + W_8 - W_{-8} \\ \frac{dC_{\text{ди-аром}}}{d\tau} = -W_8 + W_{-8} - W_9 + W_{-9} \\ \frac{dC_{\text{КГС}}}{d\tau} = W_9 - W_{-9} \\ \frac{dC_{\text{водород}}}{d\tau} = -W_1 + W_{-1} - W_2 - W_3 + W_{-3} - W_4 + W_{-4} + W_6 - \\ - W_{-6} - W_7 + W_{-7} - W_8 + W_{-8} - W_9 + W_{-9} \end{array} \right.$$

Начальные условия: при  $\tau = 0$ ,  $C_i(0) = C_{i,0}$ ,

Скорости реакций (прямых и обратных), входящие в кинетическую модель были записаны согласно закону действующих масс:

- 1) Гидрирование олефинов в парафины  
 $W_1 = k_1 \cdot C_{\text{олефины}} \cdot C_{\text{водород}}$   
 $W_{-1} = k_{-1} \cdot C_{\text{парафины } C_5-C_{11}}$
- 2) Гидрокрекинг парафинов  $C_{12} - C_{27}$   
 $W_2 = k_2 \cdot C_{\text{парафины } C_{11}-C_{27}} \cdot C_{\text{водород}}$
- 3) Гидрокрекинг нафтенов с образованием олефинов  
 $W_3 = k_3 \cdot C_{\text{нафтены}} \cdot C_{\text{водород}}$   
 $W_{-3} = k_{-3} \cdot C_{\text{олефины}} \cdot C_{\text{парафины } C_5-C_{11}}$
- 4) Гидрокрекинг нафтенов с образованием парафинов  $C_{12} - C_{27}$   
 $W_4 = k_4 \cdot C_{\text{нафтены}} \cdot C_{\text{водород}}$   
 $W_{-4} = k_{-4} \cdot C_{\text{олефины}} \cdot C_{\text{парафины } C_5-C_{11}}$
- 5) Изомеризация парафинов  $C_{12} - C_{27}$   
 $W_5 = k_5 \cdot C_{\text{парафины } C_{12}-C_{27}}$ ;  $W_{-5} = k_{-5} \cdot C_{\text{изо-парафины}}$
- 6) Циклизация изо-парафинов в нафтены  
 $W_6 = k_6 \cdot C_{\text{изо-парафины}}$ ;  $W_{-6} = k_{-6} \cdot C_{\text{нафтены}} \cdot C_{\text{водород}}$
- 7) Гидрирование моно-ароматических углеводородов  
 $W_7 = k_7 \cdot C_{\text{моно-аром}} \cdot C_{\text{водород}}$ ;  $W_{-7} = k_{-7} \cdot C_{\text{нафтены}}$

8) Гидрирование ди-ароматических углеводородов

$$W_8 = k_8 \cdot C_{\text{ди-аром}} \cdot C_{\text{водород}}; W_{-8} = k_{-8} \cdot C_{\text{моно-аром}}$$

9) Образование коксогенных структур (КГС)

$$W_9 = k_9 \cdot C_{\text{ди-аром}} \cdot C_{\text{водород}}; W_{-9} = k_{-9} \cdot C_{\text{КГС}}$$

Компьютерная реализация кинетической модели осуществлена с применением языка программирования Pascal с использованием алгоритма метода Рунге-Кутты для решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Подбор кинетических параметров осуществляется путем решения обратной кинетической задачи.

### Заключение

Составление схемы превращений и разработка на ее основе кинетической модели процесса является важнейшим этапом в создании математической модели, так как в ходе решения обратной кинетической задачи с применением программно реализованной кинетической модели определяются кинетические параметры, которые будут заложены в математическую модель, учитывающую физико-химические закономерности протекания процесса, позволяющей проводить прогнозные расчеты работы установки и рекомендовать оптимальные условия процесса с целью повышения ресурсоэффективности производства малосернистых низкосазывающих дизельных топлив.

### Литература

1. Белинская Н.С. Проблемы модернизации нефтяной отрасли России. Экономика России в XXI веке: сборник научных трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции «Фундаментальные проблемы модернизации экономики России» / под ред. Г.А. Барышевой, Л.М. Борисовой, Е.Н. Соболевой; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.-с. 123
2. Салихов А.И. - Каталитическая гидропарафинизация дизельного топлива и бензина на цеолитсодержащих катализаторах – Уфа, 2003. – 156 с.
3. Полещук О.Х., Кижнер Д.М. Химические исследования методами расчета электронной структуры молекул. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006.– 146с.

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ 3D-ОГТ

Бикинеева А.М.

Томский политехнический университет  
astrein.n@gmail.com

### Введение

Обработка геофизических данных является необходимым этапом проведения сейсморазведки. В современной сейсморазведке наиболее распространенным является метод общей глубинной точки (МОГТ). Он был предложен в 1950 г. Уильямом Гарри Мейном в качестве эффективного средства ослабления многократных отраженных волн, которые являются очень сильными и трудно устранимыми помехами. Сущность МОГТ составляет идея многократного прослеживания одних и тех же отраженных от границы волн при различном взаимном положении источников и приемников упругих колебаний. При проведении сейсморазведочных работ в районах со сложными глубинными сейсмогеологическими условиями для получения объективных и достоверных сведений о геологическом строении изучаемой среды необходимо учитывать трехмерность структуры волнового поля [1].

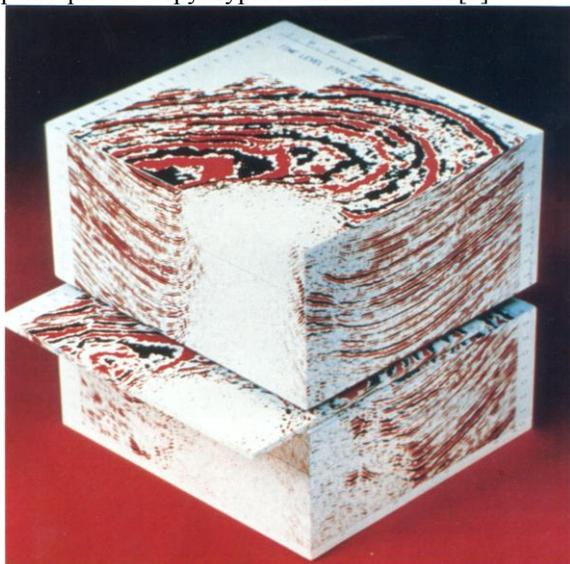


Рис. 1. Куб сейсмической информации

В районах со сложными глубинными условиями при профильном варианте изучения среды сейсморазведкой 2D продольное профилирование нередко трудно однозначно опознать волны, у которых направление распространения не лежит в вертикальной плоскости, содержащей линию профиля. Указанное обстоятельство не позволяет, не только правильно оконтурить, но иногда даже и просто обнаружить эти сложно построенные объекты.

В сейсморазведке 3D, в отличие от работ по

технологии 2D, плотность общих глубинных точек на единицу площади исследований резко возрастает, что дает возможность формировать куб сейсмической информации. Наиболее полно достоинства сейсморазведки 3D могут быть реализованы при полнократной схеме выполнения съемки, т.е. съемки, в которой источники и приемники распределены на местности по равномерной двумерной сетке с фиксированными расстояниями между источниками и приемниками [2].

В настоящий момент существуют программные комплексы, позволяющие решать большой спектр задач обработки и интерпретации данных 3D-разведки. Широко распространены такие системы обработки данных, как «Vimseis2D/3D», «Meikon2D/3D», «MicroSiesmic», «RadExPro» и другие. Их функционал нацелен прежде всего на обработку данных. Визуализация куба сейсмической информации в некоторых случаях не предусмотрена. Кроме того, существуют пользователи, которым не требуется производить обработку данных, поскольку им необходима только визуализация результатов для анализа полученных разведочных данных. Программных продуктов, предусматривающих только визуализацию 3D-данных, в настоящий момент на рынке не существует, а значит, следует рассмотреть перспективность разработки программного комплекса визуализации 3D-данных.

### Форматы данных

Сейсморазведочные работы 3D на начальном этапе своего развития проводились по очень упрощенным системам наблюдения, так как все сейсмостанции того времени были линейными, а потому реализовать сложные регулярные системы наблюдения с такой аппаратурой было невозможно. Ситуация изменилась с появлением телеметрической аппаратуры, для которой ограничения на число каналов регистрации сняты [1]. Для регистрации наблюдений используются различные форматы данных. Одним из них является SPS-формат, впервые опубликованный компанией Shell в 1990 году и адаптированный к формату SEG Комитетом Технических стандартов в 1993 году. Принцип хранения информации в формате SPS представлен на рисунке 2 и заключается в следующем: исходные файлы содержат информацию о координатах и высотах всех пунктов (групп приемников и пунктов взрыва). Файлы с

перекрестными ссылками показывают связь между группами приемников и пунктами взрыва, т.е. исходными файлами [3, 4].



Рис. 2. Принцип хранения информации в SPS-формате

Другой формат, формат SEG-Y, был опубликован в 1975 году и отражал положение записи сейсмических данных в то время. Упрощенно принцип хранения информации в формате SEG-Y представлен на рисунке 3 и заключается в сборе в одном файле данных всех проведенных исследований таким образом, что данные одного колебания (трассы) находятся в одной записи [3, 4].

Текстовый заголовок	Электронный заголовок	Заголовок трассы	Данные трассы	Заголовок трассы	Данные трассы	...
---------------------	-----------------------	------------------	---------------	------------------	---------------	-----

Рис. 3. Принцип хранения информации в формате SEG-Y

В настоящий момент наиболее распространен именно формат SEG-Y.

#### Анализ форматов данных

Для визуализации куба сейсмической информации требуется наличие информации о геометрическом расположении трасс и статистической информации о хранимых в исходном файле данных. Рассмотренные форматы не содержат подобной информации, геометрическое расположение не указывается в полях заголовков, а располагается в разделе каждой трассы. Таким образом, становится очевидной необходимость анализа заголовков и данных трасс. Сам анализ займет достаточное количество времени. Если потребуется многократная визуализация, в проекте необходимо предусмотреть сохранение результатов

проведенного анализа. Также в связи с отсутствием ограничений на размер данных трассы и общее количество трасс, следует говорить о больших объемах данных, предоставляемых для обработки и последующей визуализации. Объемы данных некоторых 3D-наблюдений могут достигать сотен гигабайт, а в будущем, содержать до 1 терабайта информации. Из этого факта следует проблематичность обработки и визуализации файлов, связанная с огромными затратами ресурсов компьютера. Для решения этих проблем программный продукт должен максимально распараллеливать вычисления и иметь свой собственный буфер для хранения текущих данных.

#### Инструмент визуализации

Построение 3D-моделей возможно с использованием некоторых программных пакетов, таких как Autodesk 3ds Max, Gmax, библиотек OpenGL и других. Наибольший интерес представляют именно библиотеки OpenGL, поскольку они находятся в свободном доступе во всемирной сети, а также могут быть использованы при написании программ на таких языках программирования, как Java, Фортран 90, Perl, Pike, Python, Ada, Visual Basic и Pascal. Имеются также варианты привязки OpenGL для языков C++ и C# [5]. Именно привязка OpenGL к C++ стала решающим фактором в выборе инструмента для создания программного продукта, поскольку эта среда является перспективной и широко используемой.

#### Заключение

Программный продукт, решающий все проблемы, перечисленные выше, и использующий библиотеки OpenGL для построения 3D-модели, позволит ускорить визуализацию данных 3D-МОГТ и упростит анализ результатов разведки.

#### Литература

1. Резяпов Г.И. Сейсморазведка – Учебное пособие, 2011. – 246 с.
2. Бондарев В.И. Сейсморазведка МОГТ. Часть 3, Екатеринбург: УГГГА, 1996. – 242 с.
3. Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных, пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 216 с.
4. Барри К.М., Каверс Д.А., Книле С.В. SEG-Y. Рекомендуемые стандарты форматов цифровых лент, 1974. – 122 с.
5. Васильев Л.А. Графика компьютерной игры на основе OpenGL, М.: Диалог – МИФИ, 2004. – 383 с.

## ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЖЕНЩИН НА ОСНОВЕ НЕОДНОРОДНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПРОЦЕДУРЫ РАСПОЗНАВАНИЯ

Дымова А.В., Гергет О.М.

Томский политехнический университет  
dymova.arina@mail.ru

### Введение

В настоящее время, основная проблема оценки параметров состояния биосистем заключается в разнородности и фрагментарности первичных биомедицинских данных и, как следствие, ограниченности их содержательного анализа традиционными статистическими методами.

В целом, в медико-биологических исследованиях складывается достаточно противоречивая ситуация. С одной стороны, накоплены разнообразные массивы данных, отражающие всевозможные встречающиеся в клинической практике ситуации, а с другой непропорционально малое количество информации, получаемое из их анализа.

Таким образом, накапливаемые в результате исследований большие массивы медико-биологической информации представляют собой разнообразные и разнородные по источникам, методам получения и т.п. данные клинических испытаний или биологического эксперимента.

В рамках данной проблемы анализ медико-биологических данных, разработка математической модели и численных алгоритмов оценки параметров состояния биосистем представляет собой активно развивающееся направление применения методов математического моделирования и информационных технологий в биомедицинских исследованиях.[1]

Применим один из таких методов, а именно, неоднородную последовательную процедуру распознавания, для диагностика мастопатии у женщин.

Объем выборки составил 320 женщин, среди которых 103 здоровых женщины и 217 женщин, имеющих заболевание мастопатия.

Так как выборка содержит большое количество разнородных данных, на первом этапе, выявлена связь между признаками, а именно, найдены коэффициенты корреляции.

Коэффициент корреляции указывает силу связи между двумя переменными. В нашем случае между двумя показателями. Этот коэффициент, всегда обозначаемый латинской буквой R, может принимать значения между -1 и +1, причём если значение находится ближе к 1, то это означает наличие сильной связи, а если ближе к 0, то слабой. Некоторые виды коэффициентов корреляции могут быть положительными или отрицательными. В

первом случае предполагается, что мы можем определить только наличие или отсутствие связи, а во втором — также и ее направление. Если предполагается, что на значениях переменных задано отношение строгого порядка, то отрицательная корреляция — корреляция, при которой увеличение одной переменной связано с уменьшением другой. При этом коэффициент корреляции будет отрицательным. Положительная корреляция в таких условиях — это такая связь, при которой увеличение одной переменной связано с увеличением другой переменной. Возможна также ситуация отсутствия статистической взаимосвязи — например, для независимых случайных величин. [2][3]

### Неоднородная последовательная процедура распознавания

На втором этапе стояла задача отнести всю совокупность объектов к одному из непересекающихся классов здоровый или больной. Для достижения этой цели использовалась неоднородная последовательная процедура распознавания.

Для решения задач диагностики с помощью неоднородной последовательной процедуры распознавания следует сформировать 2 группы обследованных женщин: обучающая и тестовая. Для обучающей группы в ходе исследования были получены диагностические коэффициенты для каждого из возможных состояний — «болен», «здоров», используя выражение следующего вида:

$$DK = \lg \frac{P(x_{ij}/A_1)}{P(x_{ij}/A_2)} \quad (1)$$

где под состоянием A1 понимается в каждом конкретном случае наличие заболевания. Под состоянием A2 — отсутствие данного заболевания.

$x_{ij}$  (i — индекс диапазона, j- индекс признака) — значимые для диагностики заболевания независимые признаки, характеризующие состояние организма женщины.

Принятие решения о наличии или отсутствии заболевания у женщин контрольной группы осуществляется при выполнении следующего неравенства:

$$\lg \frac{\alpha}{1-\beta} < DK(x_1) + DK(x_2) + \dots + DK(x_n) < \lg \frac{1-\alpha}{\beta} \quad (2)$$

Существование нескольких состояний («болен», «здоров») предполагает наличие диагностических порогов, при достижении которых выносится решение. В неравенстве (2) пороговое значение для состояния A1 определяется как

$$DK_{пор}(A_1) = \lg \frac{1-\alpha}{\beta} \quad (3), \text{ для состояния } A_2 -$$

$$DK_{пор}(A_2) = \lg \frac{\alpha}{1-\beta} \quad (4), \text{ где } \alpha - \text{ ошибка}$$

первого рода (ошибка пропуска состояния A1 (заболевания)),  $\beta$  - ошибка второго рода (ошибочная диагностика состояния A1). Найденные диагностические коэффициенты для всех показателей обучающей базы данных представлены в таблице 1.[4]

Таблица 1. Диагностические коэффициенты

Признак	Диапазон признака	ДК
боль при осмотре	0	0,23989325
	1	-0,0541879
	2	0,63986625
выделение из соска	0	0,35799256
	1	-0,8144644
	3	0,04577327
заболевание матери	0	-0,6254082
	1	0,10116623
П_ССС	0	-0,0611367
	1	0,01483936
П_ЖКТ	0	0,03577327
	1	-0,027713
П_ДС	0	-0,0891655
	1	0,0180445
П_МочС	0	-0,2274682
	1	0,05696257
П_крови	0	-0,3621667
	1	0,06059685
П_ЦНС	0	-0,2274682
	1	0,05696257

Для оценки качества распознавания с помощью неоднородной последовательной процедуры распознавания, были проверены все женщины из

тестовой выборки. Объем выборки составляет 110 женщин. Качество распознавания с помощью данного подхода составило 87%.

Таким образом, результаты работы дают возможность определить, больна женщина мастопатией или здорова. Но помимо этого возникает вопрос, какой именно формой мастопатии больна женщина: фиброзной, кистозной, железистой или смешанной. Для ответа на этот вопрос, в дальнейшем, в моем исследовании я буду использовать расстояние Махаланобиса. Его использование в биомедицинских задачах является наиболее эффективным, поскольку при этом естественным образом учитывается взаимозависимость признаков, характеризующих объекты, что является одним из основных, присущих биомедицинским данным.

#### Заключение

В ходе исследования выявлены закономерности между признаками у женщин больных мастопатией, а именно вычислены коэффициенты корреляции. При помощи неоднородной последовательной процедуры распознавания, получены результаты диагностики женщин, а именно, найдены диагностические коэффициенты обучающей выборки. При помощи коэффициентов проверены все женщины из тестовой выборки, в 87% случаев реальный диагноз и диагноз поставленный в ходе исследования совпали.

Неоднородная последовательная процедура распознавания имеет большое практическое значение в доказательной медицине. Процедура апробирована на реальных данных, представленных экспертами медицинского университета. Качество распознавание удовлетворяет врачей.

#### Литература

1. Фокин В.А. Модель согласования биомедицинских данных и комплекс программ для оценки параметров состояния биосистемы. Томск, 2009. – 10 с.
2. Артюхов В.Г., Пантявин А.А. Математические методы в биологии: Учебно-методическое пособие. 2007. – 208 с.
3. Калинина, В.Н. Введение в многомерный статистический анализ.: Учебное пособие– ГУУ. – М., 2010. – 69 с.
4. Гергет О.М, Кочегуров В.А. Решение актуальных медицинских задач математическими методами. Томск, ТПУ, 2002. – 20 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСНОГО УСТРОЙСТВА

Ефремова Т.А.

Балаковский институт техники технологии и управления (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина»

Efremova78@mail.ru

При разработке электрогидродинамических (ЭГД) устройств автоматики возникает проблема наиболее эффективного использования энергии управляющего сигнала и минимизации потерь энергии непосредственно в канале разряда кюветы. Разработанный промышленный образец кюветы для электрогидравлического преобразователя импульсного действия и принцип его работы описаны в [1]. Моделирование параметров устройства, а именно электрического поля в межэлектродном промежутке для различных систем электродов (игла-игла, игла-плоскость) для определения оптимальных параметров устройства описаны в [2]. В качестве недостатков при дальнейшем исследовании опытного образца можно отметить малый объем рабочей области, вследствие чего невозможность приготовления значительных объемов смеси.

В настоящее время проведена модернизация конструкции ЭГД-устройства, внешний вид его представлен на рис. 1.

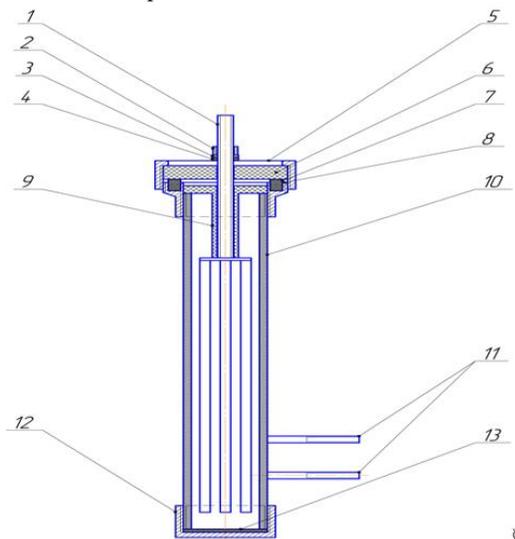


Рис. 1. Внешний вид устройства: 1) система электродов; 2) гайка М6; 3) шайба; 4) уплотнительное кольцо; 5) гайка М6; 6) крышка; 7) уплотнительное кольцо; 8) бочонок; 9) центрирующая втулка; 10) корпус; 11) электроды; 12) заглушка; 13) прокладка

В устройстве увеличен объем рабочей области до 200мл, максимальное напряжение при разряде составляет 6 кВ (обеспечивая мягкий режим разряда), используется система электродов игла-цилиндр, которые расположены горизонтально относительно друг друга и разряд происходит внутри цилиндра по всей его длине. Для моделирования электростатического поля устройства был выбран программный продукт COMSOL MULTIPHYSICS. В ходе создания моделей учитывалось распределение поля в неоднородной среде при приготовлении магнитных суспензий на водной основе. На первоначальном этапе создания модели учитывались не только геометрия самой кюветы и разрядные характеристики источника питания, но также и свойства компонент, составляющих магнитную суспензию (феррит и вода).

При моделировании электрического поля получено, что вектор напряженности электрического поля направлен в противоположные стороны относительно друг друга по разные стороны положительно заряженного электрода. Судя по линиям напряженности, электрическое поле имеет вид воронки, начинаясь от конца этого электрода и раскручиваясь в разные стороны. Электрическое поле неодинаково на разных стадиях импульса, за время переднего фронта электрического импульса поле убывает и, проходя через ноль, начинает закручиваться внутрь, т.к. вектор напряженности электрического поля направлен в обратную сторону от первоначального своего направления, то есть воронка как бы закручивается. За время заднего фронта электрического импульса поле ещё раз поменяет свое направление, а затем совсем исчезнет в течении последующий остаточных полуволн затухания разряда. Распределение напряженности поля представлено на рис. 2. При изменении объемной доли феррита от 10% до 50% значение вектора напряженности электрического поля будет изменяться в пределах от  $3,98 \cdot 10^6$  до  $5,58 \cdot 10^6$  В/м.

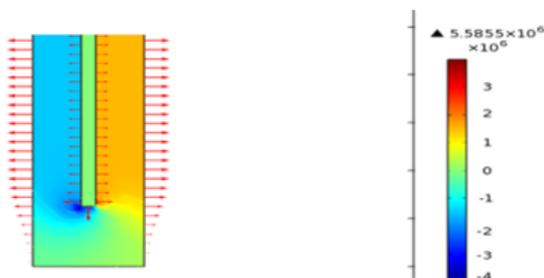


Рис. 2. Распределение вектора напряженности поля в ЭГД-устройстве

Одним из существенных факторов, сопровождающих процесс трансформации энергии, является магнитное поле разряда. Очень слабое за время всей своей предразрядной стадии, в период стадии переднего фронта оно достигает максимума, убывает до нуля в течение стадии заднего фронта и, проходя через нуль несколько раз изменяя свое направление, исчезает за время стадии последующих полуволн. Определяющее влияние на разряд оно оказывает только на стадии переднего и заднего фронтов. На рис. 3 показано распределение векторов напряженности магнитного поля, создаваемого в кювете ЭГД - устройства при смешивании жидкой и твердой фаз. При возникновении магнитного поля вектор напряженности имеет значения разного знака, по разные стороны положительно заряженного электрода. Причем, возникает магнитное поле на конце этого электрода и распространяется по кювете в форме спирали.

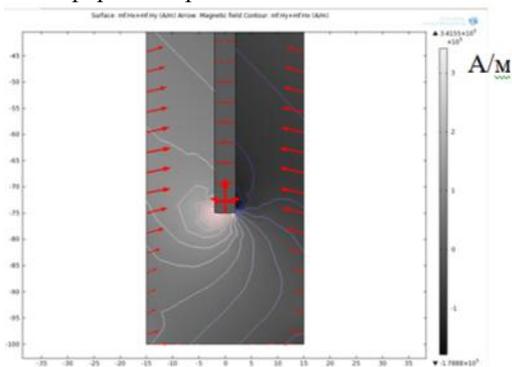


Рис. 3. Модель распределения напряженности магнитного поля

Наглядное подтверждение образования воронки можно увидеть, просмотрев ролик динамики появления магнитного поля. На рис. 4 показаны различные стадии возникновения магнитного поля на различных стадиях электрического импульса.

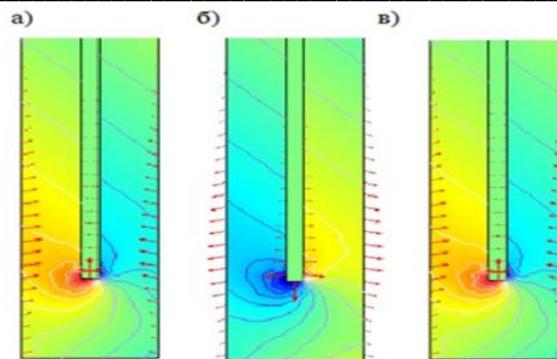


Рис. 4. Стадии возникновения магнитного поля: а – стадия переднего фронта электрического импульса; б, в – стадия заднего фронта электрического импульса.

Магнитная индукция также является неотъемлемой характеристикой электромагнитного поля, возникающего в кювете ЭГД-устройства при разряде. Теоретически магнитная индукция связана с напряженностью магнитного поля соотношением  $\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$ . Проведя расчеты по данному выражению, используя при этом значения напряженности магнитного поля, полученные из модели на рис. 3, получим:  $B = \mu_0 \mu_r H = 1.25 \cdot 10^{-6} \left(\frac{H}{A^2}\right) \cdot 16 \cdot 341550 \left(\frac{A}{M}\right) = 6,8 \left(\frac{H}{A \cdot M}\right)$ , где  $\mu_0$  – магнитная постоянная  $\approx 1,25 \cdot 10^{-6}$  Гн/м;  $\mu_r$  – относительная проницаемость,  $\mu_r = 16$ .

Для просмотра динамики изменения магнитной индукции была построена модель, представленная на рис. 5. Рассчитанное максимальное значение магнитной индукции, при максимальном значении напряженности магнитного поля, соответствует максимальному значению магнитной индукции.

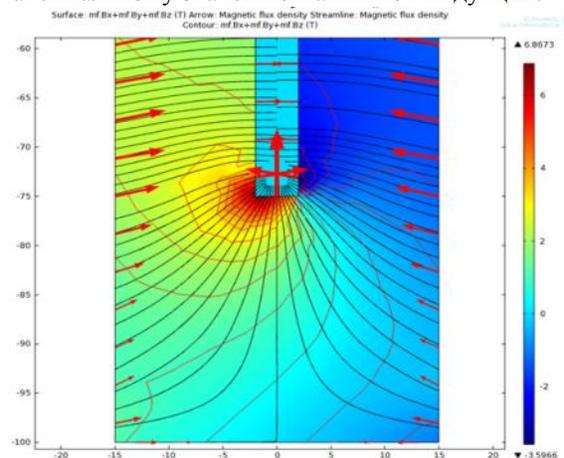


Рис. 5. Распределение вектора магнитной индукции  
Построенные модели могут иметь более конкретное практическое применение, а именно для исследования влияния входных параметров или характеристик исследуемой жидкости на

получаемую в итоге суспензию. Так же можно исследовать влияние геометрии устройства на параметры возникающих магнитных полей и добиться более сильного или слабого эффекта при одних и тех же входных параметрах. Всё это позволит сэкономить время и материальные затраты на практических опытах.

#### Литература

1. Ефремова Т.А. Экспериментальное исследование электрогидравлического преобразователя при изготовлении эмульсий./ Т.А.

Ефремова В.В. Власов, А.В.Власов - Научно-технический журнал СТИН №11, 2006.

2. Ефремова Т.А. Экспериментальные исследования влияния емкости конденсаторной батареи на характеристики эмульсий приготовленных в ЭГПВД/ Т.А. Ефремова - Проблемы прочности, надежности и эффективности. Сборник научных трудов. Саратов, 2007.

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ В МЕТОДАХ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Фаерман В.А., Аврамчук В.С.

Томский политехнический университет  
[TheUnit@sibmail.com](mailto:TheUnit@sibmail.com)

В настоящее время цифровая обработка сигналов является важным и перспективным направлением развития современной науки и техники. Под цифровой обработкой сигналов (ЦОС) понимают совокупность методов и алгоритмов обработки сигналов средствами вычислительной техники [1]. Методы ЦОС широко применяются при решении таких задач как выделение информационной составляющей зашумленных сигналов, реализация полосовых фильтров, моделирование и оценка влияния случайных процессов [2].

В последние годы появляются новые методы ЦОС, и расширяется круг решаемых с их помощью задач, при этом акцент переместился с проектирования аппаратно реализуемых фильтров на исследование и разработку программно реализуемых методов обработки сигналов. Одним из интенсивно развивающихся подходов ЦОС является корреляционный анализ [3]. Под корреляционным анализом понимают статистическое исследование различных выборок данных, направленное на выявление взаимосвязи между ними. В настоящее время с помощью корреляционного анализа решаются такие задачи, как определение расстояния до источника звука, определение импульсных характеристик электрических систем, реализация систем распознавания и кодирования речи, обработка цифровых изображений и другие [4]. В связи с этим, разработка и программная реализация эффективного, быстродействующего и простого в эксплуатации метода исследования данных с помощью корреляционного анализа и других средств ЦОС, представляется актуальной задачей. Целью данной работы является изучение и

описание некоторых возможностей применения методов корреляционного анализа на практике.

Как отмечалось ранее, в основе корреляционного анализа лежит определение числового значения, характеризующего меру взаимосвязи сигналов на заданном временном интервале, то есть корреляции. В простейшем случае, корреляция двух дискретизированных сигналов  $x_1(i), x_2(i), i = 0, N-1$ , где  $N$  – размер исследуемой выборки, может быть вычислена по следующей формуле [2]

$$r_{12} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_1(i) x_2(i) \quad (1)$$

Ограниченность практического применения формулы (1) объясняется тем, что вычисляемая мера взаимосвязи между сигналами оказывается меньше реальной вследствие того, что сигналы идут не в фазе. Это возможно, например, в том случае, если сигнал  $x_1$  является эталонным, а сигнал  $x_2$  – запаздывающим выходом системы. Чтобы преодолеть подобный сдвиг фаз, достаточно при вычислении сдвинуть один сигнал относительно другого [3]

$$r_{12}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_1(i) \cdot x_2(i+j) \quad (2)$$

где  $j$  – величина задержки. Истинным считается наибольшее значение функции  $r_{12}(j)$ .

Величину, вычисляемую по формуле (2) называют взаимной корреляцией сигналов  $x_1, x_2$ . В случае, если  $x_1 = x_2 = x$ , то формула (2) примет следующий вид [3]

$$r_{11}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x(i) x(i+j) \quad (3)$$

Величину  $r_{11}(0)$  называют автокорреляцией сигнала  $x$ . Расчет автокорреляции по формуле (3) производится для определения энергетических характеристик сигналов [3], а также для выделения периодических составляющих зашумленных сигналов [3].

На практике обычно расчет корреляции производится с применением теоремы о корреляции [3], которая формулируется следующим образом

$$r_{12}(j) = \frac{1}{N} F_D^{-1}[X_1^*(k)X_2(k)] \quad (4)$$

где  $F_D$  – прямое дискретное преобразование Фурье (ДПФ),  $F_D^{-1}$  – обратное ДПФ,  $X_1^*(k) = F_D^*[x_1(i)]$ ,  $X_2(k) = F_D[x_2(i)]$ . Несмотря на то, что данный подход требует двух ДПФ и одного обратного ДПФ, при использовании алгоритмов быстрого преобразования и в случае большого числа членов последовательности, данный метод дает более быстрый результат, чем непосредственный расчет взаимной корреляции по формуле (2).

В качестве примера практического приложения корреляционного анализа будет рассмотрена задача определения расстояния до источника звука с использованием акустического комплекса. Схематическое изображение системы приведено на рисунке 1.

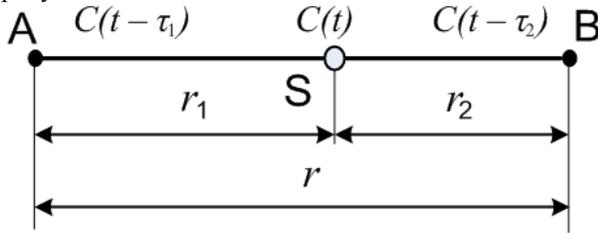


Рис. 1. Схематическое изображение системы

Система состоит из двух акустических преобразователей (датчиков), расположенных вдоль линии распространения сигнала по обе стороны (в точках A и B) от источника (S) на расстоянии  $r = 300$  м друг от друга, и вычислительного комплекса, осуществляющего обработку данных поступающих от датчиков.

Источник S воспроизводит сигнал  $C(t)$ , который с запаздыванием  $\tau_1$  достигает датчика в точке A, а с запаздыванием  $\tau_2$  достигает датчика в точке B. Величины  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  определяются расстояниями  $r_1, r_2$  и скоростью распространения звука  $V = 1000$  м/с. Временные диаграммы сигналов представлены на рисунке 2. Момент времени  $t = 0$  соответствует времени начала измерения.

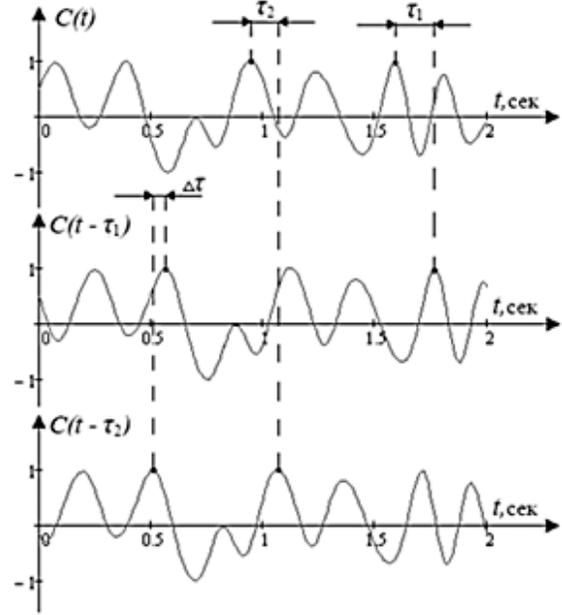


Рис. 2. Временные диаграммы сигналов

Датчики производят измерение звукового сигнала  $C_A(i) = C(t_i - \tau_1)$ ,  $C_B(i) = C(t_i - \tau_2)$  в дискретные моменты времени с периодом  $T_0 = 0,001$  с в течение нескольких секунд (всего  $N$  измерений), а затем посылают накопленные данные на вычислительный комплекс. Вычислительный комплекс осуществляет преобразование поступивших данных по формуле (4), в соответствии со схемой, изображенной на рисунке 3.

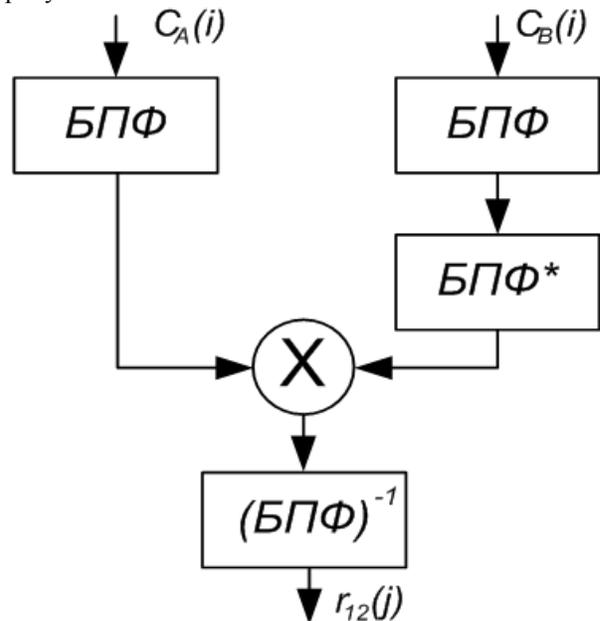


Рис. 3. Схема преобразований

Результатом преобразований является решетчатая функция

$$r_{12}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} C(i) \cdot C(i + \Delta i + j) \quad (5)$$

где  $\Delta i$  - количество тактов, на которое сигнал, снимаемый датчиком в точке В, опережает сигнал, снимаемый в точке А. Согласно свойству автокорреляции, максимум функции (5) будет наблюдаться при  $j_0 = -\Delta i$  [3]. График функции (5) представлен на рисунке 4.

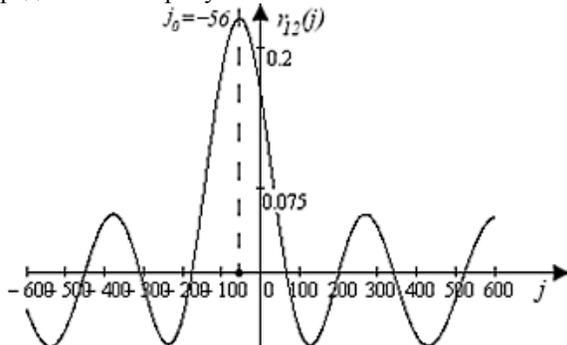


Рис. 4. График корреляционной функции

Расстояние до источника звука может быть определено через максимум функции (5) по формуле

$$r_1 = \frac{r - j_0 T_0 V}{2} \quad (6)$$

В условиях данной задачи, воспользовавшись (6) и значениями  $r, V_0, T_0$  можно получить  $r_1 = 178$  м.

Рассмотренная задача в общих чертах отражает принцип действия современных корреляционных

течеискателей [5]. Однако вследствие влияния ряда возмущающих факторов (таких как наличие создаваемого потоком шума, наличие собственного шума входящих в систему устройств и т.д.), а также необходимости работы в режиме реального времени, к используемым методам ЦОС предъявляются высокие требования точности, быстродействия и универсальности, что делает более актуальной задачу исследования возможностей корреляционного анализа и поиска более совершенных способов его программной реализации.

#### Литература

1. Цифровая обработка сигналов / под ред. А. Б. Сергиенко. – СПб. : Питер, 2002. – 608 с.
2. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 536 с.
3. Айфичер Э. С., Джервис Б. У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.
4. Зиновьев А.Л., Филипов Л.И. Введение в теорию сигналов и цепей - М. : Высшая школа, 1975. – 261 с.
5. Смирнов В.А. Корреляционный метод поиска утечек жидкостей из трубопровода под давлением // Вибродиагностика для начинающих и специалистов. 2005. URL: <http://www.vibration.ru/tech/tech.shtml>, (дата обращения 25.09.2012).

## ПРОСТОЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ СКЛЕЙКИ ПЕРЕКРЫВАЮЩИХСЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ПАНОРАМУ

Губин А.Ю., Ковин Р.В.

Томский политехнический университет  
[byba@sibmail.com](mailto:byba@sibmail.com)

Задача склейки перекрывающихся изображений в панораму (далее по тексту задача склейки), получила новый толчок в развитии благодаря появлению новых методов компьютерного зрения и анализа изображений. Обязательным условием для решения данной задачи является наличие перекрывающихся областей на изображениях, которые в итоге должны быть объединены в одну панораму (рис. 1).

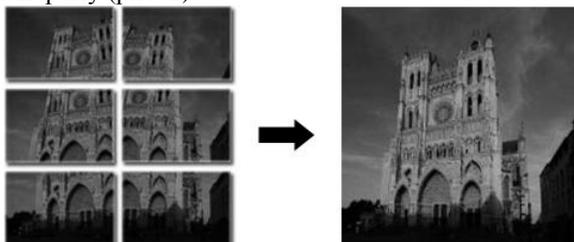


Рис. 1. Перекрывающиеся снимки объединяются в одно целое изображение

Подход, который будет представлен ниже, относится к задаче склейки всего лишь двух изображений. Обобщение задачи, а также дополнительные методы для склейки большого количества снимков, можно найти в [1].

Основной метод решения задачи склейки двух изображений представлен на рисунке 2 [1]. Следует отметить, что каждый шаг данного алгоритма – это отдельная задача, которая требует своего подхода. Для не специалистов в области компьютерного зрения решить задачу склейки даже двух изображений очень сложно, в силу существования большого количества подходов для каждого шага алгоритма, а также сложности их реализации.

Однако с появлением в 2010 году открытой платформы Accord.NET Framework, все кардинально изменилось [3]. Большинство задач компьютерного зрения значительно упростились, так как платформа предоставляет множество уже реализованных методов. Пока платформа не обладает всеми современными подходами к решению задач компьютерного зрения, а некоторые из уже реализованных сильно уступают современным подходам по какому-либо критерию, но для простого подхода к задаче склейки двух изображений их будет достаточно.

Для поиска особых точек (с характерной окрестностью, т.е. отличающихся от всех других точек в некоторой окрестности  $p$ ) существует много подходов, но основных два: детектор углов Харисса-Лапласа и алгоритм LOG (DOG). Оба метода обладают свойствами повторимости, локальности, значимости, компактности, эффективности и инвариантности, что делает их лучшими среди существующих методов. Однако LOG (DOG) выполняется за один этап, что уменьшает его время работы. В платформе Accord.NET Framework реализован только метод Харисса-Лапласа.

Для описания особых точек также существует множество методов. По сути, данные алгоритмы и определили толчок к развитию задачи склейки, но большинство из них сразу же были запатентованы. Поэтому в платформе реализован всего лишь тривиальный метод решения. Вокруг точки выбирается окно определенного размера, пиксели которого и являются описателями точки. Данный метод не инвариантен к повороту, что приводит еще к одной особенности сделанных снимков. Помимо перекрытия на изображениях, они должны быть переданы методу без поворота относительно оптической оси.

Метод описания особых точек влияет на то, по какому критерию они будут сопоставлены. Так как было выбрано пиксельное окно, то следует использовать методы попиксельного сравнения. Наиболее рациональным является метод кросс-корреляции, когда используется сумма произведений интенсивностей соответствующих пикселей окна, которую максимизируют. Также выбирается способ, как точки будут сопоставлены. Существует два основных подхода: каждая точка сравнивается с каждой или использование  $k$ -д деревьев. Временная сложность первого метода -  $O(N^2)$ , а второго -  $O(N * \log(N))$ , где  $N$  – количество точек. В платформе есть только первый метод для способа сопоставления, однако в ней есть реализация критерия кросс-корреляции.



Рис. 2. Алгоритм сшивки двух изображений в панораму

Но сопоставление происходит не всегда точно, появляются некоторые случайно сопоставленные пары. Чтобы убрать неправильные сопоставления применяется специально разработанный статистический аппарат RANSAC [2], позволяющий точно отсеять ненужные пары.

```
private void Stitching(Bitmap img1, Bitmap img2)
{
    // Основные переменные
    // Особые точки
    private IntPoint[] harrisPoints1;
    private IntPoint[] harrisPoints2;
    // Отобранные точки
    private IntPoint[] correlationPoints1;
    private IntPoint[] correlationPoints2;
    // Матрица гомографии
    private MatrixN homography;
    // Ход алгоритма
    // Шаг 1: Определяется метод Харисса Лапласа
    HarrisCornersDetector harris = new HarrisCornersDetector();
    harrisPoints1 = harris.ProcessImage(img1).ToArray();
    harrisPoints2 = harris.ProcessImage(img2).ToArray();
    // Шаг 2: Выбирается окно в девять пикселей
    CorrelationMatching matcher = new CorrelationMatching(9);
    // Шаг 3: Точки сопоставляются как каждая с каждой
    IntPoint[][] matches = matcher.Match(img1, img2, harrisPoints1, harrisPoints2);
    correlationPoints1 = matches[0];
    correlationPoints2 = matches[1];
    // Шаг 4-5: Определяется метод RANSAC, точки оцениваются
    // и сразу же вычисляется матрица гомографии
    RansacHomographyEstimator ransac = new RansacHomographyEstimator();
    homography = ransac.Estimate(correlationPoints1, correlationPoints2);
    IntPoint[] inliers1 = correlationPoints1.Submatrix(ransac.Inliers);
    IntPoint[] inliers2 = correlationPoints2.Submatrix(ransac.Inliers);
    // Шаг 6: Первое изображение смещается методом линейного градиента
    // и преобразуется с помощью матрицы гомографии
    Blend blend = new Blend(homography, img1);
    // Шаг 7: Второе изображение смещается методом линейного градиента
    // и преобразуется с помощью матрицы гомографии
    pictureBox.Image = blend.Apply(img2);
}
```

Рис. 3. Реализация функции сшивки двух изображений

Когда у нас есть пары точек, можно вычислить гомографию. Гомография – это метод проективных преобразований, при котором одна система координат изображения преобразуется в требуемую систему координат. В данном случае гомографию можно представить, как матрицу  $3 \times 3$  с восьмью

степенями свободы. Преобразования при этом делаются на последнем шаге при построении панорамы, чтобы сначала дать возможность скорректировать цвет и яркость. В данной платформе яркость и цвет можно скорректировать только методом линейного градиента.

На основе платформы, была реализована функция, которая сшивает два изображения в панораму. Код данной функции представлен на рисунке 3.

На рисунках 5- 8 показаны некоторые шаги работы программы.



Рис. 4. Исходные изображения главного корпуса ТПУ



Рис. 5. Особые точки на обоих изображениях



Рис. 6. Сопоставленные пары представлены черными линиями



Рис. 7. Пары после этапа оценки



Рис. 8. Итоговая панорама

Предложенный простой метод сшивки двух изображений позволяет решить данную задачу с приемлемым качеством и с наименьшими трудозатратами.

#### Литература

1. Recognizing Panoramas [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.cs.bath.ac.uk/brown/papers/iccv2003.pdf>. Дата обращения: 04.03.2012
2. Computer Vision, Algorithms and Applications [Электронный ресурс]. - URL: <http://szeliski.org/Book/>. Дата обращения: 02.02.2012
3. Accord.Net Framework [Электронный ресурс]. - URL: <http://code.google.com/p/accord/>. Дата обращения: 04.05.2012

## АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАСТОВОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ

Гуляева К.В.

Томский политехнический университет  
[ksenechka\\_g@sibmail.com](mailto:ksenechka_g@sibmail.com)

**Введение.** Вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) - один из методов скважинной сейсморазведки, в основе которого лежит изучение особенностей волнового поля во внутренних точках среды. Общей задачей ВСП, как и любого другого метода изучения геологических сред, является уточнение априорной информации о модели среды, в том числе построение пластовой модели среды. Пространственное распределение скоростей распространения сейсмических волн в

реальных средах определяется множеством факторов, главным из которых являются два - слоистость и горное давление. Действие других факторов, как правило, осложняет характер распределения физико-геологических свойств горных пород по горизонтали и вертикали. В результате распределение значений скоростей распространения упругих волн в общем случае представляет собой очень сложную функцию координат пространства. Однако для обеспечения

реальной возможности решения прикладных задач в сейсморазведке необходимо прибегать к построению упрощенной сейсмической модели изучаемой среды. Основой такого упрощения является представление о сейсмических свойствах слоя. [1]

Под математическим моделированием в сейсморазведке подразумевают процедуры построения сейсмогеологической модели, математическое описание ее параметров, расчеты волновых полей для заданных схем наблюдений, обработку и интерпретацию результатов расчетов. Интерпретация реальных волновых полей на основе математического моделирования предполагает уточнение априорной модели, проведение новых расчетов волновых полей, сравнение теоретических сейсмограмм с реальными. [2]

**Математическое описание модели.** Как правило, модель описывается граничными условиями и параметрами пластов в отдельных точках среды, а для расчета волновых полей в двумерных и трехмерных средах требуется находить параметры модели в любой точке, что требует решения задачи аппроксимации параметров модели. Далее рассмотрим модель горизонтально-слоистой среды и будем полагать, что слои являются однородными. Т.е. внутри слоя скорость прохождения волны постоянна. Пусть  $X$  является горизонтальной координатой,  $h$  – глубиной,  $\{H_i\}_{i=1}^N$  – границы  $i$ -ого и  $i + 1$  – слоев,  $V_i$  – скорость в  $i$ -ом слое. Наблюдение ВСП проводят в дискретных точках среды, определяемых положением ствола скважины и расстоянием между сейсмоприемниками. Предположим, что скважина вертикальная. При проведении ВСП известно только  $t(h_i)$  – время пробега от поверхности до глубины  $h_i$ . Для решения вопросов сейсморазведки перед методом ВСП ставится задача: по наблюдаемым  $t(h_i)$  определить глубины залегания границ  $H_i$

**Ход решения.** Если глубины расположения сейсмоприемников  $h_k$  с номера  $n$  по  $m$  находятся в одном слое, то зарегистрированные времена прихода  $t_k$  в эти сейсмоприемники должны лежать на одной прямой. Отклонение  $t_k$  от прямой внутри однородного слоя обусловлено неточностью регистрации данных, аппаратными помехами, ошибкой при работе системы синхронизации, задержкой срабатывания детонатора, ошибкой глубины установки заряда. искажение сейсмической записи. [3] Отклонение от прямой может означать наличие границы пластов в интервале  $\{h_{k-1}; h_k\}$  и

обуславливаться сменой скорости прохождения этого интервала.

**Описание алгоритмов аппроксимации.** Ранее был разработан рекурсивный алгоритм, основанный на кусочно-линейной аппроксимации годографа  $t(h)$ , начиная с граничных точек наблюдения. [4]

#### Алгоритм 1.

1. Задаем  $k=1, m=n$ , где  $m$  равно размеру множества точек годографа.

2. Находим значение коэффициентов  $A, B$  и  $C$

уравнения прямой:  $A = t_k - t_m, B = h_k - h_m, C = h_k \cdot t_m - h_m \cdot t_k$ ; строим прямую,

удовлетворяющую уравнению  $Ax + By + C = 0$ .

3. Находим расстояние от каждой из точек  $k, k+1, \dots, m-1$  годографа до этой прямой по оси

времени: 
$$\rho_i = \left| \frac{-(A \cdot h_i + C)}{B} - t_i \right|$$

4. Если максимальное из этих расстояний не превышает заданную погрешность  $\epsilon$ , проводим прямую через точки  $k$  и  $m$  и отбрасываем точки  $k, k+1, \dots, m-1$ . Иначе, повторяем шаги 2-4 для  $k=1, m=s$  и для  $k=s, m=n$ , где  $s$  – номер элемента

множества точек, расстояние от которого до построенной прямой является наибольшим. [4]

Исследования этого алгоритма показали, что результаты аппроксимации зависят от измерений на границах интервала наблюдения. В данной работе предлагаются последовательные алгоритмы, которые основаны на кусочно-линейной аппроксимации сверху вниз и снизу вверх.

**Алгоритм 2.** Суть данного алгоритма заключается в последовательном построении прямых, проходящих через начальную точку потенциального пласта и следующих точек, а также нахождения отклонения промежуточных точек от прямой.

1.  $n = 0$ ;

2. Выбирается глубина  $h_n$ ;

3. Вводится счетчик  $m = 2$ ;

4. Строим прямую, проходящую через точки  $(h_n, t_n)$  и  $(h_{n+m}, t_{n+m})$ :  $t^a(h) = k \cdot h + t_0$ ;

5. Проверяем условие линейной аппроксимации на отрезке  $[h_n, h_{n+m}]$ , например, 
$$\max_{k=n+1, n+m-1} |t_k - t^a(h_k)| > \epsilon_0$$
, тогда

$h_{n+b-1}$  – граница слоев, иначе увеличиваем  $m$  и выполняем п.3;

6. Увеличиваем  $n$  на 1 и переходим к п.2.

**Алгоритм 3.** Является модификацией алгоритма  
1. Построение прямых начинается с самой удаленной от поверхности точки и продолжается в сторону уменьшения глубин.

1.  $n = L$  – нижней точки интервала измерения;

2. Выбирается глубина  $h_n$ ;

3. Вводится счетчик  $m = L - 2$ ;

4. Строим прямую, проходящую через точки  $(h_n, t_n)$  и  $(h_{n-m}, t_{n-m})$ :  $t^a(h) = k \cdot h + t_0$ ;

5. Проверяем условие линейной аппроксимации на отрезке  $[h_n, h_{n+m}]$ , например,

если  $\max_{k = n + 1, n + m - 1} [t_k - t^a(h_k)] > \varepsilon_0$ ,

тогда  $h_{n+m-1}$  – граница слоев, иначе уменьшаем  $m$  и выполняем п.3;

6. Уменьшаем  $n$  на 1 и переходим к п.2.

Алгоритмы протестированы на одних и тех же исходных данных, полученных методом ВСП в скважины Восток-1 Томской области. Глубины расположения сейсмоприемников находятся в интервале от 0 м. до 1600 м. Результат сравнительного анализа представлен на Рис. 1

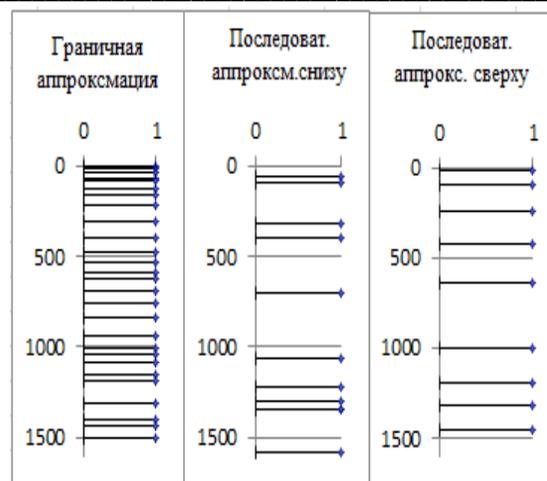


Рис. 1.

Анализ построенных моделей показал, что при значении параметра  $\varepsilon_0$ , равного шагу дискретизации, алгоритмы дали разные результаты. Необходимо исследование алгоритмов на модельных данных, чтобы уяснить причину расхождения результатов, найденных разными алгоритмами.

#### Литература

1. Резяпов Г.И. Сейсморазведка. Конспект лекций «Геофизические методы исследования скважин» - Томск, ТПУ, учебное пособие, 2011. – 228 с.
2. Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. Опыт и результаты. - М.: «Наука» 1994. – 84с.
3. Шевченко А.А. Скважинная сейсморазведка – М.: РГУ нефти и газа, 2002. – 59 с.
4. Поданева Д.С. Алгоритм построение пластовой модели среды с согласованием данных наземной сейсморазведки и скважинной сейсморазведки//Технология Microsoft в теории и практики программирования, Томск, 2012 – 112с.

## УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ В УСЛОВИЯХ ПОЛНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Калиновский И.А.

Томский политехнический университет  
kua\_21@mail.ru

#### Введение

Классические методы построения алгоритмов управления требуют знания математической модели объекта управления (ОУ), которая точно описывает его поведение. Однако часто возникают ситуации, когда некоторые параметры модели или ее структура являются неизвестными. Основные методы решения задач управления

неопределенными объектами основаны на теориях робастного и адаптивного управления [1], а также на теории интеллектуального управления [2].

Основой построения интеллектуальных регуляторов являются технологии нечеткой логики, ассоциативной памяти, искусственных нейронных сетей и др. Для использования этих технологий требуется некоторый набор начальных знаний об

ОУ, которые могут быть представлены в виде: продукционных правил, функций принадлежности или множества обучающих примеров.

Более сложная ситуация возникает когда отсутствует какая-либо априорная информация об ОУ и нет возможности получить обучающую выборку. В этом случае объект управления характеризуют понятием «черный ящик», т.е. объект, о функциях которого можно судить только по его реакции на внешнее воздействие.

В этой работе исследуется задача построения алгоритмов управления динамическим объектом в условиях полной неопределенности, когда ОУ представляет собой «черный ящик».

#### Описание алгоритма

Алгоритм управления будем описывать с помощью конечного автомата. Рассмотрим класс конечных автоматов, называемых детерминированными автоматами Мили, которые определяются как совокупность 6 компонентов [3]:

$$M = \{A, Q, q_0, B, \delta, \lambda\},$$

где  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  – множество входных сигналов;  $Q = \{q_0, q_1, q_2, \dots, q_m\}$  – множество состояний автомата;  $q_0$  – начальное состояние автомата;  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_k\}$  – множество выходных сигналов;  $\delta$  – отображение  $A \times Q \rightarrow Q$  (функция переходов);  $\lambda$  – отображение  $A \times Q \rightarrow B$  (функция выходов), множества  $A, Q, B$  конечны. Функции  $\delta$  и  $\lambda$  определяют поведение автомата:

$$\begin{cases} q(t) = \delta(q(t-1), a(t)) \\ b(t) = \lambda(q(t-1), a(t)) \end{cases}$$

где  $t = 1, 2, 3, \dots$

Для поставленной задачи построение автоматов вручную не представляется возможным. Одним из методов их автоматической генерации является использование генетических алгоритмов (ГА). В работе [4] описываются специальные операторы мутации, ускоряющие работу ГА особью которого является автомат, представленный в виде графа переходов.

Еще одна проблема связана с тем, что автоматы могут обрабатывать только дискретные входные сигналы, тогда как ОУ может иметь непрерывную функцию состояния. В этом случае можно провести анализ сигналов от ОУ, с целью выделения областей их значений, которые соответствуют особым режимам функционирования объекта, и строить управление на основе уже конечного набора таких режимов. В работе [5] такой анализ предлагается представить как задачу классификации, а именно, разбить множество значений переменных состояния на области и на вход автомата подавать номер области, в котором лежит текущее значение переменной. Для автоматической классификации используется

нейронная сеть, которая настраивается ГА совместно с автоматом. Мы воспользуемся аналогичным подходом.

Также важным этапом в построении автомата является определение множества управляющих выходных сигналов  $B$ , минимизирующих функционал качества  $W(M)$  при заданном «каркасе» (графе переходов) автомата. Т.к. вид зависимости  $W(M(B))$  неизвестен и в общем случае может иметь стохастическую природу (на ОУ могут действовать случайные возмущения), то для оценки множества  $B$  воспользуемся методами стохастической оптимизации.

В классе методов стохастической оптимизации в последнее время активно развиваются рандоминимизированные алгоритмы [6]. Рассмотрим их применение к решению данной задачи. На ОУ может влиять внутреннее или внешнее возмущение, при этом мы получаем от ОУ некоторый сигнал  $y$ , характеризующий его состояние. Определим модель наблюдений сигнала  $y$ :

$$y_n = F(x^n, \omega^n) + v_n,$$

где  $F(x, \omega): R^r \times R^p \rightarrow R$  – дифференцируемая по первому аргументу функция,  $\{x^n\}$  – последовательность точек измерения,  $x^n \in R^r$ ,  $\{\omega^n\}$  – неконтролируемая последовательность случайных величин,  $\omega^n \in R^p$ , имеющих одинаковое неизвестное распределение  $P_{\omega}(\cdot)$  с конечным носителем,  $v_n$  – аддитивная помеха. Требуется по наблюдениям  $y_1, y_2, \dots$  построить последовательность оценок  $\{\hat{\theta}^n\}$  неизвестного вектора  $\theta^*$ ,  $\hat{\theta}^n, \theta^* \in R^r$ , минимизирующего функционал среднего риска:

$$f(x) = E_{\omega} \{F(x, \omega)\} \rightarrow \min_x$$

Идея рандоминимизированных методов основана на использовании пробных возмущений. Если через входные каналы системы можно включить в рассмотрение некоторое новое возмущение  $\Delta^n$  с хорошо известными статистическими свойствами, то его можно использовать для «обогащения» информации о наблюдаемых сигналах. Возмущения  $\Delta^n$  должны быть независимы от помех наблюдения. Также требуется, чтобы функция  $f(x)$  являлась сильновыпуклой в точке минимума и выполнялся ряд других условий, указанных в [6]. При накладываемых ограничениях доказана состоятельность получаемых оценок  $\{\hat{\theta}^n\}$  при почти произвольных помехах наблюдения.

Один из алгоритмов построения последовательности точек измерений  $\{x^n\}$  и оценок  $\{\hat{\theta}^n\}$  имеет вид:

$$\begin{cases} x^{2n} = \hat{\theta}^{n-1} + \beta_n \Delta, & x^{2n-1} = \hat{\theta}^{n-1} \\ \hat{\theta}^n = \hat{\theta}^{n-1} - \frac{\alpha_n}{\beta_n} \Delta \cdot (y_{2n} - y_{2n-1}) \end{cases} \quad (1)$$

где  $\Delta$  – случайный вектор, компоненты которого взаимно независимы и равны  $\pm 1$  с вероятностью  $1/2$ ,  $\alpha_n = \alpha / (\delta + n)^\nu$ ,  $\beta_n = \beta / n^\gamma$ ,  $\alpha, \beta, \delta, \gamma, \nu$  – неотрицательные числа,  $\hat{\theta}^0 \in R^r$ .

Таким образом, алгоритм получения новой особи популяции ГА состоит из двух шагов. На первом шаге производится модификация «каркаса» автомата с помощью специальных операторов [4] и модификация нейронной сети, отвечающей за преобразование вещественных переменных состояния ОУ в дискретное множество значений. На втором шаге производится расстановка управляющих сигналов путем выполнения нескольких итераций алгоритма (1).

#### Тестирование алгоритма

В качестве модельной возьмем классическую задачу о стабилизации перевернутого маятника на подвижной тележке [7]. Рассмотрим перевернутый маятник, ось которого закреплена на тележке. Тележка приводится в движение силой  $F(t)$ , являющейся управляющим воздействием системы. Цель функционирования системы состоит в стабилизации маятника в верхнем положении равновесия, т.е. когда угол отклонения маятника  $\theta$  от вертикали и угловая скорость  $\omega$  равны нулю.

Линеаризованная модель этой системы для малых углов отклонения маятника ( $|\theta| < 15^\circ$ ) имеет вид:

$$\ddot{\theta} = \frac{3g \cdot (M + m)}{l \cdot (4M + m)} \theta + \frac{3F}{l \cdot (4M + m)},$$

где  $l$  – длина маятника,  $m$  – масса маятника,  $M$  – масса тележки,  $F$  – сила, действующая на тележку,  $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ .

Построим автомат стабилизирующий систему с параметрами:  $l = 0.5 \text{ м}$ ,  $m = 0.5 \text{ кг}$ ,  $M = 1 \text{ кг}$ ,  $F \in [-10; 10] \text{ Н}$ ,  $\theta_0 = 0.2 \text{ рад}$ ,  $\omega_0 = -0.05 \text{ 1/с}$ , время моделирования  $t_{\max} = 10 \text{ с}$  с шагом  $0.1 \text{ с}$ . Управление, реализуемое автоматом показано на рис. 1.

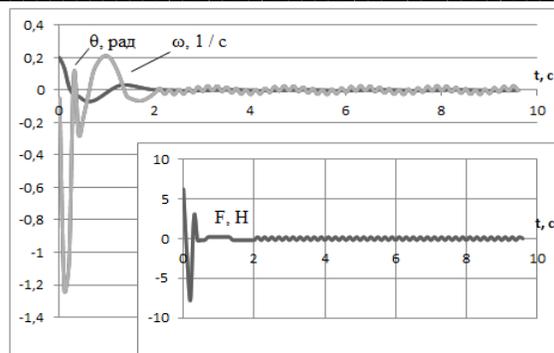


Рис. 1. Зависимость угла отклонения маятника  $\theta$ , угловой скорости  $\omega$  и силы  $F$  от времени  $t$

#### Литература

1. Никифоров В.О., Слита О.В., Ушаков А.В. Интеллектуальное управление в условиях неопределенности: учебное пособие. – СПб: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2011. – 226 с.
2. Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.В., Романов М.П. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления. – М.: Наука, 2006. – 333 с.
3. Морозенко В.В. Дискретная математика. – Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2008. – 244 с.
4. Лобанов П.Г. Использование генетических алгоритмов для генерации конечных автоматов: дис. на соиск. учен.ст. канд. тех. наук. – СПбГУ ИТМО, 2008. – 114 с.
5. Царев Ф.Н. Совместное применение генетического программирования, конечных автоматов и искусственных нейронных сетей для построения системы управления беспилотным летательным аппаратом // Автоматное программирование. – СПб: Изд-во СПбГУ ИТМО, №53, 2008. – С 42-60.
6. Граничин О.Н., Поляк Б.Т. Рандомизированные алгоритмы оптимизации и оценивания при почти произвольных помехах. – М.: Наука, 2003. – 291 с.
7. Колесников А.А. Метод синергетического синтеза системы управления колебаниями «перевернутого маятника на подвижной тележке» // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, №6, 2011. – С 110-117.

## ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ЧАСТИЦ ОБЪЕМНЫХ ФОРМ

Кырмагыенов А.Д., Шефер О.В.

Томский политехнический университет

[rad@vtomske.ru](mailto:rad@vtomske.ru)

На основе теории Ми разработан комплекс программ для расчета коэффициентов обратного рассеяния, ослабления, поглощения и вероятности выживания кванта. Комплекс программ реализован для среды визуального программирования С++ с организацией интерфейса ввода данных и вывода числовых результатов, сопровождающихся представлением графиков. Иллюстрируется характер зависимости оптических характеристик при различных микрофизических параметрах среды для длин волн из оптического диапазона.

Изучение оптических характеристик облачности является актуальной задачей при разработке климатических моделей, при определении видимости различных объектов в облачной атмосфере, при исследовании распространения излучения оптическими методами, в том числе при лазерном зондировании [1]. Объектами исследования являются: различные полидисперсные среды атмосферы, включающие в себя выбросы промышленного и природного происхождения.

Данная работа посвящена разработке численной модели среды для расчета таких оптических характеристик как коэффициент ослабления ( $\alpha_{ext}$ ), коэффициент поглощения ( $\alpha_{abs}$ ), альbedo однократного рассеяния ( $\Lambda$ ) и коэффициент обратного рассеяния ( $\beta_{sc}$ ). В качестве среды рассматривается совокупность частиц объемных форм. При этом используется решение Ми для отдельной частицы, включающее в себя возможность определения оптических характеристик частиц с размерами много меньше длины волны, соизмеримыми с длиной волны и значительно превосходящими ее. Для расчета оптических характеристик используются следующие соотношения:

$$\alpha_{abs} = \int N(a) \sigma_{abs} da,$$

$$\alpha_{ext} = \int N(a) \sigma_{ext} da,$$

$$\Lambda = (\alpha_{ext} - \beta_{ext}) / \alpha_{ext},$$

$$\beta_{sc} = \int N(a) \sigma_{sc} da,$$

где  $\sigma_{abs}$  - сечение поглощения,  $\sigma_{ext}$  - сечение ослабления,  $\sigma_{sc}$  - сечение обратного рассеяния.  $N(a)$  – функция распределения частиц по размерам. На основе разработанного алгоритма для расчета характеристик, указанных выше, реализован

комплекс программ для среды визуального программирования С++ [2]. При его создании использовалась «палитра компонент», разделенная картотечными вкладками на несколько функциональных групп. При этом были модифицированы функциональные возможности предоставляемых компонент и разработаны компоненты, обладающие новым оригинальным поведением. Помимо известных элементов управления Windows (кнопки, линейки, прокрутки, поля редактирования, простые и комбинированные списки и т.д.) в программе использовалась библиотека, которая содержит компоненты поддержки диалогов и обслуживания баз данных. Для удобства работы с комплексом программ организован интерфейс ввода данных и вывода числовых результатов, сопровождающихся представлением графиков.

На рис. 1 иллюстрируется интерфейс основного окна программного комплекса для расчета оптических характеристик в рамках модели, представленной системой частиц сферической формы. Интерфейс меняется в зависимости от установки «флажков» или выбора действий (например, «расчет»). В частности, указав «лед», появляется возможность использовать данные реальной и мнимой частей показателя преломления  $n = n(\lambda)$  и  $\chi = \chi(\lambda)$  для длины волны  $\lambda$  от ультрафиолетовой до микроволновой области спектра автоматически [3], с другой стороны, выбрав «указать», можно ввести значения реальной и мнимой частей показателя преломления, тем самым моделируя другие среды. После завершения расчетов появляется новое окно и доступ к действию «построить график» или просмотреть текущие расчеты, представленные в виде таблицы.

На рис. 2, 3 и 4 представлены результаты расчетов коэффициентов ослабления, поглощения и альbedo однократного рассеяния соответственно. При этом использовались следующие входные параметры: комплексный показатель преломления ( $\tilde{n} = n + i \cdot \chi$ ), длина волны, параметры распределения частиц по размерам ( $N$  – концентрация частиц, эффективный радиус частиц ( $\bar{a}$ ), безразмерный параметр ( $\mu$ ), характеризующий крутизну склонов функции гамма-распределения). Графики иллюстрируют особенности оптических характеристик для частиц с различными средними

размерами. Для рассмотренных микрофизических параметров среды коэффициент обратного рассеяния в зависимости от длины волны из указанного диапазона, на многих участках видимой и ближней ИК областях, представляет собой быстро осциллирующие кривые, которые в используемом здесь масштабе представлять не целесообразно.

Данный комплекс программ может быть использован для определения оптических характеристик полидисперсной среды, состоящей из хаотически ориентированных частиц с различными оптическими и микрофизическими параметрами.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ N 12-05-00169a и государственного задания «Наука».



Рис. 1. Интерфейс программного комплекса (основное окно) для расчета оптических характеристик при использовании модели Ми

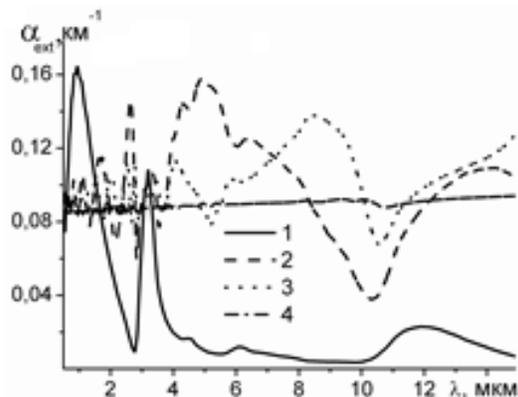


Рис. 2. Спектральные зависимости коэффициента ослабления  $\alpha_{ext}(\lambda)$  для  $\tilde{n} = \tilde{n}(\lambda)$  (лед) при  $\mu=10$ ,  $N=1$  л<sup>-1</sup>: 1–=1 мкм; 2–=5 мкм; 3–=10 мкм; 4–=50 мкм.

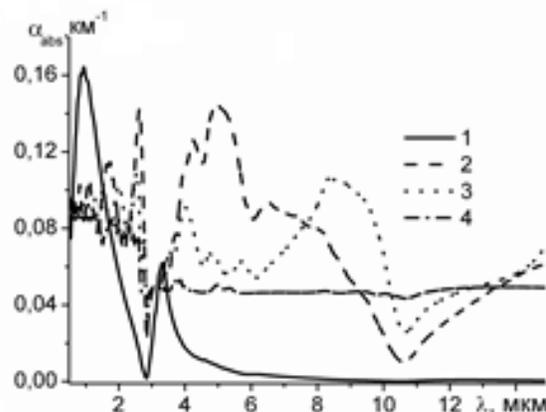


Рис. 3. Спектральные зависимости коэффициента поглощения  $\alpha_{abs}(\lambda)$  для  $\tilde{n} = \tilde{n}(\lambda)$  (лед) при  $\mu=10$ ,  $N=1$  л<sup>-1</sup>: 1–=1 мкм; 2–=5 мкм; 3–=10 мкм; 4–=50 мкм.  $\alpha_{ext}(\lambda)$  (б) (в);  $\Lambda(\lambda)$  (г)

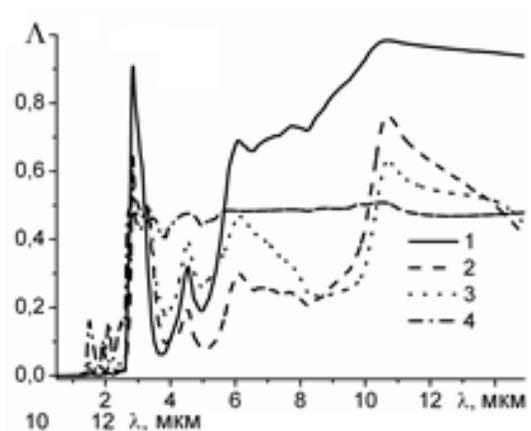


Рис. 4. Спектральные зависимости альbedo однократного рассеяния  $\Lambda(\lambda)$  для  $\tilde{n} = \tilde{n}(\lambda)$  (лед) при  $\mu=10$ ,  $N=1$  л<sup>-1</sup>: 1–=1 мкм; 2–=5 мкм; 3–=10 мкм; 4–=50 мкм.  $\alpha_{ext}(\lambda)$  (б)  $\alpha_{abs}(\lambda)$  (в);  $\Lambda(\lambda)$  (г)

### Литература

1. Scattering, Absorption, and Emission of Light by Small Particles / Ed. by M.I. Mishchenko, L.D. Travis, and A.A. Lacis. – Cambridge, UK. NASA, 2002. – 445 p.
2. Коплиен Д. Программирование на C++. – СПб: Питер, 2005. – 479 с.
3. Warren S.G. // J. Appl. Opt. 1984. – V. 23. – P. 1206– 1225.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРЕМЫ БЕНДИКСОНА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ВАЛЮТНОГО РЫНКА FOREX

Ле Тху Куинь

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Email: [thuquynh@mail.ru](mailto:thuquynh@mail.ru)

### Введение

FOREX (Форекс) – «международный валютный рынок» – давно известен во всем мире как большой рынок с несколькими триллионами долларов оборота в сутки. Динамика цены рынка носит хаотический характер от влияния многих глобальных экономических факторов. Разумеется, что для прогнозирования рынка FOREX обычно требуются у трейдеров многолетний опыт торговли и профессиональное знание технического и фундаментального анализом с большим числом критериев, правил и индикаторов.

Для избавления от трудности работать с этими обычными методами на рынке ставится задача создавать модель прогнозирования динамики рынка математическими инструментами с ее корректностью, легковосприятием и четкостью.

Давно на рынке FOREX используется дивергенция как одно из применяемых свойств индикаторов, помогающих определить момент завершения тренда и возможный его разворот. То есть дивергенция представляет собой расхождение между показаниями цены на графике и показаниями индикатора. Используются ряд технических индикаторов, носящих характер осцилляторов, таких, как MACD, RSI, CCI, и т.д.[3].

В физико-математике под дивергенцией понимается линейный дифференциальный оператор на векторном поле, характеризующий поток данного поля через поверхность малой окрестности каждой внутренней точки области определения поля.

Оператор дивергенции, применённый к функции  $F(x, y, z)$ , обозначают как

$$\operatorname{div} F = \nabla \cdot F = \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial F}{\partial y} + \frac{\partial F}{\partial z} \quad (1)$$

### Теорема Бендиксона

Эта теорема утверждает, что если дивергенция векторного поля на плоскости (или двумерном многообразии) знакопостоянна и отлична от нуля в некоторой односвязной области, то отсутствуют замкнутые фазовые кривые этого поля, целиком лежащие в этой области. В частности, признак позволяет показать, что в области отсутствуют предельные циклы.

На основе данной теоремы при исследовании решения известной системы Лоренца на

устойчивости обнаружено факт, что, не смотря на локально неустойчивости особых точек системы, ее решение в большом промежутке времени не расходится, а остается в некоторой области пространства. Этот парадокс можно объясниться тем, что система Лоренца имеет свойство диссипативности, т.к. ее дивергенция всегда является отрицательной  $\operatorname{div} v = -\sigma - 1 \cdot c \cdot b < 0$ . Это означает, что фазовый поток системы Лоренца сжимается.

Автором была предложена модели динамики фьючерсных рынков [2], проведено исследование ее модификации на валютном рынке FOREX, исследование свойств ее решения и разработан новый математический индикатор, связанный с линейным дифференциальным оператором дивергенцией на основе теоремы Бендиксона. Одним из достоинств такой модели является прогностическое изменение тенденции рынка.

### Математическая модель динамики рынка

Благодаря знанию математического моделирования, прикладные математики кафедры ПМ, ТПУ создали модель динамики цены фьючерсных рынков и расширили ее применение для других подобных рынков с модификациями исходной модели.

Поведение показателей валютного рынка FOREX описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений (СНДУ), которая имеет следующий вид [2]:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = a_1(t) \cdot X(t) + a_2(t) \cdot X(t) \cdot Y(t) + a_3(t) \cdot X(t) \cdot Z(t) \\ \frac{dY}{dt} = b_1(t) \cdot Y(t) + b_2(t) \cdot X(t) \cdot Y(t) + b_3(t) \cdot Y(t) \cdot Z(t) \\ \frac{dZ}{dt} = c_1(t) \cdot Z(t) + c_2(t) \cdot Y(t) \cdot Z(t) + c_3(t) \cdot X(t) \cdot Z(t) \end{cases} \quad (2)$$

$a_i(t), b_i(t), c_i(t), i=1,2,3$ : неизвестные коэффициенты, зависящие от времени  $t$ ;

$X(t)$  – курс евро/рубль;

$Y(t)$  – курс доллар/рубль ;

$Z(t)$  – курс евро/доллар.

Поскольку прогноз строится на одном шаге, внешние условия считаются неизменными то система (2) представляет собой однородная СНДУ.

Для определения коэффициентов  $a_i(t), b_i(t), c_i(t), i=1,2,3$  рассмотрим модель в фиксированные моменты времени  $t_k, t_{k-1}, t_{k-2}$ , в результате

получаются системы из 9 линейных алгебраических уравнений. Полученные коэффициенты поставим их в систему (2) с начальными условиями  $X_1(t_k)$ ,  $X_2(t_k)$ ,  $X_3(t_k)$ , имеем СНДУ с постоянными коэффициентами.

Решая задачу Коши для полученной системы получим значения  $X_1(t_{k+1})$ ,  $X_2(t_{k+1})$ ,  $X_3(t_{k+1})$ , в моменте времени  $t_{k+1}$ , т.е. прогностические величины показателей рынка на один шаг вперед.

Для каждого конкретного набора коэффициентов системы определены 5 особых точек, имеющие следующий вид координат:

$$I_1(0,0,0); I_2(-\frac{b_1}{b_2}, -\frac{a_1}{a_2}, 0); I_3(-\frac{c_1}{c_2}, 0, -\frac{a_1}{a_3}); I_4(0, -\frac{c_1}{c_3}, -\frac{b_1}{b_3});$$

$$I_5(-\frac{a_2b_3c_1 - a_1b_3c_3 + a_3b_1c_3}{a_2b_3c_2 + a_3b_2c_3},$$

$$-\frac{a_1b_3c_2 - a_3b_1c_2 + a_3b_2c_1}{a_2b_3c_2 + a_3b_2c_3}, -\frac{a_2b_1c_2 - a_2b_2c_1 + a_1b_2c_3}{a_2b_3c_2 + a_3b_2c_3}).$$

(3)

Линеаризуя каждую особую точку можно определить ее тип и соответственно поведение решения вокруг ее.

Вычислена дивергенция для системы (2), которая представляет собой плоскость следующего вида:

$$div = (a_1 + b_1 + c_1) + (b_2 + c_2)X + (a_2 + c_3)Y + (a_3 + b_3)Z \quad (4)$$

В соответствии от положения точки начальных условий и плоскости дивергенции в пространстве можно определить поведение решения системы в большом протяжении времени, т.е. можно делать вывод об устойчивости прогностического значения цены в долгое будущее.

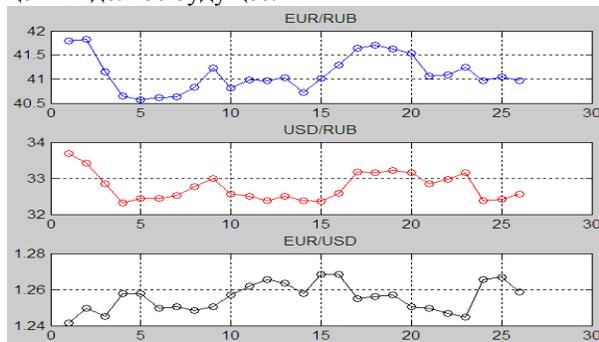


Рис. 1. Исходные данные валютного рынка FOREX

Для проверки работоспособности модели проведены экспериментальные исследования на рынке FOREX, используя исходные данные из рыночной истории торговли (рис. 1).

Получены в настоящем времени следующие результаты:

Для точки временного ряда  $t_k=17$ , значение дивергенции от начальных условий  $div = -0.0094$ , решение устойчивое в большом периоде времени

(100 дней) и не выходит из предела некоторой пространственной области (рис. 2).

Вычислены прогностические значения цены сравнивая с исходными данными (рис. 3), максимальная погрешность составляет 20.0132 %, минимальная погрешность составляет 0.2183%, средняя погрешность составляет 1.9362 %.

Вычислены значения дивергенции от начальных условий для каждой точки временного ряда (рис. 4)

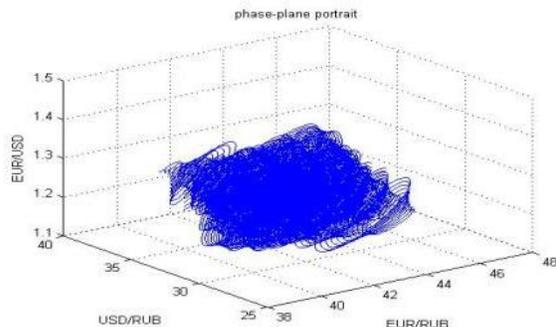


Рис. 2. Фазовый портрет решения СНДУ ( $t_k=17$ )

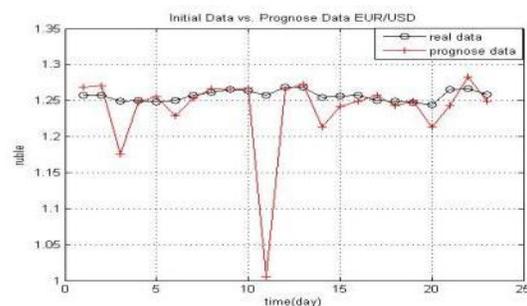


Рис. 3. Прогностические цены и исходные данные

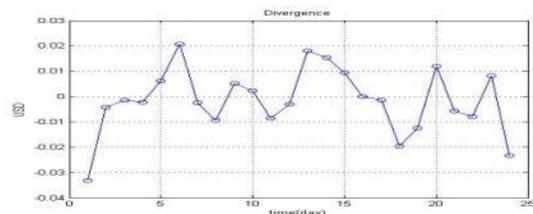


Рис. 4. Значения дивергенции от начальных условий

### Литературы

1. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности. – М.: Мир, 1991. – 306с.
2. Григорьев В. П., Козловских А. В., Ситникова О. В Математическая модель краткосрочного прогнозирования динамики фьючерсных рынков // Известия ТПУ. — Томск, 2003. — Т. 306, № 3. - С. 124-127.
3. Интернет-портал FXTEAM.RU [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fxteam.ru> свободный
4. Школа обучения торговле на рынке FOREX [Электронный ресурс]. Режим доступа:

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Лукина Е.Ю., Гергет О.М.

Томский политехнический университет

[Lykone4ka@yandex.ru](mailto:Lykone4ka@yandex.ru)

### Введение

В настоящее время рак молочной железы занимает первое место в структуре онкологических заболеваний у женщин во всем мире. Около 60% женщин, имеющих любую гинекологическую патологию, страдают мастопатией (М.). Любое заболевание молочной железы у женщин служит непосредственным источником развития рака этого органа [1]. Развитие патологического процесса происходит по следующей схеме:



Рис. 1. Схема развития патологического процесса

Процент перерождения М. в рак варьирует от 0,18% до 31,2% в зависимости от формы заболевания.

### Анализ данных

Оценка состояния здоровья женщины предполагает постоянное наблюдение за ее организмом. Для установления правильного диагноза необходимо проанализировать большое количество признаков, для этого используются различные методы математической статистики. Один из таких методов – метод распознавания образов, в частности дискриминантный анализ. Основная задача его состоит в построении с помощью выборочных наблюдений правила, позволяющего отнести новое наблюдение к одной из уже имеющихся совокупностей, в качестве правила формируется набор дискриминантных функций, число которых равно числу распознаваемых классов [2]. Метод предъявляет к данным некоторые требования:

1. В модели должно быть не менее двух классов, в каждом классе - не менее двух объектов из обучающей выборки.
2. Дискриминантные переменные должны быть линейно независимыми.
3. Выборка должна быть нормально распределенной.

Данный метод использовался для работы с выборкой из 767 женщин с различными формами заболевания М.. По видам заболеваний выборка разделена на 5 групп: фиброзная, кистозная, смешанная, железистая М. и без нарушений (группа контроля). Т.е. существует  $k=5$  классов и множество выборочных наблюдений над ними. Из имеющейся выборки сформированы обучающая (510 женщин) и тестовая (257 женщин) выборки.

Обработка данных проводилась в программе Excel. Перед использованием дискриминантного анализа (алгоритм изложен в [3]) необходимо проверить все ли критериям удовлетворяют данные. В исходной выборке  $k=5$  классов и в каждом классе около не менее 100 объектов исследования (женщин), что удовлетворяет первому критерию использования дискриминантного анализа. Для проверки второго критерия был использован корреляционный анализ (табл. 2) [4], т.е. была подсчитана корреляция между наиболее информативными признаками, которые были найдены с помощью метода Шеннона [5]. Получилось 28 наиболее информативных показателей с DI-го по EJ-й (расшифровка табл. 1).

Таблица 1. Расшифровка информативных показателей

Название показателя	Позиция в Excel
ФСГ	DI
ЛГ	DJ
Пролактин	DK
...	
Лимфоциты,%	EI
Моноциты,%	EJ

Таблица 2. Значение коэффициента корреляции между наиболее информативными признаками

	DI	DJ	DK	...	EJ
DI	1	0.01605	0.21074		0.5
DJ	0.01605	1	0.161232		0.111991
DK	0.21074	0.161232	1		0.226872
DL	0.399131	0.177239	0.113688		0.430659
DM	0.408354	0.446576	0.070823		0.10837

DN	0.026415	0.046414	0.05427		0.196537
...					
EJ	0.56484	-0.09454	0.069461		1

Исходя из того, что полученные значения корреляции по модулю меньше 0.5, следует, что корреляционная связь между исследуемыми признаками небольшая, т.е. они являются линейно независимыми. Для проверки данных на нормальность распределения используется функция плотности распределения (1) [4].

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

где параметр  $\mu$  — среднее значение случайной величины, указывает координату максимума кривой плотности распределения, а  $\sigma^2$  — дисперсия. На рис. 2 пример функции плотности распределения для 7 признаков, они все подчиняются закону нормального распределения.

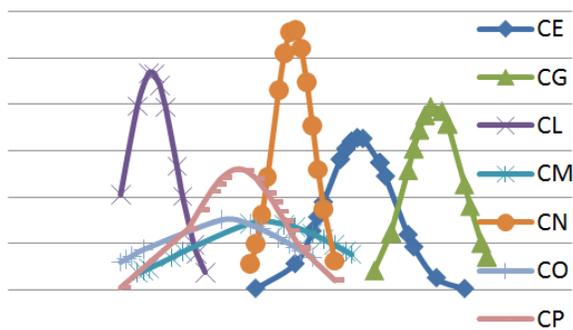


Рис. 2. Функции плотности распределения для 7 признаков: CE – ФСГ; CG – пролактин; CL – прогестерон; CM – тестостерон; CN – ДГА-с; CO – 17-гпрогестерон; CP – АКГГ

Для построения дискриминантных функций значения исходных переменных (28 признаков) для 5 групп заболеваний записываются в виде матриц  $X(1), X(2), X(3), X(4), X(5)$ , с количеством столбцов  $i=28$  и количеством строк  $j$ , равным количеству женщин в каждом классе. Далее определяются элементы векторов  $\bar{X}_j^{(k)}$  средних значений по  $j$  признакам для  $i$ -х объектов по каждой  $k$ -й выборке, которые представляются в виде 5 векторов  $\bar{X}^{(k)}$  (по количеству обучающих выборок). Для каждого из 5 подмножеств рассчитываются ковариационные матрицы  $S_k$  (размером  $28 \times 28$ ) по формуле (2) [2].

$$S^{(k)} = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n_i} (X_{ik}^{(k)} - \bar{X}_i^{(k)})(X_{jk}^{(k)} - \bar{X}_j^{(k)}) \right)_{p \times p} \quad (2)$$

После подсчета 5 ковариационных матриц рассчитывается объединенная ковариационная матрица, по формуле (3).

$$S = \frac{n_1 S^{(1)} + n_2 S^{(2)} + n_3 S^{(3)} + n_4 S^{(4)} + n_5 S^{(5)}}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 - 5} \quad (3)$$

где  $n_i$  – объемы выборок для каждого класса,  $S^{(i)}$  – ковариационные матрицы для каждого класса. Рассчитывается обратная матрица (табл. 3) к объединенной ковариационной матрице (4).

$$S^{-1} = \frac{\bar{S}}{|S|} \quad (4)$$

где  $|S|$  – определитель матрицы  $\hat{S}$  (отличный от 0),  $\bar{S}$  – транспонированная матрица алгебраических дополнений.

Таблица 3. Обратная к объединенной ковариационной матрице

	1	2	...	28
1	0,091905388	-0,065132714		0,628969769
2	-0,01450956	0,03389981		-0,418050525
3	-0,075095079	0,0629096		-1,227299785
...				
28	-0,018740198	-0,009685964		-8,114748058

Определяется  $k$  дискриминантных весовых векторов (5):

$$w_k = S^{-1} \bar{X}^k, k = \overline{1,5} \quad (5)$$

Находятся пороговые величины  $w_{ok}$ , минимизирующие вероятность ошибочной классификации:

$$w_{ok} = -\frac{1}{2} w_k^T \bar{X}^k + \ln P_k \quad (6)$$

где  $P_k$  – априорная вероятность  $k$ -ого класса,  $w_k$  – весовой вектор для соответствующего класса. Строится дискриминантная функция вида:

$$g_k = w_k^T x + w_{ok} \quad (7)$$

По формуле пороговой величины (6) определяются пороговые значения для каждого класса:  $w_{o1} = -5,09$  – фиброзная М.;  $w_{o2} = -1,14$  – кистозная М.;  $w_{o3} = -6,1$  – смешанная М.;  $w_{o4} = -2,7$  – железистая М.;  $w_{o5} = -1,7$  – группы контроля. В соответствии с формулой (7) строятся 5 линейных функций для каждого класса. Пример такой функции для группы контроля:

$$S_5 = -1.7 + 0.11x_1 - 0.13x_2 - 0.04x_3 + 0.84x_4 - 0.72x_5 + 2.38x_6 - 1.84x_7 + 0.21x_8 + 0.03x_9 + 0.03x_{10} + 0.14x_{11} - 0.14x_{12} + 0.18x_{13} + 0.3x_{14} + 0.09x_{15} - 0.07x_{16} - 0.54x_{17} + 0x_{18} + 0.02x_{19} + 0.12x_{20} - 0.06x_{21} - 0.16x_{22} - 0.08x_{23} + 0.07x_{24} + 0.03x_{25} - 0.08x_{26} + 0.18x_{27} - 0.6x_{28}.$$

Принятие диагностического решения основано на подстановке значений переменных, описывающих состояние здоровья женщины, в полученные дискриминантные функции и

отнесении к тому классу, для которого дискриминантная функция имеет наибольшее значение.

#### Заключение

Оценка качества распознавания проводилась с помощью тестовой выборки из 267 женщин. В каждую полученную дискриминантную функцию подставляются значения соответствующих информативных признаков каждой женщины из данной выборки. Из результатов подстановки можно сделать вывод, что полученные решающие правила в виде дискриминантных функций обеспечивают качество распознавания в 84% случаев в условиях полного задания исходной диагностической информации.

#### Литература

1. Гергет О.М, Кочегуров В.А. Решение актуальных медицинских задач математическими методами. — Томск, ТПУ, 2002. – 20 с.

2. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ./Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др.; Под ред. И. С. Енюкова. — М.: Финансы и статистика, 1989.— 215 с.

3. Калинина, В.Н. Введение в многомерный статистический анализ: Учебное пособие – ГУУ. – М., 2010. – 66 с.

4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. — 10-е издание, стереотипное. — М.: Высшая школа, 2004. — 479 с.

5. Выбор информативных признаков. Оценка информативности. Методические указания к лабораторной работе по дисциплине "Методы обработки биомедицинских данных" для бакалавров по направлению 553400 "Биомедицинская инженерия" / Сост. И.С. Голованова. — Томск: Изд. ТПУ, 2003. – 18 с.

## ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ В ВОЗДУШНОЙ КУБИЧЕСКОЙ ПОЛОСТИ С УЧЕТОМ ПОВЕРХНОСТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Мартюшев С.Г.<sup>1</sup>, Шеремет М.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный университет

<sup>2</sup>Томский политехнический университет

Naabym@sibmail.com

#### Введение

Естественная конвекция как один из механизмов переноса энергии представляется наиболее эффективным способом охлаждения узлов и блоков радиоэлектронной аппаратуры и электронной техники вследствие высокой надежности, низкой стоимости технической реализации системы охлаждения и отсутствия шумового загрязнения. Известно, что в воздушных полостях при наличии температурных перепадов эффект от теплового излучения сопоставим с влиянием естественной конвекции [1, 2].

Целью настоящей работы является математическое моделирование пространственных режимов естественной конвекции в замкнутом воздушном объеме с учетом теплового излучения от ограждающих стенок.

#### Постановка задачи

Область решения представляет собой кубическую полость (рис. 1) с изотермическими гранями  $x = 0$  и  $x = L$ . Остальные стенки считаются адиабатическими. Предполагается, что теплофизические свойства воздуха не зависят от температуры, а режим течения является ламинарным.

Процесс переноса массы, импульса и энергии в рассматриваемой области описывается системой

нестационарных трехмерных уравнений конвекции Обербека–Буссинеска в воздушной полости [3] в условиях поверхностного излучения [4] в безразмерных переменных «векторный потенциал – вектор завихренности скорости – температура».

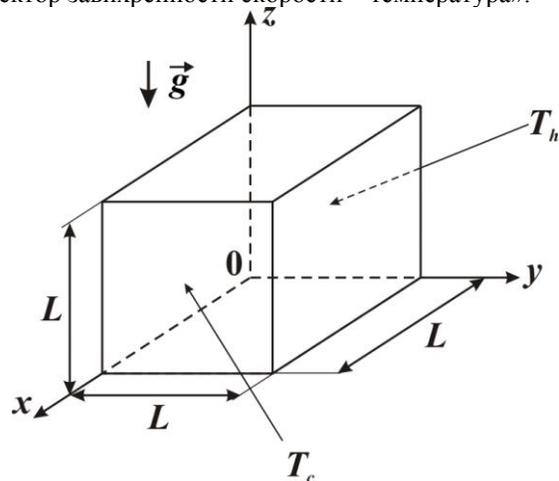


Рис. 1. Область решения

$$\nabla^2 \Psi_x = -\Omega_x, \quad \nabla^2 \Psi_y = -\Omega_y, \quad \nabla^2 \Psi_z = -\Omega_z, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Omega_x}{\partial \tau} + \frac{\partial(U\Omega_x)}{\partial X} + \frac{\partial(V\Omega_x)}{\partial Y} + \frac{\partial(W\Omega_x)}{\partial Z} -$$

$$-\Omega_x \frac{\partial U}{\partial X} - \Omega_y \frac{\partial U}{\partial Y} - \Omega_z \frac{\partial U}{\partial Z} = \sqrt{\frac{\text{Pr}}{\text{Ra}}} \nabla^2 \Omega_x + \frac{\partial \Theta}{\partial Y}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Omega_y}{\partial \tau} + \frac{\partial(U\Omega_y)}{\partial X} + \frac{\partial(V\Omega_y)}{\partial Y} + \frac{\partial(W\Omega_y)}{\partial Z} -$$

$$-\Omega_x \frac{\partial V}{\partial X} - \Omega_y \frac{\partial V}{\partial Y} - \Omega_z \frac{\partial V}{\partial Z} = \sqrt{\frac{\text{Pr}}{\text{Ra}}} \nabla^2 \Omega_y - \frac{\partial \Theta}{\partial X}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \Omega_z}{\partial \tau} + \frac{\partial(U\Omega_z)}{\partial X} + \frac{\partial(V\Omega_z)}{\partial Y} + \frac{\partial(W\Omega_z)}{\partial Z} -$$

$$-\Omega_x \frac{\partial W}{\partial X} - \Omega_y \frac{\partial W}{\partial Y} - \Omega_z \frac{\partial W}{\partial Z} = \sqrt{\frac{\text{Pr}}{\text{Ra}}} \nabla^2 \Omega_z,$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + \frac{\partial(U\Theta)}{\partial X} + \frac{\partial(V\Theta)}{\partial Y} + \frac{\partial(W\Theta)}{\partial Z} = \frac{1}{\sqrt{\text{Ra} \cdot \text{Pr}}} \nabla^2 \Theta. \quad (5)$$

В начальный момент времени предполагается, что воздух неподвижен, поэтому компоненты векторного потенциала и вектора завихренности равны нулю. На нагреваемой поверхности:  $\Theta_h = 0.5$  на охлаждаемой:  $\Theta_n = -0.5$ ; на теплоизолированных гранях:  $\partial \Theta / \partial \bar{n} = N_{\text{in}} Q_{\text{rad}}$ . Граничные условия для  $\Psi_x, \Psi_y, \Psi_z$  и  $\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z$  аналогичны [3].

Дифференциальные уравнения (1)– (5) с соответствующими начальными и граничными условиями решены методом конечных разностей [3].

Для определения безразмерной плотности радиационного потока  $Q_{\text{rad}}$  применялся метод решения с использованием плотности потока эффективного излучения [4], который основан на реализации следующих двух разностных уравнений с использованием метода последовательной верхней релаксации:

$$Q_{\text{rad},k} = R_k - \sum_{i=1}^N F_{k-i} R_i,$$

$$R_k = (1 - \varepsilon_k) \sum_{i=1}^N F_{k-i} R_i + \varepsilon_k (1 - \xi)^4 \left( \Theta_k + 0.5 \frac{1 + \xi}{1 - \xi} \right)^4.$$

Угловые коэффициенты вычислялись исходя из их определения [4].

Разработанный метод решения был протестирован на ряде модельных задач как свободноконвективного теплопереноса в двумерном и трехмерном приближениях [3], так и конвективно-радиационного переноса энергии.

### Результаты решения

Численный анализ проведен при  $\text{Pr} = 0.7$ , различных значениях числа Рэлея  $\text{Ra} = 10^3 - 10^6$  и приведенной степени черноты  $0 \leq \varepsilon \leq 0.9$ .

На рис. 2 и 3 представлены изолинии  $\Psi_y$  в сечении  $Y = 0.5$  (пространственная постановка) и линии тока  $\Psi$  (двумерная модель), а также распределения изотерм при  $\text{Ra} = 10^5$  и различных значениях приведенной степени черноты. Проведенные вычисления отражают существенное влияние излучения в полости на распределения термогидродинамических параметров, особенно в пространственной постановке. Увеличение приведенной степени черноты отражается на росте скорости циркуляции воздушных масс (рис. 2). Необходимо отметить, что повышение  $\varepsilon$  также приводит к более существенному различию в распределении изотерм пространственной и плоской моделей (рис. 3). Искривление изотерм вблизи горизонтальных границ характеризует наличие теплового потока вследствие излучения.

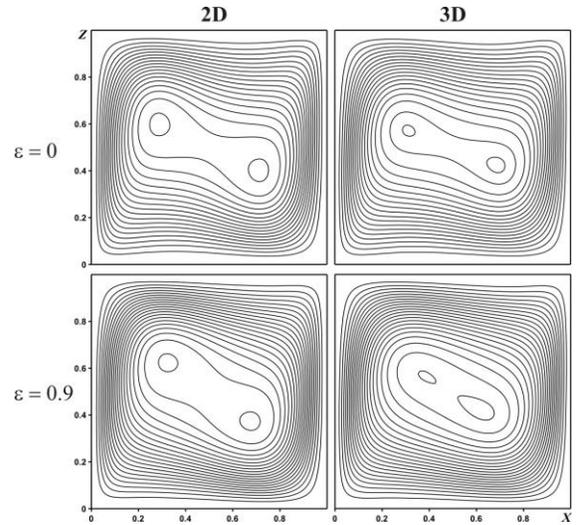


Рис. 2. Изолинии  $\Psi_y$  (3D) и  $\Psi$  (2D) при  $\text{Ra} = 10^5$

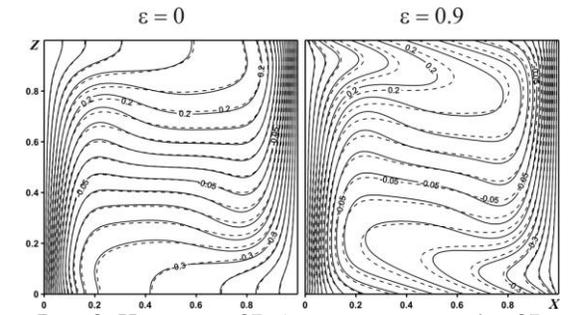


Рис. 3. Изотермы 2D (сплошные линии) и 3D (штриховые линии) при  $\text{Ra} = 10^5$

На рис. 4 и 5 проиллюстрированы зависимости средних конвективного и радиационного чисел Нуссельта на вертикальной изотермической грани от температурного напора и приведенной степени черноты для двумерной и пространственной постановок. Увеличение  $\varepsilon$  при  $\text{Ra} > 10^4$  приводит к

снижению  $Nu_{con}$  и повышению  $Nu_{rad}$ . Для пространственной постановки среднее радиационное число Нуссельта ниже аналогичного для двумерной модели. Это отличие увеличивается с ростом  $\varepsilon$ .

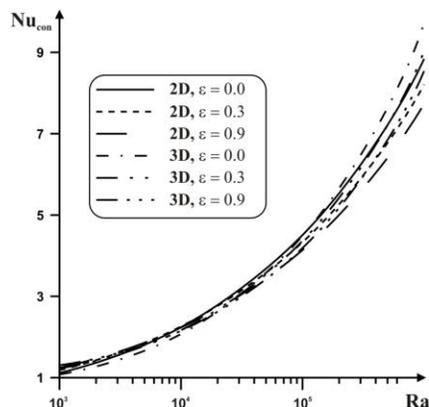


Рис. 4. Зависимость среднего конвективного числа Нуссельта на изотермической стенке от  $Ra$

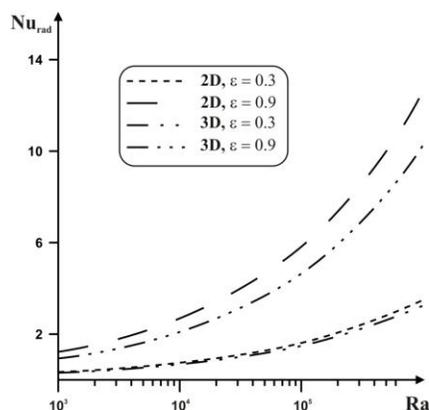


Рис. 5. Зависимость среднего радиационного числа Нуссельта на изотермической стенке от  $Ra$

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ для молодых российских ученых (грант МК-5652.2012.8).

#### Литература

1. Wang H., Xin S., Le Quere P. Numerical study of natural convection-surface radiation coupling in air-filled square cavities // C.R. Mecanique. – 2006. – Vol. 334. – Pp. 48–57.
2. Mezrhab A., Bouali H., Amaoui H., Bouzidi M. Computation of combined natural-convection and radiation heat-transfer in a cavity having a square body at its center // Applied Energy. – 2006. – Vol. 83. – Pp. 1004–1023.
3. Шеремет М.А. Сопряженные задачи естественной конвекции. Замкнутые области с локальными источниками тепловыделения. – Берлин: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 176 с.
4. Siegel R., Howell J.R. Thermal radiation heat transfer. – London: Taylor & Francis, 2002. – 868 p.

## ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПОИСКА МНОЖЕСТВА КРАЙНИХ ПОДСИСТЕМ ДЛЯ ЗАДАННОЙ СОВМЕСТНОЙ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ

Небаба С.Г., Вылегжанин О.Н.

Томский политехнический университет  
[stepan-lfx@mail.ru](mailto:stepan-lfx@mail.ru)

### Введение

Усложнение производства, техники и организационной структуры общества приводит к тому, что принятие решений и эффективное руководство все больше и больше нуждаются в широкой, точной и быстрой информации, количественной оценке и прогнозе результатов, последствий принятых решений.

подавляющее большинство задач оценки и прогноза реальных производственно-

экономических ресурсов и результатов их использования сводится к нахождению решения (области допустимых решений) для некоторой системы неравенств, выражающих ограничения по тем или иным ресурсам. Эти неравенства представляются в виде линейных функций, либо легко могут быть приведены к ним с использованием ряда допущений.

Нахождение решения системы линейных неравенств при наличии некоторой целевой

функции обычно относят к задачам математического программирования. Эти задачи относятся к задачам исследования конкретных производственно-хозяйственных ситуаций, которые в том или ином виде интерпретируются как задачи об оптимальном использовании ограниченных ресурсов.

На практике нередко отсутствует целевая функция, на нахождение оптимального значения которой направлено большинство моделей математического программирования, и на основании учета ограничений в виде системы линейных неравенств определяется множество точек, выпуклая оболочка которых является областью допустимых значений задачи.

В связи с этим возникает задача построения алгоритма, позволяющего найти область допустимых значений для любой заданной системы линейных неравенств при наличии ограничений равенств.

Другими словами, необходимо найти множество крайних подсистем, образующих область допустимых значений для этих систем, и определить для каждой из крайних подсистем зависимые неравенства и, если область допустимых значений не является замкнутой, список ребер, описывающих многомерный конус.

#### Теоретические предпосылки

Ранее [1] были рассмотрены методы нахождения первой крайней подсистемы, учета ограничений равенств и выявления зависимых неравенств.

Рассмотрим задачу нахождения области допустимых значений для системы линейных неравенств, которая учитывает в явном виде ограничения-равенства. В этом случае математическая постановка задачи может быть сформулирована следующим образом:

$$Ax \leq \bar{b}, x \in R^n, \bar{b} \in R^m, \quad (1)$$

где  $A$  – матрица коэффициентов неравенств,  $\bar{b}$  – вектор правой части.

Будем полагать, что система линейных неравенств (1) определена или переопределена, и все  $k$  столбцов  $A$  – линейно независимы.

Необходимо найти множество крайних подсистем, узловые решения которых образуют множество точек, выпуклая оболочка которых совпадает с областью допустимых значений решаемой системы.

В работе [1] предложен метод решения задачи отыскания крайней подсистемы путем последовательного перемещения рабочей точки вдоль области пересечения удерживающих неравенств. Этот же метод с учетом некоторых условий может быть применен и для перебора всех крайних подсистем.

Из теорем, доказанных в [2], можно вывести формулу перехода от одной крайней подсистемы к другой:

$$x^* = x + \gamma d, \quad (2)$$

где  $d$  – вектор направления,  $\gamma$  – расстояние между точками.

$$d = (I - A_i A_i^+)^* a, \quad (3)$$

где  $A_i$  – матрица подсистемы, из которой была исключена  $i$ -ая строка,  $A_i^+$  – соответствующая ей псевдообратная матрица,  $a$  – произвольный ненулевой вектор.

$$\gamma = \frac{\beta - \alpha x}{\alpha d},$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – компоненты ребра многогранника, описываемые соответствующим неравенством ( $i$ -ая строка матрицы  $A$ ).

#### Алгоритм поиска

Для поиска множества крайних подсистем был разработан следующий алгоритм:

1. Задаются начальные данные: система линейных неравенств (матрица  $A$ , вектор  $\bar{b}$ ), первая крайняя подсистема  $A_0$ , точка пересечения неравенств  $x_0$ .
2. Выделяется ребро, вдоль которого будет производиться поиск следующей крайней подсистемы, то есть из числа неравенств, образующих крайнюю подсистему, исключается одно.

Движение из точки  $x$  в направлении ребра будет описываться формулами (2)-(4).

3. Проверяется направление поиска (выполнение неравенств).

4. Поиск пересечения ребра с плоскостью. Если пересечений в данном направлении нет, ребро составляет часть конуса. Если существует пересечение, то оно будет крайней подсистемой. Вычисляется новая точка  $x_n$  и вектор разностей

$$\bar{y} = \bar{b} - Ax_n.$$

5. Если число рассмотренных ребер меньше числа входящих в крайнюю подсистему неравенств, то происходит смена ребра поиска, переход к п. 2. Если все входящие в подсистему ребра рассмотрены, выбирается следующая крайняя подсистема из найденных и поиск повторяется.

В результате работы данного алгоритма находятся наборы ребер и крайних подсистем, образующих область допустимых значений для заданной системы линейных неравенств, а также список подсистем, не являющихся крайними.

Разработанный алгоритм был реализован в виде программы в пакете MatLab.

#### Тестирование алгоритма

Для проверки работоспособности алгоритма проведено вычисление тестового примера. В

качестве тестового примера была взята преобразованная система неравенств из [3].

Система линейных неравенств:

$$A = \begin{pmatrix} -0,998 & -1 \\ 8 & -3 \\ -7 & 5 \\ -26,998 & -25 \\ 2,998 & -5 \\ -0,162 & 0,4 \\ 0,455 & -3 \\ 2 & 0,5 \end{pmatrix}, \quad \bar{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 16 \\ 4,999 \\ 135 \\ 15 \\ 1 \\ 9,5 \\ 7 \end{pmatrix}.$$

Первая найденная крайняя подсистема образована 1 и 5 неравенствами. Они пересекаются в точке

$$x_0 = (0.626 \quad -2.625).$$

В результате работы алгоритма были найдены 5 крайних подсистем:

1) 1 и 3 неравенства, точка  $x_1 = (-1.251 \quad -0.752)$ ;

2) 2 и 5 неравенства, точка  $x_2 = (1.129 \quad -2.322)$ ;

3) 2 и 8 неравенства, точка  $x_3 = (2.9 \quad 2.4)$ ;

4) 3 и 6 неравенства, точка  $x_4 = (1.497 \quad 3.106)$ ;

5) 6 и 8 неравенства, точка  $x_5 = (2.611 \quad 3.557)$ .

Как можно убедиться из графического решения, представленного на рис. 1., все крайние подсистемы найдены верно.

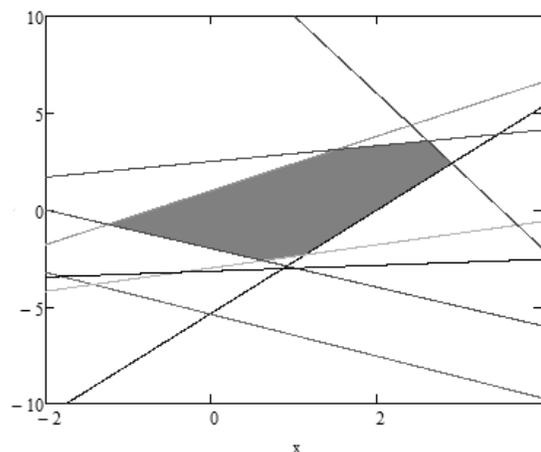


Рис. 1. Область допустимых значений для тестового примера

### Выводы

Разработан способ вычисления области допустимых значений для заданной совместной системы совместных неравенств. Предложен алгоритм поиска множества крайних подсистем. Результаты расчета тестового примера подтверждают работоспособность предложенного алгоритма.

### Литература

1. Небаба С.Г., Вылегжанин О.Н. Построение и исследование алгоритма поиска первой крайней подсистемы для заданной совместной системы линейных неравенств // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 5. – С. 17–21.
2. Вылегжанин О.Н., Шкатова Г.И. Решение задачи линейного программирования с использованием оператора-проектора // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 5. – С. 37–40.
3. Вылегжанин О.Н., Шкатова Г.И. Учет ограничений равенств при решении оптимизационных задач с линейными ограничениями // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 5. – С. 76–78.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА В АРГОНЕ В ОТСУТСТВИИ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Нгуен Бао Хынг, Огородников А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[lnhh27@gmail.com](mailto:lnhh27@gmail.com)

### Введение

Среди используемых различных ионно-плазменных устройств, разрядные системы с внешней инжекцией электронов выгодно отличаются возможностью реализации разряда с пониженным напряжением горения в более широком диапазоне рабочих давлений. Такие устройства основаны на двухступенчатой разрядной ячейке с «холодными» электродами.

Для создания электронных пучков необходимо, что бы электроны испускались вблизи катода, ускорились и направились к аноду перед тем, как его достигают. В данной работе рассматривается газовый разряд в трубе дрейфа, в том числе их плотность и плотность их энергии. Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи: изучить теорию дрейфово-диффузионного интерфейса, разработать алгоритм и программу определения распределения плотности электронов и плотности энергии, провести тестовые и контрольные расчеты, проанализировать полученные результаты

С целью проведения моделирования на компьютере ограниченного ресурса, труба, в которой вычисляется плотность электронов и средняя энергия электронов, была выбрана с длиной 5мм и шириной 0,5мм. Труба заполняется аргоном комнатной температуры (300К). Электроны испускаются из-за термоэлектронной эмиссии на левой границе с произвольной средней энергией. Электроны ускоряются к правой границе (изолированной со средой) из-за наложенного внешнего электрического поля, которое ориентируется в противоположном направлении от скорости дрейфа электронов:

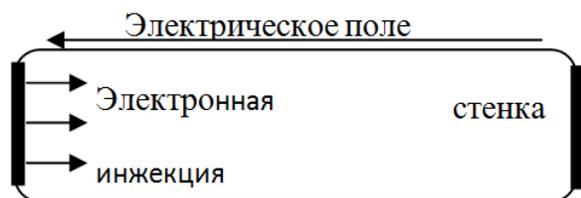


Рис. 1. В трубе дрейфа электроны входят в левую границу и ускоряются электрическим полем к правой стенке.

Вообще, перенос электронов описывается уравнением Больцмана, которое является нелокальным уравнением неразрывности в фазовом пространстве  $(\mathbf{r}, \mathbf{u})$ . Уравнение Больцмана –

чрезвычайно сложное интегрально-дифференциальное уравнение, и решение его в эффективной манере в настоящее время невозможно. Оно может быть аппроксимировано двумя гидродинамическими уравнениями, умножая на весовую функцию и затем интегрируя по скоростному пространству. После того получим два уравнения описывают электронную плотность (1) и среднюю энергию электронов (2) как функции конфигурационного пространства и времени. Та же самая аппроксимация может быть применена к транспорту положительных или отрицательных (анионов) ионов в газовом разряде. Тщательно определяя транспортные коэффициенты и коэффициенты разряда неупругого столкновения с помощью программы BOLSIG+ [1], мы можем сделать гидродинамическую модель самосогласованной с уравнением Больцмана насколько возможно.

Теория переноса электронов:

Уравнение для электронной плотности

$$\frac{\partial}{\partial t}(n_e) + \nabla \cdot \Gamma_e = R_e - (\mathbf{u} \cdot \nabla) n_e \quad (1)$$

где  $\Gamma_e = -(\mu_e \cdot \mathbf{E}) n_e - \mathbf{D}_e \cdot \nabla n_e$  – поток электронов.

Плотность энергии электронов описывается следующим уравнением

$$\frac{\partial}{\partial t}(n_e) + \nabla \cdot \Gamma_e + \mathbf{E} \cdot \Gamma_e = R_e - (\mathbf{u} \cdot \nabla) n_e \quad (2)$$

где  $\Gamma_e = -(\mu_e \cdot \mathbf{E}) n_e - \mathbf{D}_e \cdot \nabla n_e$  – поток энергии электронов.

Коэффициенты в правых частях:

Коэффициенты, определяющие источник, в вышеупомянутых уравнениях определяются плазменной химией и записываются, используя или разрядные коэффициенты. Предположим, что есть  $M$ . реакций, которые способствуют росту или уменьшению плотности электронов и  $P$  неупругих электронно-нейтральных столкновений. В общем  $P \gg M$ , и тогда:

$$R_e = \sum_{j=1}^M x_j k_j N_n n_e$$

где  $x_j$  – молярная доля реагирующих частиц вида  $j$ ,  $k_j$  – коэффициент разряда для реакции  $j$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), и  $N_n$  – полная плотность нейтральных частиц ( $1/\text{m}^3$ ).

Потеря энергии электронов получается, если просуммировать энергетическую потерю из-за столкновений по всем реакциям:

$$R_e = \sum_{j=1}^p x_j k_j N_n n_e \Delta \varepsilon_j$$

где  $\Delta \varepsilon_j$  – энергетическая потеря от реакции  $j$  (V).

Энергетическая потеря из-за неупругих столкновений – самый важный входной параметр в дрейфово-диффузионном интерфейсе. Если это корректно не определено, то серьезно сказывается на численных результатах.

Граничное условие на стенке

Результирующее уравнение для нормального компонента электронного потока на стенке:

$$\mathbf{n} \cdot \Gamma_e = \frac{1-r}{1+r} \left( \frac{1}{2} v_{e,th} n_e \right) - \frac{2}{1+r} (1-a) \left[ \sum_p \gamma_p (\Gamma_p \cdot \mathbf{n}) + \Gamma_r \cdot \mathbf{n} \right]$$

и для нормального компонента электронной плотности энергии:

$$\mathbf{n} \cdot \Gamma_\varepsilon = \frac{1-r}{1+r} \left( \frac{1}{2} v_{e,th} n_e \right) - \frac{2}{1+r} (1-a) \left[ \sum_p \gamma_p \bar{\varepsilon}_p (\Gamma_p \cdot \mathbf{n}) + \bar{\varepsilon}_r \Gamma_r \cdot \mathbf{n} \right]$$

Граничное условие Изоляции:

$$\mathbf{n} \cdot \Gamma_e = 0 \text{ и } \mathbf{n} \cdot \Gamma_\varepsilon = 0$$

Граничное условие плотности электронов и энергии

$$n_e = n_{ew} \text{ и } \bar{\varepsilon} = \bar{\varepsilon}_0, \text{ где } \bar{\varepsilon} = n_\varepsilon / n_e$$

### Результаты и обсуждение

Электронная плотность представлена на рисунке 2. Пиковая электронная плотность наблюдается вблизи дальней стенки. Пиковая электронная плотность в пять раз выше, чем электронная плотность на левой стенке из-за новых электронов, создаваемых посредством ионизации.

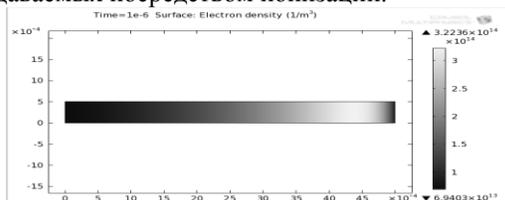


Рис. 2: График электронной плотности в трубе дрейфа.

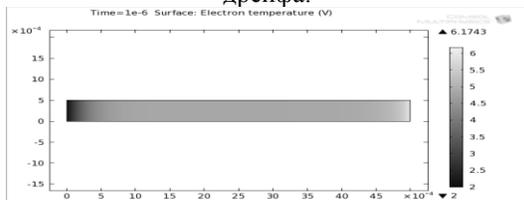


Рис. 3: График электронной температуры в трубе дрейфа

На рисунке 3 представлена электронная "температура" ( $T_e = 2/3 \cdot \bar{\varepsilon}$ ), на левой стенке электронная "температура" установлена 2 электронвольта и она увеличивается вдоль трубы.

Поскольку нет никаких изменений в решении в направлении Y, может быть более удобно создать

1D набор данных в направлении X и подготовить различные количества вдоль оси X. На рисунке 4 представлена электронная плотность как функция направления X. Электронная "температура" представлена на рисунке 5. На левой стенке электронная "температура" установлена 2 электронвольта. Температура устойчиво увеличивается по узкой области. Это вследствие того, что есть сильная скорость дрейфа в противоположном направлении к электрическому полю. Поскольку электронная температура увеличивается, то вычисляются константы разряда, которые ответственны за создание новых электронов. На увеличении электронной температуры также сказывается существенное число неупругих столкновений, которые происходят в трубе. После начального повышения электронной температуры электронная температура остается постоянной до дальней стенки. В этой области омический нагрев, вызванный скоростью дрейфа электронов в противоположном направлении к электрическому полю, уравновешивается энергетической потерей из-за неупругих столкновений.

Сильно нелинейное поведение в таком примере демонстрирует факт, что очень сложная динамика наблюдается даже в самой простой из плазм.

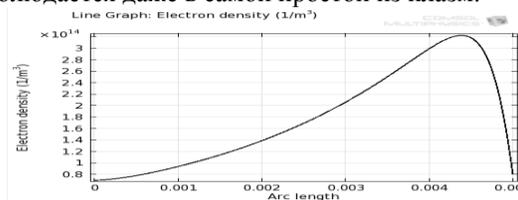


Рис. 4. График электронной плотности вдоль трубы дрейфа

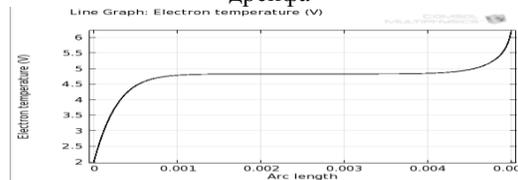


Рис. 5. График электронной температуры вдоль трубы дрейфа

### Заключение

Разработанная модель может быть расширена при моделировании транспортировки электронов в разных газах и в присутствии внешнего магнитного поля.

### Литература:

1. Hagelaar G.J.M., Pitchford L. C. Solving the Boltzmann Equation to Obtain Electron Transport Coefficients and Rate Coefficients for Fluid Models // Plasma Sources Science and Technology, vol. 14, pp. 722–733, 2005.

2. В.П. Григорьев, Т.В. Коваль, Г.Е. Озур.  
Формирование и транс-портровка  
низкоэнергетических сильноточных электронных  
пучков в плазмонаполненном диоде во внешнем

магнитном поле // Журнал технической физики,  
2010, том 80, вып. 1. С. 103 – 109.

## ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КОАКСИАЛЬНОГО ОТРАЖАТЕЛЬНОГО ТРИОДА НА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Нгуен Мань Хынг, Нгуен МиньТуан, Коваль Т.В.

Томский политехнический университет  
[pavel\\_corsaghin21x@yml.com](mailto:pavel_corsaghin21x@yml.com)

### Введение

Приборы с виртуальным катодом (ВК), называемые виркаторами, являются генераторами микроволнового излучения в сантиметровом диапазоне частот с гигаваттным уровнем мощности [1, 2]. Триод с виртуальным катодом (или отражательный триод) – это один из типов виркаторов, которые способны работать без внешнего магнитного поля, их принцип работы основан на формировании в общей вакуумной электродинамической системе электронного пучка, виртуального катода и возбуждении в этой системе электромагнитных волн. Наибольший интерес представляют низшие типы волн, так как их передача энергии по направляющей системе обеспечивается наиболее просто, и они имеют наименьший уровень шумов в точке приема сигнала. В коаксиальном отражательном триоде формирование виртуального катода и взаимодействие пучка с полем волны ТЕМ происходит в одном и том же резонансном объеме (рис. 1). В работе [1] показано, что при передаче волны ТЕМ волны (или возбуждении ее в коаксиальной области триода) она преобразуется в волну  $E_{01}$  в цилиндрической области, так как волны ТЕМ и  $E_{01}$  имеют близкие конфигурации полей. Поэтому представляет интерес исследовать влияние геометрии на передачу энергии волны ТЕМ, на собственные частоты и структуру собственных полей на выходе системы.

### Коэффициент передачи энергии

Коэффициент прохождения волны  $S$  определяется как отношение потока энергии прошедшей через выходное окно к энергии на входе. Исследование передачи энергии и распределения поля в электродинамической системе коаксиального отражательного триода проведено с помощью численного решения трехмерной электродинамической задачи с применением CST Microwave Studio и COMSOL.

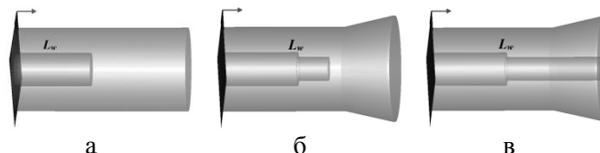
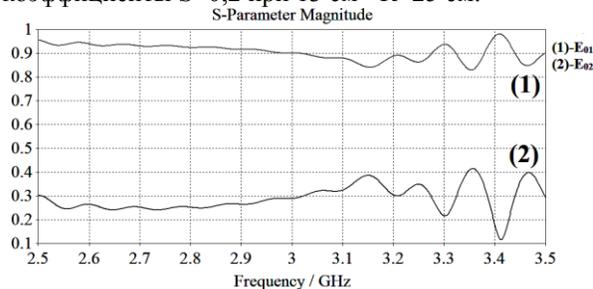


Рис. 1. Электродинамические системы отражательных триодов: *а* – без рупора, *б* и *в* – с рупором (обозначить длину  $L_A$  и  $L_W$ ), систему без рупора добавить Нарисовать стрелки на входе справа и стрелку на выходе

Численные результаты показывают, что коэффициент передачи энергии зависит от геометрии системы и от частоты передаваемых волн, при переходе от коаксиальной конфигурации к цилиндрической (рис. 1) происходит отражение и преобразование волн в другие типы волн.

Рассмотрим электродинамическую систему отражательного триода без рупора (рис. 1 а). Расчеты частотных зависимостей коэффициента передачи энергии  $S$  волны ТЕМ показали, что на частоте 3 ГГц при увеличении внешнего радиуса триода  $R$  от 13 см до 25 см при трансформации волны ТЕМ в волну  $E_{01}$  коэффициент передачи энергии волны меняется незначительно ( $S > 0.9$ ). На рис. 2 показаны частотные зависимости  $S$  для двух значений радиусов  $R=13$  и 25 см. С увеличением размера системы уменьшается критическая частота волны  $E_{01}$ , поэтому, как видно из рис. 2, уменьшается ширина областей с максимальным значением  $S$  (ширина резонансной полосы). При этом высшие моды волн ( $E_{02}$  и др.) в десятисантиметровом диапазоне длин волн имеют коэффициенты  $S < 0.2$  при  $13 \text{ см} < R < 25 \text{ см}$ .



*а*

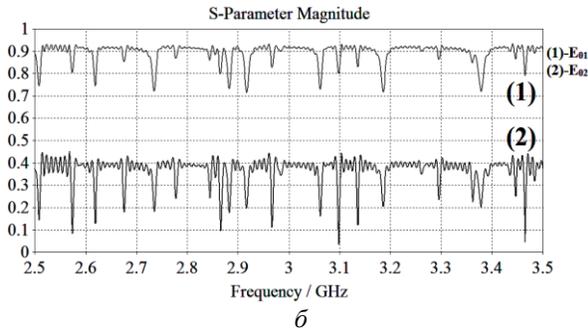


Рис. 2. Частотные зависимости коэффициента прохождения волн E01 и E02 при разном внешнем радиусе системы:  $a - R = 13$  см;  $b - 25$  см

Рассмотрим электродинамическую систему отражательного триода с рупором (рис. 1б). На рис. 3 показана частотная зависимость коэффициента передачи TEM волны при  $R = 17,5$  см и радиусе рупора 22 см. Из сравнения рис. 2 и рис. 3а видно, что наличие рупора на частоте 3 ГГц приводит к уменьшению амплитуды волны E01 ( $S \sim 0,8$ ) и увеличению амплитуды E02 ( $S \sim 0,5$ ).

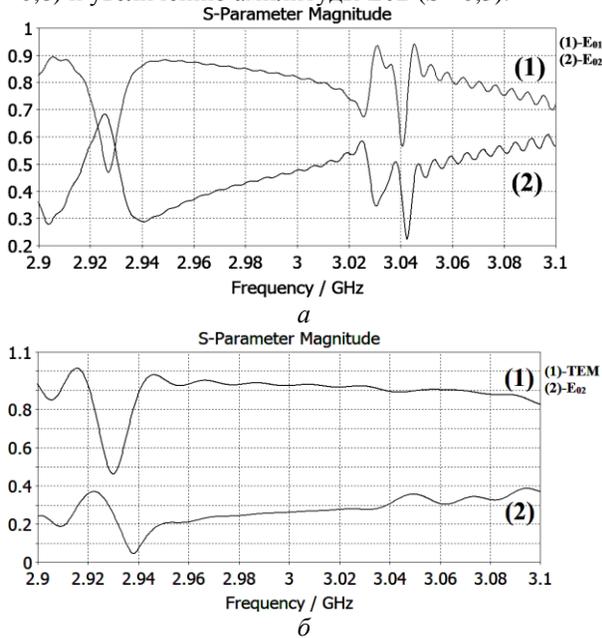


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициента прохождения волн E01 и E02 при разной длине внутреннего электрода:  $a - L_w = 32$  см;  $b - 72$  см

Представляет интерес рассмотреть влияние длины внутреннего электрода  $L_w$  отражательного триода (рис. 1 б) на передачу энергии волны TEM,  $L_w = LA + LC$ ,  $LA = 32$  см – длина анода,  $LC$  – длина выступающей части катододержателя. Как видно из рис. 3, с увеличением длины внутреннего электрода происходит уменьшение амплитуды волны E01 и увеличение амплитуды E02. При  $L_w = 72$  см электродинамическая система триода является коаксиальной, в которой волна TEM является

основной и коэффициент передачи имеет значение, близкое к единице (рис. 3б). Присутствие волны E02 указывает на рассеяние волны TEM в областях смены радиусов внешнего и внутреннего проводников.

На рис. 4 показаны диаграммы направленности поля в дальней зоне при прохождении волны TEM систем, представленных на рис. 1.

#### Диаграмма направленности

Основной характеристикой при исследовании электромагнитного излучения в дальней зоне является диаграмма направленности антенны (ДН) – графическое представление зависимости коэффициента усиления антенны или коэффициента направленного действия антенны от направления антенны в заданной плоскости. Дальняя зона антенны – область, в которой плотность потока энергии излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния от антенны. В дальней зоне ДН зависит только от углового направления, в отличие от ближней зоны, где направленные свойства определяются законами геометрической оптики. Дальняя зона определяется обычно условиями[2]:

$$\text{для остронаправленных антенн} \\ r \geq 2 \frac{L^2}{\lambda}; \quad (1.2.2)$$

$$\text{для слабонаправленных антенн} \\ r \geq \lambda \text{ при } L < \frac{\lambda}{2}, \quad (1.2.3)$$

$$r \geq 2\lambda \text{ при } \frac{\lambda}{2} < L \leq \lambda, \quad (1.2.4)$$

где  $L$  - наибольший размер антенны. Величина плотности потока мощности в дальней зоне излучения передающей антенны определяется по формуле

$$P_r(\theta, \varphi) = P_{rmax} \cdot F(\theta, \varphi),$$

где  $F(\theta, \varphi)$  - значение нормированной по мощности ДН передающей антенны в направлении на облучаемую точку  $(\theta, \varphi)$ ,  $P_{rmax}$  - плотность потока мощности в главном луче ДН антенны на расстоянии  $L$ . ДН характеризуется шириной её главного луча на уровне 0,5 от её максимального значения по мощности  $P_{rec}$  и коэффициентом направленного действия (КНД)  $D$

$$D = \frac{4\pi}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi \frac{P_r(\theta, \varphi)}{P_{rmax}} \sin \theta d\theta d\varphi}.$$

На рис. 4. показаны ДН TEM волны соответственно для систем отражательных триодов 1а, 1б и 1в, из которых видно, что наличие (или отсутствие) рупора а также изменение внутреннего проводника практически не влияет на конфигурацию ДН и уровень мощности излучения в дальней зоне.

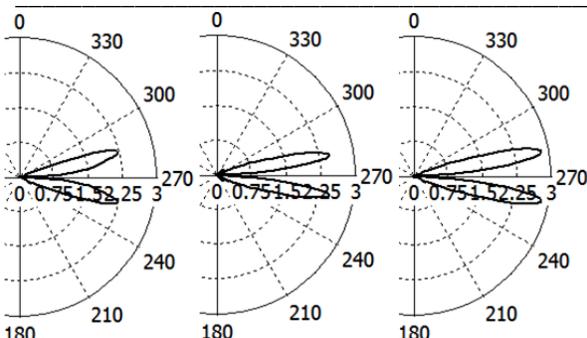


Рис. 4. ДН TEM волны соответственно для систем отражательных триодов 1а, 1б и 1в

#### Заключение

Исследование электродинамической системы коаксиального отражательного триода показало, что

коэффициент прохождения TEM волны и модовый состав поля на выходе системы зависит от длины внутреннего проводника и рупора.

#### Литература

1. Жерлицын А.Г., Канаев Г.Г., Коваль Т.В., Нгуен Т. М. Исследование возбуждения электромагнитных колебаний в планарно-коаксиальном триоде с виртуальным катодом // Известия вузов // Физика. – 2011. – Т. 54. – № 11/2. – С. 209-214.
2. Гошин Г.Г. Устройства СВЧ и антенны. Учебное пособие. 2003. Ч. 2.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АЛГОРИТМОВ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Осадчая И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

[Irishka\\_tomsk@mail.ru](mailto:Irishka_tomsk@mail.ru)

Традиционные информационные системы независимо от доступных средств или применяемых технологий обеспечивают пользователя «сырой» информацией без каких-либо дополнительных пояснений. Они просто обрабатывают и распространяют данные, хранящиеся в базе данных. База данных – организованная в соответствии с определёнными правилами и поддерживаемая в памяти компьютера совокупность данных, характеризующая актуальное состояние некоторой предметной области и используемая для удовлетворения информационных потребностей пользователей.

Системы поддержки принятия решений состоят не только из базы данных, но также из базы, содержащей техники, методы, прогнозы и статистику, что делает возможным комплексную обработку доступной информации. Они дают возможность «индивидуализированного» вывода информации, соответствующего потребностям пользователя.

Ценность базы знаний зависит от качества ее содержимого и динамичности, с которой она может адаптироваться к изменениям в предметной области. База знаний состоит из декларативных (факты, понятия) и процедурных знаний (правила и действия), которые используются экспертами при решении задач. Она проектируется специалистами по разработке баз знаний и экспертами в предметной области таким образом, чтобы она отображала навыки экспертов, их знания и опыт. Знания в базе представляются посредством

продукционных правил, семантических сетей, фреймов и других способов представления знаний.

Семантическая сеть является способом визуального описания связей между любыми видами объектов. Она состоит из узлов (например, людей, мест, предметов, понятий, событий или действий) и связей (взаимоотношении между узлами типа «является», «имеет», «сделай из» и т. п.). Семантические сети используются разработчиками систем с базой знаний для определения тех элементов базы знаний, которые связаны с декларативным описанием объектов, связей и взаимоотношений. Семантические сети наиболее широко используются при подтверждении правильности знаний экспертами в данной предметной области. Пример семантической сети приведен на рис. 1.

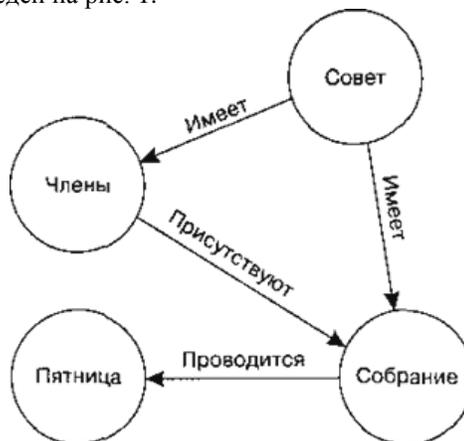


Рис. 1. Пример семантической сети

Продукционная модель является привлекательной в силу компактности и простоты представления знаний и активно используется в экспертных системах, логических агентах, а в последнее время – в технологиях Семантической паутины (Semantic Web). Основным препятствием применения продукционной модели в практических задачах является экспоненциальный или суперэкспоненциальный рост сложности логического вывода при увеличении глубины вложенности правил.

Существующие решения данной проблемы лежат в области эвристических алгоритмов или методов предварительного составления списков фактов, релевантных антецедентам правил. В первом случае обеспечивается эффективное решение в узкой предметной области, которое невозможно тиражировать, как например, шахматные алгоритмы. Во втором случае с применением алгоритмов ускорения логического вывода возможно создание универсальных машин логического вывода, но скорость вывода остается недостаточной, поскольку не устраняется эффект комбинаторного взрыва при росте размеров дерева поиска.

Анализ существующих прикладных решений в области искусственного интеллекта (ИИ) показывает, что успешные проекты либо ограничиваются узким контекстом, либо характеризуются отсутствием сложных цепочек рассуждений. В частности, экспертные системы воспроизводят в себе не знания, а навыки эксперта, т.е. не причинно-следственные связи, а связи вида «явление – гипотеза». В поведении человека также навыки превалируют над рассуждениями. В работе предлагается антропоморфный подход к построению и сопровождению баз знаний, позволяющий радикально уменьшить сложность извлечения знаний путем воспроизведения механизма навыков.

Пусть базу знаний составляет множество правил  $R = \{r\}$ , где  $r = (A \rightarrow C)$ ,  $A = \{a\}$  – множество антецедентов (условий) правила,  $C = \{c\}$  – множество консеквентов (следствий) правила, а также фактов  $F = \{f\}$ . Факты  $f$ , антецеденты  $a$  и консеквенты  $c$  правил состоят из триплетов  $(s, p, o)$ , где  $s$  – субъект,  $p$  – предикат и  $o$  – объект. Запросы к базе знаний  $g$  также состоят из триплетов. Если запрос  $g$  успешно унифицируется (сопоставляется) с фактом  $f$ , то среднее время выполнения запроса  $t_f$  невелико и зависит линейно от числа фактов в базе знаний  $t_f = \frac{1}{2} \tau \cdot |F|$ , где  $\tau$  – время извлечения одного факта,  $|F|$  – мощность множества фактов. Если запрос  $g$  унифицируется с консеквентом правила, то среднее время обработки правила без использования алгоритмов ускорения составит  $t_r =$

$t_r b^d$ , где  $b$  – число условий в правиле,  $d$  – средняя глубина вложенности правил.

Известные алгоритмы ускорения логического вывода, в частности, RETE [1], ускоряют вывод приблизительно на три порядка, не устраняя, однако, экспоненциальной сложности задачи поиска решений в продукционной модели знаний. Радикально ускорить извлечение фактов можно при условии запоминания результатов предыдущих обращений к базе знаний в виде вторичных фактов (прецедентов). Первичными будем называть факты, которые не являются результатами работы правил. В работе [2] показано, как механизм прецедентов позволяет не только устранить необходимость углубления по дереву поиска при повторном решении задачи, но существенно сократить даже время первой резолюции цели, поскольку дерево решений может содержать большое число повторяющихся фрагментов, спуск в которые может быть заменен обращением к прецеденту.

Однако создание базы прецедентов влечет за собой проблему контроля актуальности прецедентов в условиях изменчивости базы фактов. В данной работе была исследована концептуальная модель базы знаний, предложенная И.А. Бессмертным [3].

Исследуемый метод реализован в программе Semantic, разработанной И.А. Бессмертным специально для изучения принципов построения систем искусственного интеллекта, визуализации знаний, а также для исследований способов построения интеллектуальных агентов. Поскольку прямой логический вывод предполагает независимую обработку каждого правила, длительность вывода имеет линейную зависимость от числа правил. Следовательно, оценку быстродействия можно оценивать на одном правиле. Тестирование данного метода проводилось на базе знаний, описывающей родственные отношения. Факты вида субъект-is\_parent-объект создавались с помощью генератора случайных чисел. Правило, которое использовалось для измерения времени вывода, описывает отношение типа «прапрародитель» и имеет три условия:  $r$  ( $[c$  ("?x1", "is\_parent", "?x2"),  $c$  ("?x2", "is\_parent", "?x3"), "?x3", "is\_parent", "?x4"],

$[f$  ("?x1", "is\_grandgrandparent", "?x4")]).

Приведенный ниже график (см. рис. 2.) показывает зависимость времени работы программы логического вывода в зависимости от числа фактов в базе знаний.

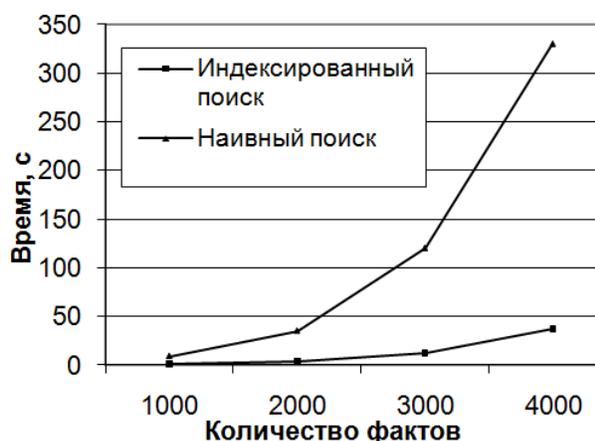


Рис. 2. Зависимость времени логического вывода от числа фактов в базе знаний

Эксперименты на тестовом наборе фактов показали, что эффективность индексации фактов зависит также от результативности правил. Если количество успешных применений правил невелико, то время вывода с использованием индексов стремится к нулю. Если каждая комбинация исходных фактов приводит к успешной

резольции (ситуация, на практике, маловероятная), то использование индексов только увеличивает время за счет издержек на индексацию. В использованном примере успешными были приблизительно 15% всех применений правил.

Таким образом, тестирование метода индексации фактов показало его работоспособность и ускорение приблизительно на порядок по сравнению с «наивным» логическим выводом.

#### Литература

1. Forgy C. L. RETE: A fast algorithm for the many pattern / many object pattern match problem // Artificial Intelligence, 1982. Vol. 19, pp. 17-37.
2. Бессмертный И.А. Методы поиска информации с использованием интеллектуального агента // Известия вузов. Приборостроение. 2009. № 12. С. 26-31. - ISSN 0021-3454.
3. Бессмертный И.А. Семантическая паутина и искусственный интеллект // Научно-технический вестник СПбГУИТМО. - Санкт-Петербург: СПбГУИТМО, 2009. - Т. 64, вып. 6. - С. 77-83. - 122 с. - ISSN 1819-222X.

## ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МНОГОМЕРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Осадчая И.А.

Томский политехнический университет  
[Irishka\\_tomsk@mail.ru](mailto:Irishka_tomsk@mail.ru)

### Введение

В настоящее время накоплен обширный арсенал средств анализа многомерных данных. Наиболее полное изложение применяемых здесь подходов, сопровождающееся подробными ссылками на ключевые работы, содержится в [1].

В [2] приведена классификация основных методов анализа структуры многомерных данных:

1. визуализация данных:
  - линейные методы снижения размерности;
  - нелинейные отображения;
  - многомерное шкалирование;
  - заполняющие пространство кривые;
2. автоматическое группирование:
  - факторный анализ объектов и признаков;
  - кластерный анализ объектов и признаков;
  - иерархическое группирование;
  - определение «точек сгущения».

Разделение методов носит достаточно условный характер, так как различные методы имеют немало пересечений в отдельных приемах обработки информации. В основу приведенной классификации положен признак, отображающий степень участия

экспериментатора в выделении особенностей взаимоотношений между исследуемыми объектами и признаками. Применение методов визуализации данных нацелено на поиск наиболее выразительных изображений совокупности исследуемых объектов для последующего максимального задействования потенциала зрительного анализатора экспериментатора.

Компьютерная обработка данных предполагает некоторое математическое преобразование данных с помощью определенных программных средств. Для этого необходимо иметь представление как о математических методах обработки данных, так и о соответствующих программных средствах [3].

### Характеристика экспериментальных данных

Проведем анализ показателей физиологических реакций бронхолегочной системы в ответ на психофизиологическое воздействие (аудиовизуальную стимуляцию). Технология получения экспериментальных данных подробно изложена в [4].

Бронхиальная астма (греч. *asthma* – удушье) – болезнь, при которой у больных наблюдается приступы экспираторного удушья различной тяжести [5].

Большинство больных бронхиальной астмой страдают психогенными приступами удушья. Такие приступы возникают, как правило, при сильных эмоциях страха или гнева. Тяжелые стрессовые ситуации, скорее всего, могут вызвать непродолжительную ремиссию бронхиальной астмы. В свою очередь, хронические психотравмы в большинстве случаев попросту ухудшают её течение [5]. Одной из причин возникновения различных соматических заболеваний могут быть психические факторы. Важной группой таких факторов являются негативные эмоции. Эмоции оказывают влияние на: иммунную систему; гормональное состояние; периферическую физиологическую активацию (например, частоту сердцебиений и артериальное давление) [6].

Исходная информация представляет собой данные о пациентах с четырьмя типами бронхолегочных заболеваний:

- бронхиальная астма непсихогенная (*BANP*);
- бронхиальная астма сомато-психогенная (*BASP*);
- бронхиальная астма психогенно индуцированная (*BAPI*);
- психогенная одышка (*PD*).

#### Анализ данных на основе кластерного анализа

Наиболее ярко отражает черты многомерного анализа в классификации кластерный анализ. Кластер (*англ. cluster* – скопление) – объединение нескольких однородных элементов, которое может рассматриваться как самостоятельная единица, обладающая определёнными свойствами. Кластерный анализ наиболее ярко отражает черты многомерного анализа в классификации. Главное назначение кластерного анализа – разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные, в соответствующем понимании, группы или кластеры. Это означает, что решается задача классификации данных и выявления соответствующей структуры в ней. Методы кластерного анализа можно применять в самых различных случаях, даже в тех случаях, когда речь идет о простой группировке, в которой все сводится к образованию групп по количественному сходству [2]. Основное достоинство кластерного анализа в том, что он позволяет производить разбиение объектов не по одному параметру, а по целому набору признаков. В табл.1 и 2 представлены результаты разбиения, полученные с помощью кластерного анализа (метод Уорда) на базе пакета *Statistica*.

В табл. 1 представлены результаты кластеризации по физиологическим показателям бронхолегочной системы, отражающим динамику их изменения после проведения сеансов аудиовизуальной стимуляции.

Таблица 1. Распределение пациентов по кластерам (степень воздействия аудиовизуальной стимуляции)

Диагно з	Количество пациентов			
	1 кластер	2 кластер	3 кластер	4 кластер
BANP	1	5	15	8
BASP	3	6	5	4
BAPI	8	14	2	0
PD	1	0	6	5

В 1-м кластере преимущественно оказались пациенты с диагнозом психогенно индуцированной бронхиальной астмой (*BA*), а также 3 человека с сомато-психогенной *BA*, 1 – с непсихогенной *BA* и 1 – с психогенной отдышкой.

Во второй кластер преимущественно попали также больные психогенно индуцированной бронхиальной астмой, 6 человек – с диагнозом сомато-психогенной бронхиальной астмы и 5 человек – с непсихогенной астмой.

Третий кластер объединил преимущественно людей с диагнозом непсихогенной бронхиальной астмы. Также сюда попали 2 человека с психогенно индуцированной астмой, 5 человек – с сомато-психогенной астмой и 6 – с психогенной отдышкой.

В четвертом кластере также преимущественно оказались люди с непсихогенной бронхиальной астмой. А также 4 – с сомато-психогенной *BA* и 5 – с психогенной отдышкой.

На основе анализа полученных результатов (значений центроидов для каждого кластера) был сделан вывод о том, что на пациентов 1, 3 и 4 кластеров аудиовизуальная стимуляция мозга оказывает аналогичное воздействие – улучшаются значения показателей вентиляции легких и механики дыхания. При этом для первого кластера улучшение значений показателей вентиляции легких менее выражено, чем для третьего кластера. Улучшение статической растяжимости легких характерно только для 4 кластера. Для пациентов, попавших во 2 кластер, аудиовизуальная стимуляция практически не оказывает никакого воздействия на изменение показателей вентиляции легких и механики легких.

В табл. 2 представлены результаты кластеризации по исходным («фоновым») физиологическим показателям бронхолегочной системы.

Таблица 2. Распределение пациентов по кластерам («фоновые» показатели бронхолегочной системы)

Диагно з	Количество пациентов			
	1 кластер	2 кластер	3 кластер	4 кластер
BANP	6	21	0	2
BASP	3	6	7	2
BAP1	14	1	7	2
PD	1	8	2	1

В первый кластер попали, в основном, пациенты с диагнозом «психогенно индуцированная астма», во второй – пациенты с непсихогенной бронхиальной астмой и с психогенной отдышкой, в третий – пациенты с психогенно-индуцированной и сомато-психогенной бронхиальной астмой. И, наконец, в четвертом оказалось практически одинаковое количество представителей каждого из заболеваний. Полученные результаты показывают, что на основе имеющихся показателей бронхолегочной системы не удалось выделить кластеры, соответствующие медицинским диагнозам.

#### Литература

1. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика.

Классификация и снижение размерности. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 471 с.

2. Дюк В., Эмануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.

3. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.

4. Немеров Е.В., Языков К.Г. К вопросу изучения личностных свойств в психофизиологической реактивности больных бронхиальной астмой на аудиовизуальную стимуляцию // Вестник ТГПУ. – 2011. – Вып. 6 (108). – С. 134–137.

5. Бронхиальная астма // Бронхиальная астма // Кандидоз.Ру (молочница). 2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.candidoz.ru/allegrologiya/astma.html>, свободный

6. Медико-психологические аспекты психосоматических соотношений в исследованиях отечественных авторов последнего периода. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://psibook.com/17/20.html>, свободный

## ВСП-МЕТРИЯ СКВАЖИН

Пищулина Н.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Степанов Д.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: [lalhamsil@mail.ru](mailto:lalhamsil@mail.ru)

Наклонно-направленное бурение постепенно становится основным видом бурения как на суше, так и на море при проходке скважин со стационарных морских платформ. Одновременно существует тенденция повышения требований к точности попадания забоя скважин в заданную точку и к соблюдению проектного профиля скважины. Поэтому необходимо обеспечивать эффективный контроль пространственного положения ствола скважин.

В настоящее время для этого используются инклинометры – приборы, измеряющие угол и азимут искривления буровой скважины [1]. Как правило, инклинометры не работают с углами наклона меньше 3° и обладают значительными погрешностями оценки зенитного угла. Это приводит к неопределенности относительного истинного положения ствола скважины и большим погрешностям анализа скважинных данных.

Для оценки положения ствола скважины могут использоваться результаты, полученные методом вертикального сейсмического профилирования

(ВСП). ВСП – метод скважинных и околоскважинных сейсмических исследований в сейсморазведочном диапазоне частот [2].

Схема наблюдений в ВСП (рис. 1) определяется положением пунктов возбуждения (ПВ) и расстановкой пунктов приема (ПП). Для стандартной технологии ВСП приемная расстановка расположена в скважине и смещается по вертикали, занимая различные положения по глубине. В ПП фиксируется время, за которое сигнал достигает рассматриваемую точку.

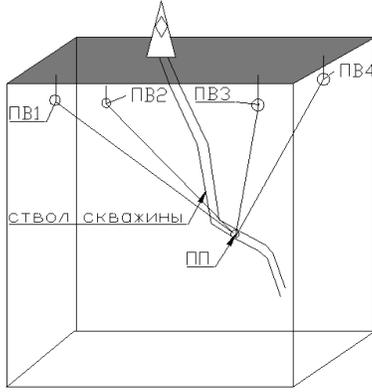


Рис. 1. Схема наблюдений в ВСП

Реальные среды в нефтегазовой геологии и геофизике чаще всего описываются слоистыми моделями. Предполагается, что внутри слоев скорости и плотности меняются монотонно, а на границах слоев терпят разрыв [2]. Поэтому целесообразно использовать среднюю скорость, определяющую осредненную характеристику среды от поверхности наблюдений до заданной глубины. Применение средней скорости в данной задаче возможно, поскольку волны от каждого ПВ проходят одинаковое количество слоев.

Если считать, что средняя скорость  $v$  распространения волн в данной среде от каждого ПВ до ПП одинакова, то связь координат ПП ( $x_r, y_r, z_r$ ), координат  $i$ -го ПВ ( $x_i, y_i, z_i$ ) и времен прихода волны из  $i$ -го ПВ в ПП  $t_i$  можно определить системой нелинейных уравнений:

$$\begin{cases} (x_1 - x_r)^2 + (y_1 - y_r)^2 + (z_1 - z_r)^2 = t_1^2 v^2, \\ (x_2 - x_r)^2 + (y_2 - y_r)^2 + (z_2 - z_r)^2 = t_2^2 v^2, \\ (x_3 - x_r)^2 + (y_3 - y_r)^2 + (z_3 - z_r)^2 = t_3^2 v^2, \\ (x_4 - x_r)^2 + (y_4 - y_r)^2 + (z_4 - z_r)^2 = t_4^2 v^2. \end{cases} \quad (1)$$

При наблюдениях ВСП в этой системе неизвестными будут  $x_r, y_r, z_r$  и  $v$ .

Для решения системы преобразуем три уравнения системы (1) к линейным уравнениям относительно неизвестных путем вычитания четвертого уравнения из них.

$$\begin{cases} x'_1 x_r + y'_1 y_r + z'_1 z_r = t'_1 v^2 + K_1, \\ x'_2 x_r + y'_2 y_r + z'_2 z_r = t'_2 v^2 + K_2, \\ x'_3 x_r + y'_3 y_r + z'_3 z_r = t'_3 v^2 + K_3, \\ (x_4 - x_r)^2 + (y_4 - y_r)^2 + (z_4 - z_r)^2 = t_4^2 v^2, \end{cases} \quad (2)$$

где  $K_i = -(x_i^2 - x_4^2 + y_i^2 - y_4^2 + z_i^2 - z_4^2)$ ,  
 $t'_i = t_i^2 - t_4^2$ ,  $x'_i = -2(x_i - x_4)$ ,  $y'_i = -2(y_i - y_4)$ ,  
 $z'_i = -2(z_i - z_4)$ ,  $i = \overline{1,3}$ .

Для решения системы (2) применим метод Гаусса. Значение координат ПП на обратном ходу метода Гаусса:

$$x_r = L_x + v^2 P_x, \quad y_r = L_y + v^2 P_y, \quad z_r = L_z + v^2 P_z,$$

(3)

$$L_z = \frac{K_3 x'_1 - K_1 x'_3 - \frac{K_2 x'_1 - K_1 x'_2}{y_2 x'_1 - y_1 x'_2} \cdot (y_3 x'_1 - y_1 x'_3)}{z'_3 x'_1 - z'_1 x'_3 - \frac{z_2 x'_1 - z_1 x'_2}{y_2 x'_1 - y_1 x'_2} \cdot (y_3 x'_1 - y_1 x'_3)},$$

$$P_z = \frac{t'_3 x'_1 - t'_1 x'_3 - \frac{t_2 x'_1 - t_1 x'_2}{y_2 x'_1 - y_1 x'_2} \cdot (y_3 x'_1 - y_1 x'_3)}{z'_3 x'_1 - z'_1 x'_3 - \frac{z_2 x'_1 - z_1 x'_2}{y_2 x'_1 - y_1 x'_2} \cdot (y_3 x'_1 - y_1 x'_3)},$$

$$L_y = \frac{K_2 \cdot x'_1 - K_1 \cdot x'_2 - \frac{z_2 \cdot x'_1 - z_1 \cdot x'_2}{y_2 \cdot x'_1 - y_1 \cdot x'_2} \cdot L_z}{y_2 \cdot x'_1 - y_1 \cdot x'_2 - \frac{z_2 \cdot x'_1 - z_1 \cdot x'_2}{y_2 \cdot x'_1 - y_1 \cdot x'_2} \cdot L_z},$$

$$P_y = \frac{t'_2 x'_1 - t'_1 x'_2 - \frac{z_2 x'_1 - z_1 x'_2}{y_2 x'_1 - y_1 x'_2} \cdot P_z}{y_2 x'_1 - y_1 x'_2 - \frac{z_2 x'_1 - z_1 x'_2}{y_2 x'_1 - y_1 x'_2} \cdot P_z},$$

$$L_x = (K_1 - h_1 L_y - z_1 L_z) / x'_1,$$

$$P_x = (t'_1 - h_1 P_y - z_1 P_z) / x'_1.$$

Подставим полученные значения в последнее уравнение системы (2) и проведем замену переменных:

$$(K_x - v^2 P_x)^2 + (K_y - v^2 P_y)^2 + (K_z - v^2 P_z)^2 = t_4^2 v^2,$$

$$\text{где } K_x = x_4 - L_x, \quad K_y = y_4 - L_y, \quad K_z = z_4 - L_z.$$

Решением данного уравнения является искомая средняя скорость распространения волны

$$v = \sqrt{\frac{\frac{b}{2} \pm \sqrt{\frac{b^2}{4} - a \cdot c}}{a}},$$

$$\text{где } a = P_x^2 + P_y^2 + P_z^2,$$

$$b = -2(K_x P_x + K_y P_y + K_z P_z + t_4^2 / 2),$$

$$c = K_x^2 + K_y^2 + K_z^2.$$

Таким образом, получено аналитическое решение системы уравнений. В общем случае, биквадратное уравнение имеет четыре решения, но в данной задаче два значения можно отбросить, поскольку скорость не может быть отрицательной. Отметим, что практическую значимость имеют только действительные решения.

Полученная методика была исследована на модельных данных. Координаты ПВ представлены в таблице 1. Координаты ПП и скорость изменялись по следующему закону:  $z_n = 10n$ ,  $x_n = -\frac{z_n}{10}$ ,

$$y_n = \frac{z_n}{10}, \quad v_n = 1600 + \left(\frac{n}{6}\right)^2,$$

$$t_i^n = \sqrt{(x_i - x_n)^2 + (y_i - y_n)^2 + (z_i - z_n)^2} / v, \quad n = \overline{0,500},$$

где  $n$  – номер ПП,  $i$  – номер ПВ.

Таблица 1. Параметры модели

Скважины	1	2	3	4
Координата $x$ , м	-700	0	0	1000
Координата $y$ , м	0	-1000	1000	0
Координата $z$ , м	0	-4	0	0
Удаление, м	700	1000	1000	1000

Оба решения системы оказались действительными (рис. 2). Первое решение совпадает с истинным решением, второе характеризуется отрицательными значениями координат ПП и является физически некорректным (ствол скважины находится над землей).

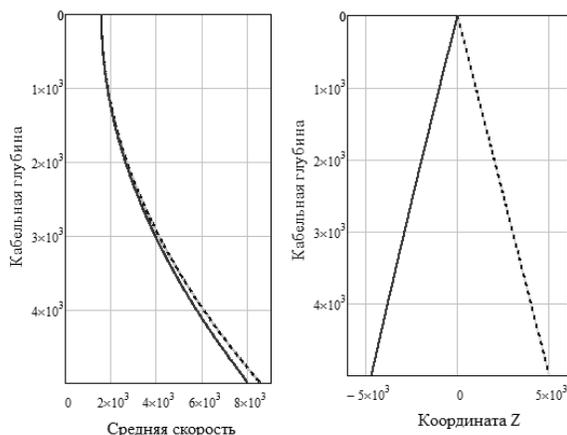


Рис. 2. Истинные и вычисленные в результате работы алгоритма значения средней скорости и координат ПП

Далее считалось, что измерение времени  $t_i$  проводится с ошибками. Ошибки измерения времени  $t_i^n$  принимались случайными, нормально распределенными, с нулевым математическим

ожиданием и дисперсией  $\sigma^2$ . На рис. 3 приведен результат решения системы (2) при  $\sigma^2 = 10^{-6} \text{ с}^2$ .

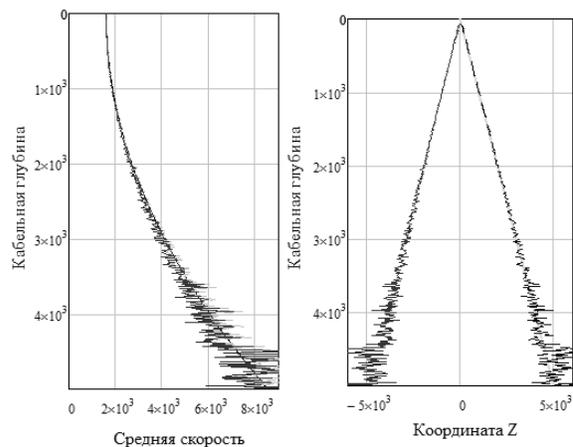


Рис. 3. Истинные и вычисленные в результате работы алгоритма значения средней скорости и координаты  $x$  при наличии погрешностей в исходных данных

Величина погрешности возрастает с глубиной: если на глубине порядка 1 км среднее отклонение оценки составляет  $\Delta x=4$  и  $\Delta y=2$ , то на глубине 5 км  $\Delta x=121$  и  $\Delta y=96$ .

Таким образом, разработан метод совместной оценки средней скорости и координат ПП. Благодаря независимости расчета координат ПП и средней скорости от предыдущих итераций алгоритма ошибки вычислений не накапливаются.

Список использованной литературы

1. Исаченко В.Х. Инклинометрия скважин — М.: Недра, 1987. - 216 с.
2. Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. Опыт и результаты — М.: Наука, 1994. -320 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ПЛАСТОВОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНОЙ И СКВАЖИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

Поданёва Д.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент, Степанов Д.Ю.

Томский политехнический университет  
[saruwatari@mail.ru](mailto:saruwatari@mail.ru)

Сейсмическая разведка является ведущим методом геофизических исследований земной коры. Одним из ее методов является метод вертикального сейсмического профилирования (ВСП), основанный на экспериментальном изучении процесса распространения сейсмических волн во внутренних точках реальных сред. ВСП включает в себя любые сейсмические наблюдения, когда один из элементов (источник возбуждения или приемник упругих колебаний) размещается и передвигается в стволе

скважины, а второй – располагается на дневной поверхности или в неглубокой скважине [1].

Одним из важнейших этапов работы с полученными при помощи сейсморазведки данными является их интерпретация. Интерпретация данных ВСП включает в себя такие этапы, как построение скоростной модели среды, стратиграфическая привязка отраженных волн и изучение околоскважинного пространства. В данной работе рассмотрена задача построения

пластовой модели среды по данным ВСП, ГИС и МОГТ. Задача построения таких моделей некорректна и, обычно, решается только на основе данных ГИС (АК) или данных ВСП (наблюденный годограф) без учета динамических характеристик сейсмических волн. На основе таких моделей решение прямых задач, прежде всего синтез трасс, становится проблематичным. Поэтому важно построить модель, увязывающую кинематические (скорость, время, расстояние) и динамические (амплитуда, форма импульса, частотный спектр колебаний) характеристики среды и волновых полей.

По значению скорости распространения упругой волны геологический разрез разделяется на относительно однородные слои горных пород, на границах которых скорость меняется скачком. Пластовая скорость — средняя скорость распространения волн в данном пласте в направлении, перпендикулярном простиранию [2]. Как правило, границы областей с различными физическими свойствами совпадают с геологическими границами, что используется при интерпретации сейсмических данных.

Прямой задачей сейсморазведки является расчет времен прихода ( $t$ ) и амплитуд ( $A$ ) той или иной волны для известного сейсмогеологического разреза, т.е. когда известны: мощности, глубины залегания, размеры тех или иных геологических объектов (чаще слоев) и скорости распределения упругих волн, свойства среды, а также место и форма источника.

Реальная среда, по которой распространяются сейсмические волны очень сложная. Модель среды — это некоторое упрощенное представление геологического разреза. Обычно модель задается в виде набора слоев с заданными параметрами, определяющими физические свойства каждого слоя модели. Модель геологического разреза, предназначенная для расчета сейсмического волнового поля, должна содержать следующую информацию: данные о положении и геометрии отражающих границ, скорости продольной и поперечной волн, плотности пород и форму сейсмического сигнала, возбуждаемого источником. Импульсная характеристика среды может быть измерена с помощью методов ГИС. Если не учитывать кратных отражений внутри пластов, то импульсная характеристика определяется последовательностью коэффициентов отражения от границ раздела двух сред:

$$k_{omp} \approx \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}.$$

Полученные синтетические сейсмические волновые поля сравниваются с реальными полями,

зарегистрированными при полевых экспериментах. Сравнение реального и модельного полей позволяет сделать заключение о близости реальной геологической среды и той модели, которая была заложена в расчет модельного волнового поля.

Задача построения пластовой модели среды может быть сформулирована как нахождение границ пластов  $H_{i-1}$  и  $H_i$  и выбор среди множества пластовых моделей той, которая бы обеспечивала минимум расхождения результатов свертки и реальных материалов.

Обычно производится разбивка геологической модели на пласты и осреднение значений скорости и плотности в рамках заданных пластов.

Исходными данными к построению пластовой модели среды являются кабельные глубины  $h_i$  и годограф волны (вертикальное время пробега волны от поверхности до заданной глубины)  $t_i, i=1, \dots, N$ , где  $N$  — количество точек приема [5].

Построение пластовой модели необходимо начать с определения границ пластов. Известно, что при постоянной скорости внутри пласта годограф описывается уравнением первого порядка. Поэтому целесообразно воспользоваться кусочно-линейной интерполяцией, в результате которой границы прямолинейности составят границы пластов:

$$t_g(h) \rightarrow \begin{cases} a_1 h + b_1 = 0, h \in [H_0, H_1] \\ a_2 h + b_2 = 0, h \in [H_1, H_2] \\ \dots \\ a_N h + b_N = 0, h \in [H_{N-1}, H_N] \end{cases},$$

где  $H_{i-1}$  — подошва  $i$ -го пласта, а  $H_i$  — кровля,  $a$  — величина, обратно пропорциональная скорости распространения волны в данном пласте.

Решением прямой задачи сейсморазведки, связывающим кинематические характеристики среды и динамические характеристики отраженных волн по такой модели, с точки зрения математики является сверточная модель [3]:

$$Y(t) = h(t) * S(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) \cdot S(t - \tau) d\tau,$$

где  $h(t)$  — импульсная сейсмограмма (сейсмограмма при дельта-сигнале на входе [4]),

$$h(t) = \sum_i k_{omp_i} \delta(t)$$

$S(t)$  — форма отраженной волны, а  $Y(t)$  — синтетическая сейсмическая трасса.

В качестве сигнала для расчета сейсмической трассы можно использовать различные виды импульсов, например автокорреляционную функцию трассы коридорного суммирования ВСП, автокорреляционную функцию трассы МОГТ, аналитический импульс (Пузырева, Берлаге, и т.п.), форму импульса, полученную по данным ВСП.

В качестве оценки эффективности построенной модели, используем коэффициент корреляции реальной и синтетической сейсмической трассы:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

где  $x$  и  $y$  – амплитуды реальной и синтетической трассы. Для более наглядного сравнения, коэффициент корреляции вычисляется на всем временном промежутке в некотором скользящем временном окне, что позволяет судить о подобии трасс на отдельных промежутках. Назовем такую функцию функцией подобия.

Разработанный алгоритм (рис. 1) был реализован в системе Matlab и использован при интерпретации материалов Северо-Останинской площади (рис. 2), Конторовичского месторождения и скважин Восток-1, Восток-3 и Восток-4. Исследование показало, что свертка трассы коэффициентов отражения с формами импульса, полученными при помощи ВСП (с фазовым сдвигом), дает наибольший коэффициент подобия.

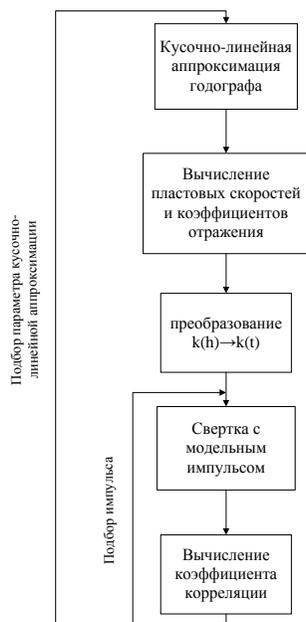


Рис. 1. Общая схема решения задачи

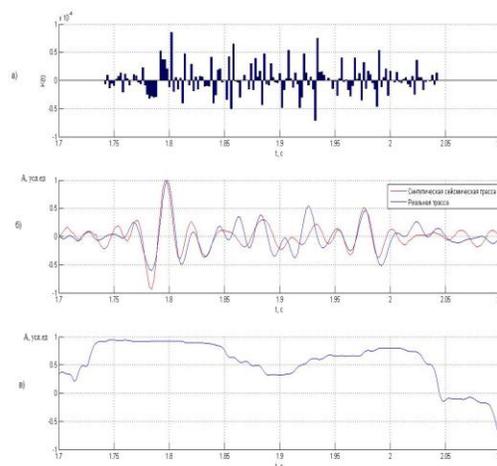


Рис. 2. График (а) коэффициентов отражения, (б) синтетической и реальной сейсмической трасс и (в) функции подобия скважины 15 Северо-Останинского месторождения

#### Литература

1. Гальперин Е.И. Вертикальное сейсмическое профилирование. Опыт и результаты. – М.: Наука, 1994. – 320 с.
2. ПЛАСТОВАЯ СКОРОСТЬ, описание термина // словарь терминов - AllFuel.Ru. 2012. URL: <http://allfuel.ru/dict/4409> (дата обращения: 13.02.2012)
3. Р. Шерифф, Л. Гелдарт Сейсморазведка Т.2. – М.: Мир, 1987. – 400 с.: ил.
4. Гогоненков Г. Н. Расчет и применение синтетических сейсмограмм. – М.: Недра, 1972. – 142 с.
5. Шевченко А.А. Скважинная сейсморазведка. – М.: РГУ нефти и газа, 2002. – 129 с.

## ВЛИЯНИЕ НАКЛОННЫХ ГРАНИЦ НА ОЦЕНКУ СКОРОСТНОГО ЗАКОНА ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ВЕРТИКАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Речкин М.С., Степанов Д.Ю.

Томский политехнический университет  
w00x@sibmail.com

Среди основных задач сейсморазведки отмечают задачу оценки скоростного закона исследуемой среды (зависимость скорости распространения волны от глубины), на основе которой решаются задачи исследования околоскважинного пространства, уточнения структурных построений и задачи прогноза вещественного состава пород [1,2].

Для обработки и интерпретации данных сейсморазведки обычно пользуются горизонтально-слоистой моделью среды с однородными и изотропными слоями. Так как на распространение волны значительное влияние оказывает неоднородность и анизотропность слоев среды, а так же форма и расположение границ раздела, то для удаленных пунктов взрыва (ПВ) такая модель во многих случаях среды становится неадекватной, а оценка скоростного закона, полученная с использованием этой модели, может содержать недопустимые погрешности [4]. В данной работе рассматриваются вопросы применимости наклонно-слоистой модели сред при обработке данных вертикального сейсмического профилирования (ВСП) на примере распространения прямой продольной волны.

Рассмотрим модель наклонно-слоистой среды со следующими параметрами (рис. 1):

- толщина слоя в сечении скважины,  $\{h_i\}_{i=1,...,n}$ ;
- наклоны границы,  $\{\varphi_i\}_{i=1,...,n}$ ;
- скоростной закон,  $\{V_i\}_{i=1,...,n}$ .

Наблюдение ВСП проводится в вертикальной скважине, возбуждение среды происходит на поверхности на расстоянии  $L$  от устья скважины, регистрация колебаний проводится в стволе скважины на всем интервале глубин.

Для изучения поставленных вопросов разработаны и реализованы алгоритмы решения прямой и обратных задач ВСП на основе представленных моделей горизонтально-слоистой и наклонно-слоистой среды [3, 4]:

1. Оценка годографа прямой продольной (времени прихода волны в заданные ПП);
2. Оценка скоростной модели среды;
3. Оценка угла наклона границ.

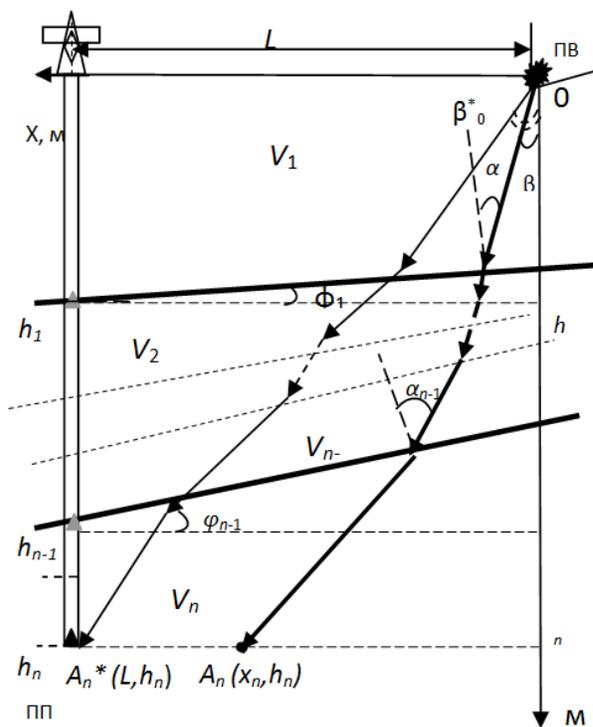


Рис. 1. Модель наклонно-слоистой среды с  $n$ -однородными и изотропными слоями

При решении задачи ВСП скоростной закон обычно оценивают на основе данных с ближнего ПВ, при котором обеспечивается близкое к вертикальному распространение волны. Часто скоростной закон с ближнего ПВ и скоростные законы, полученные с удаленных ПВ существенно отличаются друг от друга. Далее будем считать, что единственной причиной несоответствия скоростных законов является наличие наклонной границы в среде. Рассмотрим влияние угла наклона границы на годограф прямой продольной волны и, как следствие, влияние на оценку скорости на модели, параметры которой выбраны приближенными к реальным, полученным с одной из скважин Томской области:

- количество слоев – 10;
- мощность слоев в сечении скважины – 300м;
- скоростной закон:  $V = [1409, 1339, 1297, 1685, 2016, 2443, 2533, 3284, 3005, 4030]$ м/с;
- удаление ПВ – 700м.

Для исследования задавалось несколько моделей углов наклона границ (таблица 1).

Таблица 1. Модели углов наклона

Номер модели	Глубина границы, м	Угол наклона $\varphi$ , °
0	Горизонтально-слоистая модель	
1	900	10
2	900	-10
3	2400	10
4	2400	-10

В ходе исследования рассчитывался годограф прямой продольной волны для заданных моделей. Полученные годографы использовались для решения обратной задачи на основе модели горизонтально-слоистой среды, то наблюдается смещение скоростных законов в локальном интервале глубин (рис. 3).

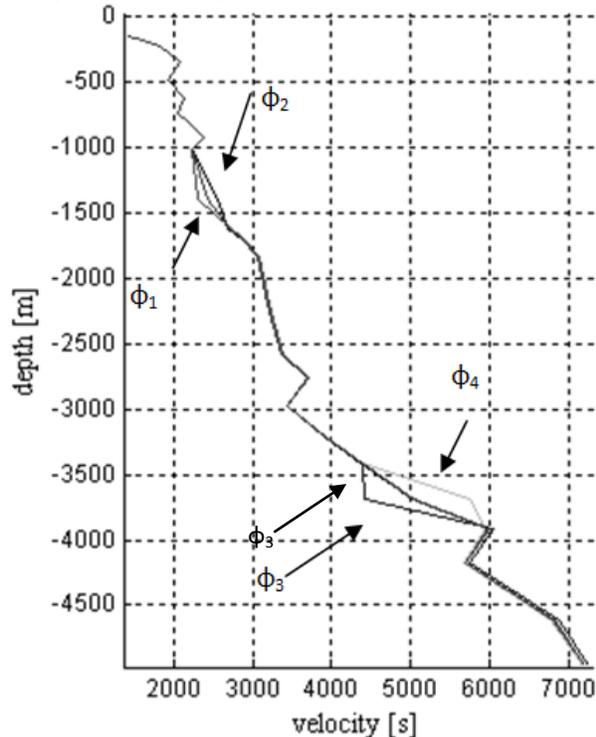


Рис. 3. Оценки скоростных законов

Если ПВ находятся по разные стороны от скважины (углы наклона границ противоположны в направлении скважины), в этом интервале наблюдается как положительное, так и отрицательное смещение скоростей (интервал локального разброса). Таким образом, получение локального разброса может служить признаком обнаружения наклонной границы. На рис. 4 показаны оценки скоростных законов по

материалам ВСП, проведенном в одной из скважин Томской области, с использованием горизонтально-слоистой модели среды.

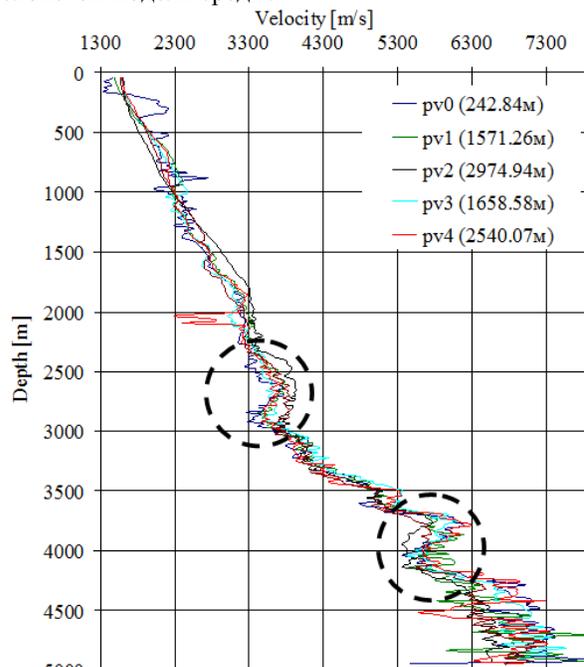


Рис. 4. Оценки скоростных законов полученные с одной из скважин Томской области

В отмеченных на рисунке областях наблюдается локальный разброс скоростей.

#### Литература

1. Шевченко А.А. Скважинная сейсморазведка. – М., РГУ нефти и газа, 2002. – 129с.
2. Сейсморазведка. Справочник геофизика /Под ред. И.И.Гурвича, В.П. Номоконова. – М., Недра, 1981. – 464 с.
3. Речкин М.С. Алгоритм оценки скоростного закона по данным ВСП для наклонно-слоистой модели среды //Молодёжь и современные информационные технологии: Сборник трудов XIX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых - Томск, 11-13 мая 2011. - Томск: СПб Графикас, 2011. (в печати).
4. Речкин М. С. Коррекция скоростного закона по данным непродольного вертикального сейсмического профилирования / Д. Ю. Степанов, М. С. Речкин // «Известия Томского политехнического университета», № 5, том 315, - Томск: Изд-во ТПУ, 2009 – С. 53-56.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК СКРЫТОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НА МОДЕЛЬНЫХ СИГНАЛАХ

Иванова Е.О., Суханова Е.Ф.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Институт Кибернетики  
634004, г. Томск, ул. Советская, 84/3, ТПУ, ИК, ПМ  
[ivae@sibmail.com](mailto:ivae@sibmail.com)

### Введение

Скрытые периодические процессы протекают практически во всех областях жизни и затрагивают множество сфер человеческой деятельности. Так, например, задачи выделения скрытых периодических составляющих возникают в медицине, геологии, сейсмологии, экономике, астрономии. Поэтому изучение методов поиска периодичностей, скрытых в наблюдаемых процессах, является актуальной задачей.

Методы обнаружения скрытых ритмов применяются в различных сферах, например, по акустическим сигналам необходимо установить тип двигателя (и его национальную принадлежность). Предполагается, что двигатели различаются по длине периода и виду основного периодического сигнала. Процедура идентификации основана на оценивании длины периода и периодической составляющей регистрируемого сигнала. Очевидна важность такой задачи при быстрой технической диагностике [1]. Также методы находят применение при оценке цикличности экономических процессов, для среднесрочного прогнозирования развития социокультурной сферы (социально-политического "климата", живописи, музыки, архитектуры, поэзии и т.д.) [2].

Периодичность в протекании жизненных процессов является одной из основных особенностей жизни. Периодические изменения в организме, характеризующие объективно устанавливаемыми количественными показателями и имеющие определенную временную структуру, называют ритмами.

Основными параметрами ритмов являются амплитуда, период и фаза. Выход параметров ритмов за пределы нормы или появление их там, где они раньше не обнаруживались, как правило, связано с изменением свойств системы и возможной неисправностью.

Существуют различные методы выделения частотных ритмов, такие как метод Стокса, спектральное представление сигнала с помощью ряда Фурье, корреляционный анализ и метод непараметрических оценок длины периода и периодических составляющих.

В качестве основного и наиболее подходящего для использования в данной работе был выбран

метод непараметрических оценок длины периода и периодических составляющих, так как именно этот метод позволяет выделять скрытые составляющие из любых периодических сигналов, а не только гармонических.

Объектом исследования в работе являются сигналы, предполагающие наличие скрытой периодической составляющей.

Предметом исследования являются периодические свойства сигналов, выделенные методом непараметрических оценок.

Целью исследования является изучение и реализация метода непараметрической оценки скрытой периодической составляющей сигналов.

Математическая постановка задачи

Рассмотрим достаточно широкий класс практически полезных непараметрических оценок длины периода и периодической составляющей во временных рядах. Из общих результатов об асимптотическом поведении решений экстремальных статистических задач вытекает состоятельность этих оценок.

Во многих прикладных задачах рассматривают временной ряд (или случайный процесс)

$$y(t) = x(t) + e(t),$$

где  $x(t)$  – детерминированная периодическая функция от времени  $t$ , т.е.  $x(t) = x(t + T)$  при некотором  $T$ , где  $T$  – длина периода (минимальная из возможных, поскольку  $2T$ ,  $3T$ ,  $4T$  – тоже, как легко видеть, длины периодов), а  $e(t)$  – "шумы", случайные погрешности, искажающие периодический сигнал. Требуется оценить (минимальную) длину периода  $T = T_0$  и периодическую составляющую  $x(t)$ . При этом не предполагается, что функция  $x(t)$  входит в какое-либо параметрическое семейство, например, конечных сумм синусов и косинусов, т.е. рассматривается задача непараметрического оценивания (минимальной) длины периода и периодической составляющей сигнала [3].

**Исследование возможности применения метода непараметрических оценок к любым сигналам**

Особенностью метода непараметрических оценок длины периода является его универсальность – возможность применения к

любым сигналам. Поэтому необходимо проверить правильность его работы на различных сигналах.

1. Проверка на синусе:

Пусть исследуемая функция  $f(t) = A \cdot \sin(2\pi\omega t)$ , где  $A$  – амплитуда сигнала,  $\omega$  – частота, задана равноотстоящими по аргументу  $t$  значениями.

Выберем следующие значения:  $A = 80$ ,  $\omega = 9$ . На рисунке 1 приведён график сигнала синуса.

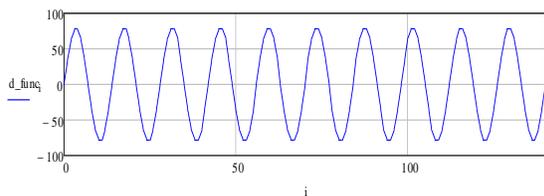


Рис. 1. Сигнал синуса

Оценку периодической составляющей сигнала синуса представлен на рисунке 2.

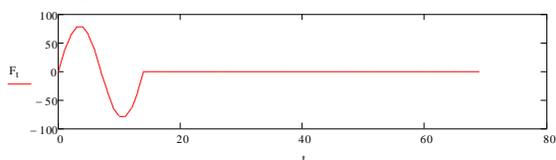


Рис. 2. Оценка периодической составляющей сигнала синуса

Оценка частоты сигнала равна 9.6 Гц.

2. Проверка на косинусе:

Пусть исследуемая функция  $f(t) = A \cdot \cos(2\pi\omega t)$ , где  $A$  – амплитуда сигнала,  $\omega$  – частота, задана равноотстоящими по аргументу  $t$  значениями.

Выберем следующие значения:  $A = 80$ ,  $\omega = 9$ .

На рисунке 3 представлен график сигнала косинуса, при заданных параметрах.

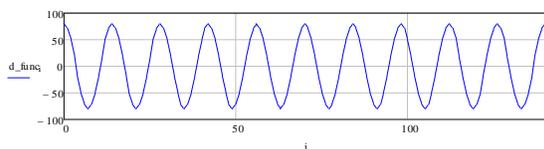


Рис. 3. Сигнал косинуса

Оценку периодической составляющей сигнала косинуса представлен на рисунке 4.

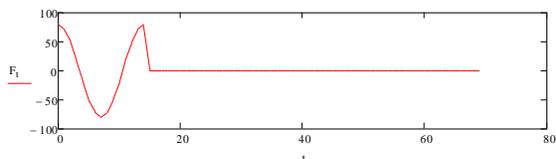


Рис. 4. Оценка периодической составляющей сигнала косинуса

Оценка частоты сигнала равна 9.6 Гц.

3. Проверка на тангенс функции:

Пусть исследуемая функция  $f(t) = A \cdot \text{tg}(2\pi\omega t)$ , где  $A$  – амплитуда сигнала,  $\omega$  – частота, задана равноотстоящими по аргументу  $t$  значениями.

Выберем следующие значения:  $A = 10$ ,  $\omega = 9$  (рис. 5.).

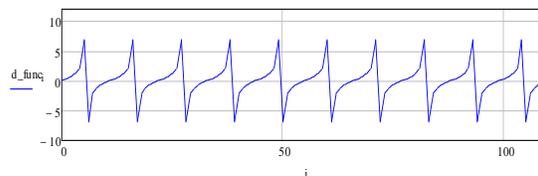


Рис. 3. Сигнал тангенса

Оценку периодической составляющей сигнала тангенса можно увидеть на рисунке 4.

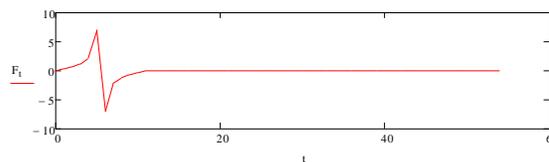


Рис. 4. Оценка периодической составляющей сигнала тангенса

Оценка частоты сигнала равна 9.9 Гц.

4. Проверка на функции – «пила»:

Пусть исследуемая функция

$$f(t) = \{A \bmod(t, T),$$

где  $A$  – амплитуда сигнала,  $\text{mod}(t, T)$  – остаток от деления, задана равноотстоящими по аргументу  $t$  значениями.

Выберем следующие значения:  $A = 10$ ,  $\omega = 9$ .

На рисунке 5 показан график сигнала функции типа «пила».

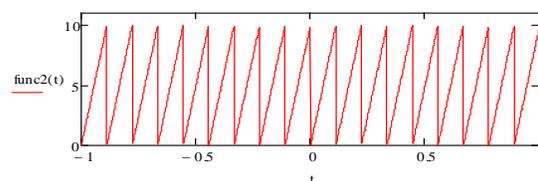


Рис. 5. Сигнал функции – «пила»

Оценку периодической составляющей сигнала типа «пила» представлен на рисунке 6.

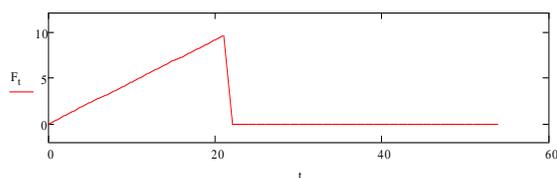


Рис. 6. Оценка периодической составляющей сигнала «пила»

Оценка частоты сигнала равна 9.4 Гц.

Заключение

Из приведенных выше графиков видно, что наиболее точную оценку периодических сигналов имеет функции – «пила». Оценка частоты сигнала данной функции составляет 9,4 Гц. Сигналы синуса и косинуса также имеют достаточно точную оценку, составляющую 9,6 Гц. Оценка частоты сигнала тангенса оказалась менее точной, их оценка составила 9,9 Гц.

Литература

1. Орлов А.И. Прикладная статистика. - М.: Изд-во "Экзамен", 2008г.-200с.

2. Петров В.М., Мажуль Л.А. Цикличность социокультурной сферы и проблемы среднесрочного прогнозирования ее развития. // Математическое и компьютерное моделирование в науках о человеке и обществе. Тезисы докладов Всероссийской конференции. - М.: Государственный ун-т управления, 1999г. - С.63-66.

3. Орлов А.И. Метод оценивания длины периода и периодической составляющей сигнала. - В сб.: Статистические методы оценивания и проверки гипотез. Межвузовский сборник научных трудов. - Пермь: Изд-во Пермского государственного университета, 1999г.- С.38-49.

## АНАЛИЗ ГРАФИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Таловская М.А., Кочегурова Е.А.

Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр.Ленина 30, 634050

E-mail: [lull@sibmail.com](mailto:lull@sibmail.com)

Благодаря высокой эффективности алгоритмов и устойчивости к воздействию помех, вейвлет-преобразование является мощным инструментом в тех областях, где традиционно использовалось преобразование Фурье, а так же другие методы анализа данных. Характерные особенности поведения вейвлет-преобразования в частотно-временной области позволяют существенно расширить и дополнить возможности обработки сигналов, а так же сохранить целостность информации.

С ростом возможностей вычислительной техники вейвлет-преобразование приобрели широкое значение в различных областях науки и стали едва ли не наиболее часто встречающимся термином в этой части прикладной математики. На сегодняшний день применения вейвлетов в различных областях весьма многочисленны и приводят к важным практическим результатам. Существует большой класс физических задач, связанных с обработкой хаотических сигналов и изображений, а также передачей и сжатием данных. Непрерывное вейвлет-преобразование (НВП) является более широко используемым и описывается следующей формулой:

$$W(\tau, s) = \frac{1}{|\sqrt{s}|} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^* \left( \frac{t-\tau}{s} \right) dt \quad (1)$$

Ключевой возможностью, отличающей вейвлет-преобразования от преобразования Фурье, можно считать способность определять мгновенную амплитуду, фазу и частоту периодических компонент нестационарных широкополосных сигналов. Отличие этих преобразований можно видеть на рисунке 1

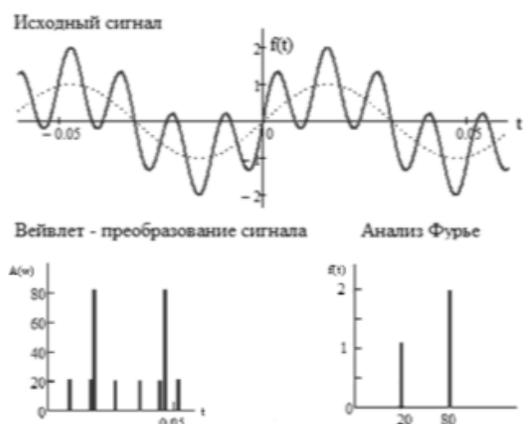


Рис. 1. Графическое представление результатов преобразования Фурье и вейвлет-преобразования одного исходного сигнала

Эта особенность делает сложной задачей анализ результатов преобразования, так как результат преобразования – матрица коэффициентов не является для человека наглядным решением, поэтому прежде чем перейти к аналитическому решению необходимо представить результат в виде подходящем для восприятия.

Для графической интерпретации числового двумерного массива  $W(\tau, s)$  (формула 1) требуется отразить его значения в третьем измерении, смоделировав трехмерную фигуру, либо эквивалент значений отразить цветовой палитрой. Обычно для анализа частотно-временного состава исследуемого сигнала используются следующие способы представления:

- скалограмма;
- карта проекций изолиний (вейвлет-спектр);
- карта линий локальных экстремумов (скелетон);
- картина коэффициентов;

– сечения.

Причем, все способы визуализации основаны на том, что значение массива  $W(\tau, s)$  тем больше, чем более схоже поведение сигнала  $f(t)$  и базисной вейвлет-функции  $\psi(t)$  на интегрируемом участке.

По значениям массива  $W(\tau, s)$  строится трехмерное изображение. Горизонтальными осями являются ось масштабов ( $s$ ) и ось сдвигов ( $\tau$ ). Вертикальной осью является ось значений массива  $W(\tau, s)$ . Стоит отметить, что ось масштабов является эквивалентом оси частот в амплитудно-частотно-временном представлении, а ось сдвигов — оси времени. Основным достоинством трехмерной фигуры является ее наглядность. Рисунок 2 демонстрирует исходный сигнал и скалограмму непрерывного вейвлет-преобразования сигнала.

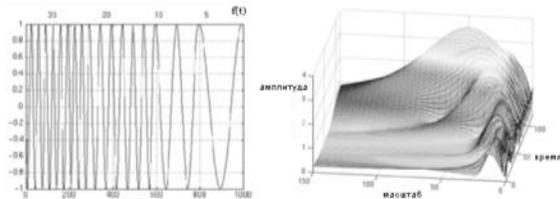


Рис. 2. Исходный сигнал и скалограмма сигнала

Из формулы 1 видно что НВП всегда проводится на основе функции базисного вейвлета в данном примере был использован базисный вейвлет Морле форма которого представлена на рисунке 3.

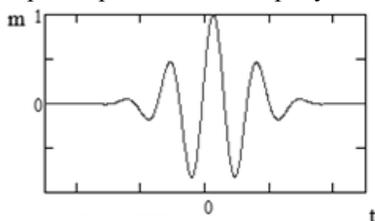


Рис. 3. Базисный вейвлет Морле

Несмотря на то что скалограмма является самым наглядным способом представления результатов вейвлет-анализа, ее недостатком является сокрытие при отображении значений с меньшей амплитудой за выступами, соответствующими значениям массива с большей амплитудой. Данная проблема может быть решена наличием возможности вращения фигуры в пространстве, и изменения масштаба, этот недостаток частично уменьшается за счет выбора угла обзора с меньшим количеством перекрытий объемных элементов. Но это очень повышает сложность программной реализации построения трехмерного графика. А так же большинство инженерных задач не требуют такой точности представления и необходимой

информацией для них являются лишь максимальные значения полученных поверхностей.

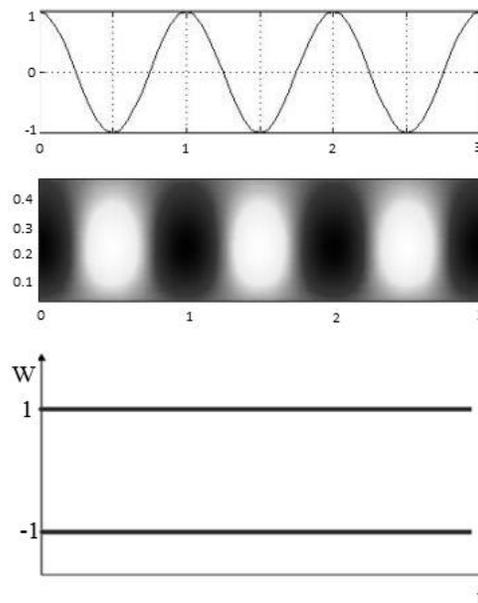


Рис. 4. Исходный сигнал, графическое представление результатов НВП в виде картины проекций и картины коэффициентов

Картина проекций проще для визуальной оценки, нежели трехмерное изображение, но при этом сохраняет максимум информации (шумы, промежуточные значения частоты). Картина коэффициентов же несет в себе лишь значения максимумов и минимумов, чего вполне достаточно для многих задач и что делает ее простой и быстрой для программной реализации.

Но картина коэффициентов может быть схожа для сигналов различного вида, поэтому еще одним часто применяемым видом графического представления результатов вейвлет-преобразования являются скелетоны, отражающие так же точные моменты появления экстремумов исследуемых функций и дающие к картине изолиний информацию для уточнения размеров масштабов и периодов колебаний, что позволяет проследить изменение интенсивности амплитуд вейвлет-преобразования на различных масштабах и во времени. То есть скелетон без лишних деталей визуализирует структуру процесса и содержит информацию о нем. Сплошные линии отмечают положение локальных максимумов вейвлет функции. Скелетоны представляют собой проекцию точек массива  $W(\tau, s)$  на плоскость  $s, \tau$ . Скелетон наглядно отражает частотно-временное поведение экстремумов функции  $W(\tau, s)$ .

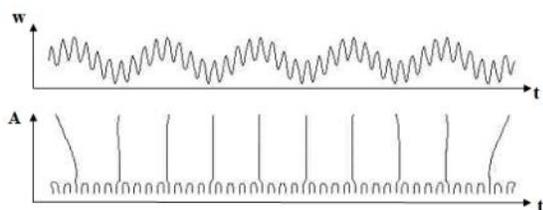


Рис. 5. Линии локальных максимумов, как результат графической интерпретации НВП случайного процесса

Искажение формы ячеек вблизи границ обусловлено краевыми эффектами вследствие конечности исследуемого ряда.

Способы представления результатов достаточно разнообразны и могут быть выбраны различными методами, фактически задача выбора базисного вейвлета и способа представления результатов являются не формализованными задачами и

требуют индивидуального подхода к каждому сигналу и каждой прикладной задаче.

#### Литература

1. Васильева Л. Г. Преобразования Фурье и вейвлет-преобразования. Их свойства и применения [Текст] / Я.М. Жилейкин, Ю. И. Осипик; Вычислительные методы и программирование, 2002. — Т. 3. — С 172—175.

2. Мандрикова О.В. Критерии выбора базисной вейвлет – функции в задачах аппроксимации и выделения локальных особенностей сложных временных рядов [Текст]/ О.В. Мандрикова, Полозов Ю.А.; Информационные технологии, 2012. -№1.- С.45-51.

3. Перебин А.В. Вейвлет-анализ и его приложения / AlgoList [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: [http://algotlist.manual.ru/compress/image/leo\\_lev/lecture3/wav3\\_2.php](http://algotlist.manual.ru/compress/image/leo_lev/lecture3/wav3_2.php), свободный. – Загл.с экрана.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИИ ЭЛЕМЕНОВ МЕДИ В АКТИВИРОВАННОМ ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ЖЕЛЕЗА

Чан Ми Ким Ан

Научный руководитель Коваль Т.В.  
Томский политехнический университет  
tranmykiman@gmail.com

### Введение

Как известно, диффузия – один из самых основных процессов переноса вещества, массы в металлах. Теория диффузии в твердых телах основана на фундаментальных представлениях физической кинетики и неравновесной термодинамики, тесно связана с учениями о дефектах в кристаллах. При этом диффузия является сложным многогранным процессом, а нахождение коэффициентов диффузии и их концентрационных зависимостей является очень большой проблемой [1]. Изучение процессов диффузии при переменной температуре и переменном коэффициенте диффузии даже случая одномерной диффузии является довольно трудным с математической стороны. Для численного решения задачи теплопроводности и диффузии используются самые разнообразные методы: разностные методы, основанные на явных и неявных разностных схемах [2], методы конечных и граничных элементов [3-4], итерационно-интерполяционный метод [5]. Тем не менее, при численном решении задач, возникают проблемы, обусловленные различием характерных скоростей и пространственных масштабов процесса теплопередачи и диффузии.

Несмотря на сложность физико-химических процессов, качественное представление о возможном распределении диффундирующих элементов в поверхностном слое можно получить на основе достаточно простых моделей.

### Диффузия меди в активированном слое железа

Основные процессы, определяющие свойства покрытий, формируемых с использованием электронно-пучковых технологий, происходят в так называемом активированном слое. В этом слое происходят процессы нагрева и закалки, тепло и массопереноса, повышенной концентрации дефектов и формированием неравновесных структурных и фазовых состояний. Это проявляется, в частности, в ускорении диффузионных процессов в активированном слое. Активация поверхности заключается в уменьшении эффективной энергии активации диффузии легирующего элемента и может быть учтена введением явной зависимости коэффициента диффузии от параметра  $\eta$ , характеризующего активацию поверхностного слоя [6]:

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{E - \gamma' \eta}{RT}\right) \equiv D_0 \exp(\gamma \eta),$$

где  $D_0 = D_0' \exp(-E/RT)$  – коэффициент объемной диффузии в неактивированном материале;  $E$  - энергия активации диффузии;  $R$  - универсальная газовая постоянная;  $T$  - температура; Коэффициент  $\gamma = \gamma'/RT$ , характеризующий чувствительность коэффициента диффузии к активации.

Математическая модель диффузии меди в приповерхностный слой железа при воздействии импульсного потока мощности с учетом активации и плавления включает в себя уравнение теплопроводности, диффузии и кинетики для параметра активации  $\eta$ . Рассмотрим модельную диффузионную задачу распределения концентрации легирующего элемента меди с учетом активации поверхностного слоя:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ D_0 \exp(\gamma\eta) \frac{\partial C}{\partial x} \right],$$

$$\frac{d\eta}{dt} = (1-\eta)f\left(\frac{x}{x_a}\right), \quad (1)$$

$$x=0, C=C_0=1, \quad x \rightarrow \infty: \partial C / \partial x = 0,$$

$$t=0: C=0, \eta=0.$$

В линейном приближении:  $f(x/x_a)=1-x/x_a$  при  $x < x_a$  и  $f(x/x_a)=0$  при  $x > x_a$ , где  $x_a$  - глубина активации, связанная с глубиной проникновения электронов. Модель (1) исследовалась численно с применением пакета MATLAB; коэффициенты модели:  $D_0 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}$ ; время счета  $t = 0,02 \text{ с}$ ,  $E/RT=19,11$ .

На рис. 1 показано распределение концентрации меди в различные моменты времени для активированной поверхности при разной степени активации поверхности  $\gamma$ . При наличии активированного слоя распределение концентрации имеет характерную площадку насыщающего элемента, а время насыщения  $t_L$  значительно меньше  $t_L$  без учета активации ( $\gamma=0$ ).

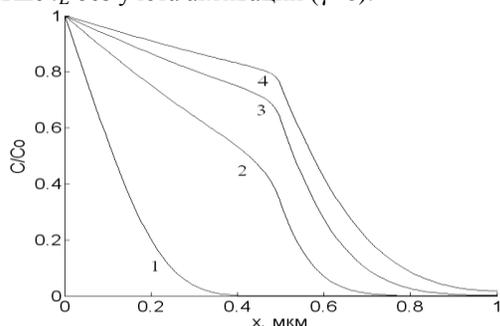


Рис. 1. Распределение концентрации меди в различные моменты времени: 1-  $t=0,02 \text{ с}$ , 2-  $t=0,08 \text{ с}$ , 3-  $t=0,14 \text{ с}$ , 4-  $t=0,2 \text{ с}$ ;  $\gamma=2,5$ ,  $x_a=0,5 \text{ мкм}$

Процесс насыщения приповерхностного слоя легирующим элементом характеризуется условным

параметром  $C=C_L=0,95$  и временем  $t_L$  достижения данной концентрации в данной точке  $x_C(t)$ , расположенной на некотором расстоянии от поверхности. На рис. 2 показано изменение ширины насыщенного слоя от времени  $t=t_L$ . При увеличении  $\gamma$  время активации  $t_L$  уменьшается, и чем больше коэффициент диффузии, тем быстрее отводится легирующий элемент из приповерхностной области. Поэтому время насыщения  $t_L$  имеет нелинейную зависимость от глубины активированного слоя.

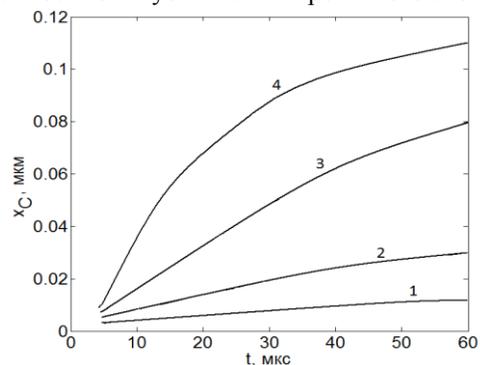


Рис. 2. Изменение ширины насыщенного слоя от времени: 1 -  $\gamma=0$ , 2 -  $\gamma=1$ , 3 -  $\gamma=2$ , 4 -  $\gamma=4$

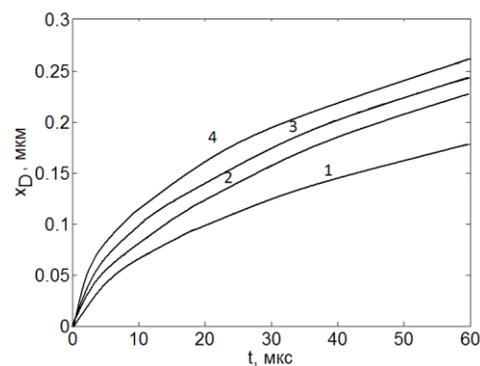


Рис. 3. Изменение диффузионной (б) и от времени: 1 -  $\gamma=0$ , 2 -  $\gamma=1$ , 3 -  $\gamma=2$ , 4 -  $\gamma=4$

Ширину диффузионной зоны  $x_D$  можно определить по расчетам распределения концентрации, как расстояние, на котором концентрация легирующего элемента уменьшается в  $e$  раз по сравнению с ее значением на поверхности. На рис. 3 приведено изменение ширины диффузионной зоны от времени при разных значениях  $\gamma$ . Линейная зависимость  $x_D(t)$  указывает на то, что время тратится на формирование активированного слоя, а при  $t > 5 \text{ мкс}$  время формирования диффузионной зоны определяется скоростью диффузии в объеме.

На рис. 4 показана зависимость ширины диффузионной зоны от глубины активированного слоя для разных параметров  $\gamma$ .

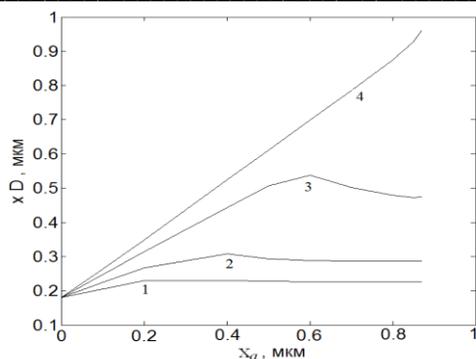


Рис. 4. Зависимость ширины диффузионной зоны от глубины активированного слоя: 1 –  $\gamma=0,5$ ; 2 –  $\gamma=1$ , 3 –  $\gamma=2$ , 4 –  $\gamma=4$ ;  $x_a=0,5$  мкм

Такой характер зависимости  $x_D(x_a)$  связан с противоположным влиянием разных процессов накопления легирующего элемента. Чем выше параметра  $\gamma$ , тем быстрее происходит насыщение легирующим элементом, но чем выше коэффициент диффузии, тем быстрее отводится легирующий элемент из приповерхностной области. При увеличении параметра  $\gamma$  максимум смещается в сторону больших глубин активации

#### Заключение

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СЕГМЕНТАЦИИ ТОМОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Власов А.В., Цапко И.В.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
[andark.postbox@mail.ru](mailto:andark.postbox@mail.ru)

#### Введение

Технология компьютерного зрения находит применение во многих областях современной промышленности. Как научная дисциплина, компьютерное зрение относится к теории и технологии создания искусственных систем, которые получают информацию из изображений.

Примерами применения таких систем могут быть:

- Системы управления процессами (промышленные роботы, автономные транспортные средства)
- Системы видеонаблюдения
- Системы организации информации (например, для индексации баз данных изображений)
- Системы моделирования объектов или окружающей среды (анализ медицинских изображений, топографическое моделирование)
- Системы взаимодействия (например, устройства ввода для системы человеко-машинного взаимодействия)

Моделирование диффузии элементов меди в активированном поверхностном слое железа позволило определить влияние глубины активации на распределение концентрации элементов меди в приповерхностном слое железа, оценить ширину диффузионной зоны и время насыщения.

#### Литература

1. Б.С.Бокштейн. Диффузия в металлах. Издательство Металлургия, 119034, Москва, 1978, – 245 с.
2. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука. – 1983. –616 с.
3. Стренг Г., Фикс Дж. Теория конечных элементов. – М.: Мир. – 1977. – 351 с.
4. Бенерджи П., Баттерфилд Р. Метод граничных элементов: Пер. с англ. – М.: Мир. – 1984. –494 с.
5. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Мир. – 1989. –432 с.
6. Нанотехнология поверхности. Формирование неравновесных состояний в поверхностных слоях материалов методами электронно-ионно-плазменных технологий. Под. ред Н.З.Ляхова и С.Г.Псахье. Из-во СО РАН РФ, Н-ск, 2008. с.276

Одним из направлений технологии компьютерного зрения является выделение объектов по определенному признаку из общей картины.

В данной работе рассматривалась обработка томографических снимков, предоставленных институтом синхротронного излучения (ISS) технологического института Карлсруэ КИТ (Карлсруэ, Германия). Основной задачей при обработке изображений являлось выделение объекта и определение его местоположения относительно центра.

#### Алгоритмы сегментации

Существует достаточно много алгоритмов сегментации изображений. Под процессом сегментации понимается разделение цифрового изображения на области (множества пикселей) по определенным признакам. Результатом сегментации изображения является множество сегментов, которые вместе покрывают всё изображение, или множество контуров, выделенных из изображения.

Для решения поставленной задачи были рассмотрены следующие методы сегментации: Пирамидальная сегментация, сегментация, построенная на графах, преобразования Хафа, волновой алгоритм, пороговая фильтрация.

В качестве оптимального был выбран алгоритм Канни (Canny). Этот алгоритм позволяет выделять границы объектов изображения. Кратко можно выделить пять основных шагов алгоритма Канни:

- 1) Сглаживание. Размытие изображения для удаления шума.
- 2) Поиск градиентов. Границы отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение.
- 3) Подавление не-максимумов. Только локальные максимумы отмечаются как границы.
- 4) Двойная пороговая фильтрация. Потенциальные границы определяются порогами.
- 5) Трассировка области неоднозначности. Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определенными (сильными) границами.

#### Предварительная обработка изображений

Для различных изображений необходим различный порог при поиске границ, так как изображения могут сильно различаться по яркости и количеству пикселей определенных яркостей, распределенных по изображению. Для автоматизации процесса сегментации необходим подход, позволяющий предварительно оценить изображение и подобрать значение порога.

В качестве предварительной оценки изображения может выступать гистограмма. Для ее построения изображение переводится в оттенки серого, а затем строится график распределения полутонов изображения, в котором по горизонтальной оси представлена яркость, а по вертикали — относительное число пикселей с данным значением яркости.

Далее следует нормализовать гистограмму, чтобы избежать неточностей при ее дальнейшей оценке. После этого необходимо сопоставить данному типу гистограммы соответствующий пороговый коэффициент и перейти к алгоритму описанному ранее.

#### Порядок обработки изображений

Для работы с изображениями было разработано программное обеспечение, базирующееся на алгоритме сегментации Канни.

Исследования проводились на томографическом снимке среза горячей спички.

Были испробованы различные варианты масок сглаживания: Гауссовы матрицы, единичные матрицы и матрицы с увеличенными относительно всей матрицы центральными коэффициентами. Т.к. маска свертки гораздо меньше, чем само

изображение, маска двигается над изображением, манипулируя квадратом пикселей за один раз. Чем больше ширина маски Гаусса, тем меньше чувствительность детектора к шуму. Локализация ошибки в обнаружении краев так же немного увеличивается с увеличением ширины Гауссианы.

Изначально изображение среза спички выглядит так, как показано на рисунке 2.

На рисунке 3 приведены результаты обработки изображения с Гауссовым размытием. Желтыми точками обозначены найденные граничные перепады яркости и вынесены в отдельный слой, наложенный на изображение. На нем четко отслеживается край объекта, и практически отсутствуют разрывы контура.

Однако, если картинка подается с камеры в режиме реального времени, то время обработки изображения необходимо сократить. Для подобных ситуаций возможно использование того же алгоритма, но применив его не на все изображение, а пройдя по нему «сеткой».

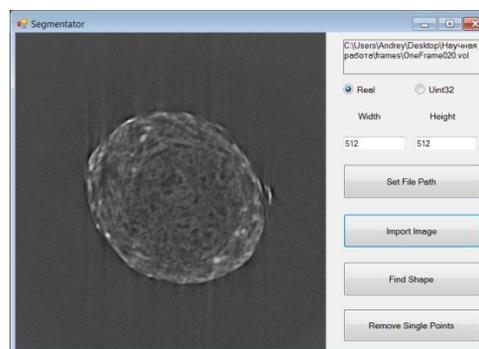


Рис. 2. Необработанное изображение среза спички

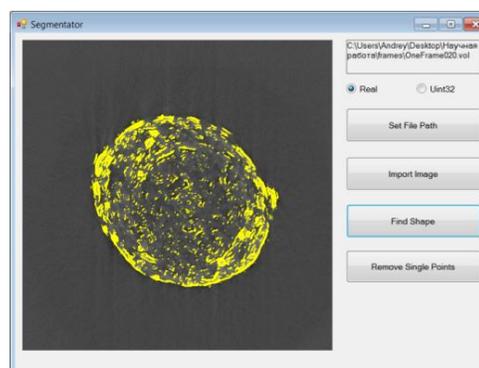


Рис. 3. Результат обработки с помощью Гауссовой матрицы

За счет прохода по изображению, пропуская некоторое количество строк и столбцов, определение объекта становится значительно быстрее. По сравнению с полным перебором всех точек, такой вариант рассмотрения «сеткой» выполняется практически в 5 раз быстрее. Результат

работы с тем же изображением приведен на рисунке 5. Конечно, это ускорение зависит от величины шага «сетки». Если искомым объектом заведомо крупный, то шаг можно увеличить до трети от ширины объекта, тем самым еще больше увеличив производительность. Слишком большое увеличение шага может вызвать пропуск необходимого объекта.

Такой метод позволяет быстро и достаточно точно определить положение объекта относительно границ изображения.

Определение объекта может дать возможность выбрать достаточно небольшую область, в которой провести дальнейшую обработку без прохода «сеткой».

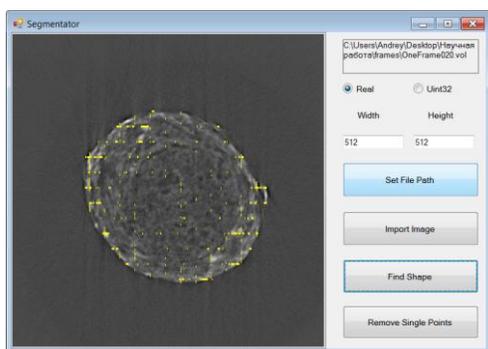


Рис. 4. Изображение с проходом по нему «сеткой»

### Выводы

Применяя алгоритма Канни, включающий в себя сглаживание изображения с помощью Гауссовой матрицы размера 3x3, можно получить возможность четко выделить границы объекта на изображении. В

случае, когда точный контур не требуется, а нужно найти расположение объекта относительно границ, можно воспользоваться проходом «сеткой», что даст прирост в скорости в 5 раз и возможность передвинуть камеру в нужное положение и отцентрировать объект. Для автоматизации процесса и исключения человеческого фактора при обработке применяется предварительная оценка изображения по гистограмме.

### Список литературы

1. Dr. Vinayak Ashok Bharadi, Canny Edge Detection in C#, URL: [http://www.codeproject.com/KB/cs/Canny\\_Edge\\_Detection.aspx](http://www.codeproject.com/KB/cs/Canny_Edge_Detection.aspx),
2. Билл Грин, Алгоритм выделения контуров CANNY, URL: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/fknt/chudovskaja/library/article4.htm>,
3. Детектор границ Канни, URL: [http://habrahabr.ru/blogs/image\\_processing/114589/](http://habrahabr.ru/blogs/image_processing/114589/),
4. Википедия, Edge detection, URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Edge\\_detection](http://en.wikipedia.org/wiki/Edge_detection),
5. Википедия, Оператор Собеля, URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Оператор\\_Собеля](http://ru.wikipedia.org/wiki/Оператор_Собеля),
6. Петр Каньковски, Как работают фильтры размытия, URL: <http://www.computerra.ru/print/35934/>,
7. Компьютерное зрение и программирование. Выравнивание гистограммы яркости, URL: <http://cvdev.ru/выравнивание-гистограммы-яркости/>.

## ИНТЕРПОЛЯЦИЯ И СЖАТИЕ ДАННЫХ НА КОНЕЧНОМ ИНТЕРВАЛЕ ГНМ-МУЛЬТИВЕЙВЛЕТАМИ\*

Эшаров Э.А., Турсунов Э.А., Шумилов Б.М.

Томский государственный архитектурно-строительный университет  
[elzare78@mail.ru](mailto:elzare78@mail.ru), [sbm@tsuab.ru](mailto:sbm@tsuab.ru)

### Введение

Вейвлетами называются короткие или быстро затухающие волновые функции (всплески), множество сжатий и смещений которых порождает пространство измеримых функций на всей числовой оси [1, 2]. Такие свойства вейвлетов как компактный носитель, ортогональность, нулевые моменты и гладкость являются важными в обработке сигналов. Однако одиночный вейвлет не может обладать всеми этими свойствами в одно и то же время. С другой стороны, система, основанная на мультивейвлетах, может иметь все из них одновременно [3]. Это означает, что мультивейвлеты могут обеспечивать быструю

реконструкцию (за счет ортогональности), хорошую эффективность (за счет гладкости) и высокий порядок приближения (за счет большого числа нулевых моментов), так что они могут действовать при обработке сигналов и изображений лучше, чем одиночные. Ранее [4, 5] использовались ГНМ-мультивейвлеты в сочетании с требованием симметричного продолжения сигнала  $f[n]$  конечной длины за его границы. Мы будем изучать интерполяцию и сжатие данных на конечном отрезке на основе матричного подхода [6].

**Построение системы базисных мультивейвлетов на конечном отрезке**

Основой для построения вейвлет-преобразования является набор вложенных пространств ...  $V_{L-1} \subset V_L \subset V_{L+1}$  .... В данном случае пространство  $V_L$  является пространством приближения второго порядка на отрезке  $[a, b]$  с равномерной сеткой узлов  $D^L: u_i = a + (b - a) i / 2^L, i = 0, 1, \dots, 2^L, L \geq 0$ , и базисными функциями  $N_{i,k}^L(v) = \varphi_k(v - i), k = 0, 1 \forall i, v = 2^L(u - a) / (b - a)$ , порожденными сжатиями и сдвигами двух мультимасштабирующих функций вида [4] (рисунок 1 а) и б)).

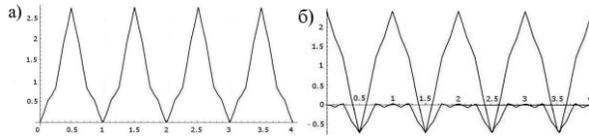


Рис. 1. Графики базисных функций для  $L=2$ : а) порожденных  $\varphi_0(t)$ , б) порожденных  $\varphi_1(t)$

Подчеркнем, что в отличие от  $B$ -сплайнов данные мультимасштабирующие функции не имеют аналитического выражения и определяются как и базисные функции Добеши с помощью двухмасштабных соотношений в виде следующей векторной формулы [5]:

$$\begin{bmatrix} \varphi_0(t) \\ \varphi_1(t) \end{bmatrix} = \sum_{k=0}^3 C_k \begin{bmatrix} \varphi_0(2t - k) \\ \varphi_1(2t - k) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где

$$C_0 = \begin{bmatrix} \frac{3}{5} & \frac{4\sqrt{2}}{5} \\ -\frac{1}{10\sqrt{2}} & -\frac{3}{10} \end{bmatrix}, \quad C_1 = \begin{bmatrix} \frac{3}{5} & 0 \\ \frac{9}{10\sqrt{2}} & 1 \end{bmatrix},$$

$$C_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{9}{10\sqrt{2}} & -\frac{3}{10} \end{bmatrix}, \quad C_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{1}{10\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix}.$$

Отличие от функций Добеши состоит в том, что они имеют менее выраженную фрактальность. Суть вейвлет-преобразования состоит в том, что оно позволяет иерархически разложить заданную функцию на серию все более грубых приближенных представлений и локальных уточняющих подробностей. При этом базисными функциями для  $V_{L-1}$  являются сжатия функций  $\varphi_0(t), \varphi_1(t)$ , с носителями в два раза большими по ширине, а «более грубый» уровень представления функции в  $V_{L-1}$  получается из «более подробного» уровня представления функции в  $V_L$  посредством прореживания. Вейвлеты заполняют разность пространств  $V_L$  и  $V_{L-1}$ . Соответствующее двухмасштабное соотношение для разложения

мультивейвлетов по мультимасштабирующим функциям содержит также четыре набора векторных коэффициентов [4]:

$$f_0^1 = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} & -3 \\ 1 & 3\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad f_1^1 = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} \frac{9}{\sqrt{2}} & -10 \\ -9 & 0 \end{bmatrix},$$

$$f_2^1 = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} \frac{9}{\sqrt{2}} & -3 \\ 9 & -3\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad f_3^1 = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ -1 & 0 \end{bmatrix},$$

и, следовательно, существуют два семейства мультивейвлетов  $\psi_0(t), \psi_1(t)$  с носителями  $[0, 2]$  (рисунок 2)

$$\begin{bmatrix} \psi_0(t) \\ \psi_1(t) \end{bmatrix} = \sum_{k=0}^3 f_k^1 \begin{bmatrix} \varphi_0(2t - k) \\ \varphi_1(2t - k) \end{bmatrix}. \quad (2)$$

**Построение и обращение блока фильтров**

Для дальнейшего удобно записать базисные функции в виде единой матрицы-строки,

$$\varphi^L = [N_{-1,1}^L, N_{0,0}^L, N_{0,1}^L, \dots, N_{2^L-1,0}^L, N_{2^L-1,1}^L], \quad \text{и}$$

упорядочить коэффициенты приближения в виде вектора,

$$C^L = [C_{-1}^{L,1}, C_0^{L,0}, C_0^{L,1}, \dots, C_{2^L-1}^{L,0}, C_{2^L-1}^{L,1}]^T.$$

Аналогично, обозначим базисные вейвлеты как  $M_{i,k}^L(v) = \psi_k(v - i), k = 0, 1 \forall i$ , и запишем их в виде строки,  $\psi^L = [M_{-1,0}^L, M_{0,0}^L, M_{0,1}^L, \dots, M_{2^L-2,1}^L, M_{2^L-1,0}^L]$ .

Соответствующие коэффициенты вейвлет-разложения на уровне разрешения  $L$  будем собирать в вектор,  $D^L = [D_{-1}^{L,0}, D_0^{L,0}, D_0^{L,1}, \dots, D_{2^L-2}^{L,1}, D_{2^L-1}^{L,0}]^T$ .

Тогда для уровня разрешения  $L-1$  можно записать функции  $\varphi^{L-1}$  и  $\psi^{L-1}$  в виде линейных комбинаций функций  $\varphi^L, \varphi^{L-1} = \varphi^L P^L$  и  $\psi^{L-1} = \varphi^L Q^L$ , где блоки матрицы  $P^L$  составлены из коэффициентов соотношений (1), так как каждую широкую базисную функцию внутри отрезка аппроксимации можно построить из трех либо из семи, а по краям интервала из четырех, узких базисных функций, тогда как элементы столбцов матрицы  $Q^L$  – из соответствующих коэффициентов соотношений (2).

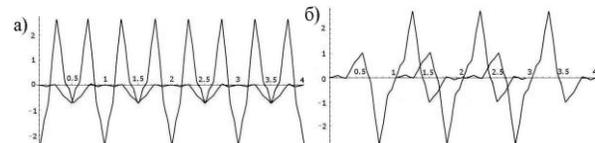


Рис. 2. Вид базисных вейвлетов для  $L=2$ : а) порожденных сдвигами  $\psi_0(t)$ , б) –  $\psi_1(t)$

Следовательно, справедливы равенства  $\varphi^L C^L = \varphi^{L-1} C^{L-1} + \psi^{L-1} D^{L-1} = \varphi^L P^L C^{L-1} + \varphi^L Q^L D^{L-1}$ . Таким образом, процесс получения  $C^L$  из  $C^{L-1}$  и  $D^{L-1}$  может быть записан как

$$C^L = P^L C^{L-1} + Q^L D^{L-1}$$

или, используя обозначения для блочных матриц,

$$C^L = [P^L | Q^L] \begin{bmatrix} C^{L-1} \\ D^{L-1} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Обратный процесс разбиения коэффициентов  $C^L$  на более грубую версию  $C^{L-1}$  и уточняющие коэффициенты  $D^{L-1}$  состоит в решении системы линейных уравнений (3). Для данного случая матрицы  $[A^L | B^L]$ , обратные по отношению к  $[P^L | Q^L]$ , также разрежены.

Тогда процесс создания версии с низшим разрешением,  $C^{L-1}$ , характеризуемой меньшим количеством коэффициентов, можно выразить матричным равенством  $C^{L-1} = A^L C^L$ . При этом потерянные детали собираются в другой вектор  $D^{L-1}$ , определяемый выражением  $D^{L-1} = B^L C^L$ .

Заметим, что при выполнении анализа заданной функции в соответствии с полученным выше результатом грубое приближение получается из более точного путем усреднения по локальным формулам. Это позволяет эффективно применить для вычисления вейвлет-преобразования методы распараллеливания на графических платах [7].

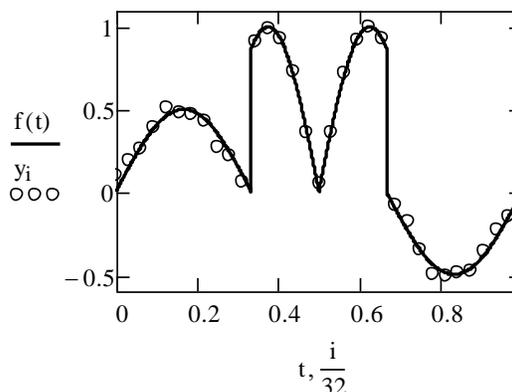
#### Пример

Рассмотрим в качестве тестовой функции функцию Хартена [8]:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} \sin(3\pi x), & x \leq \frac{1}{3}, \\ |\sin(4\pi x)|, & \frac{1}{3} < x \leq \frac{2}{3}, \\ -\frac{1}{2} \sin(3\pi x), & x > \frac{2}{3}. \end{cases}$$

Это кусочно-гладкая функция, имеющая разрывы первого рода в точках  $x=1/3$  и  $2/3$  и угол (разрыв первой производной) в точке  $x=1/2$ . При разрешении  $L=5$ , то есть при числе разбиений  $2^L=32$ , остается три коэффициента приближения на последнем шаге  $C^0 = [0.296, 0.607, -0.548]^T$ , и 15 вейвлет-коэффициентов, по модулю больших 0.05. Это дает коэффициент сжатия  $33/18=1.833$ .

На рисунке ниже представлены результаты реконструкции значений  $y_i$ ,  $i=0,1,\dots,32$  сжатого вейвлет-разложения в узлах сетки. Здесь сплошной линией обозначается исходная функция.



#### Литература

1. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам: Пер. с англ.– Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 332 с.
2. Чуи Ч. Введение в вейвлеты: Пер. с англ. – М.: Мир, 2001. – 412 с.
3. Strela V. Multiwavelets: Theory and Applications. - Massachusetts Institute of Technology, 1996. - 99 p. / Submitted to the Department of Mathematics in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Mathematics.
4. Geronimo J., Hardin D., Massopust P. Fractal functions and wavelet expansions based on several scaling functions, J. Approx. Theory 78 (1994) 373{401
5. Strang G., Strela V. Short wavelets and matrix dilation equations, IEEE Trans. on SP. 43 (1995) 108-115.
6. Столниц Э., ДеРоуз Т., Салезин Д., Вейвлеты в компьютерной графике: Пер. с англ.– Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 272 с.
7. Харламов А. А., Боресков А. В. Основы работы с технологией CUDA. – М.: ДМК-Пресс. – 2010. – 231 с.
8. Arandiga F., Baeza A., Donat R. Discrete multiresolution based on hermite interpolation: computing derivatives // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2004, v. 9, p. 263–273.

## О ПАРАЛЛЕЛИЗМЕ В АЛГОРИТМАХ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИВЕЙВЛЕТОВ\*

Матанов Ш.М., Эшаров Э.А., Шумилов Б.М.

Ошский государственный университет

Томский государственный архитектурно-строительный университет

sheralimatanov@yahoo.com, elzare78@mail.ru, sbm@tsuab.ru

#### Введение

Вейвлеты возникают при отказе от времянезависимости характеристик фильтров.

Кроме того, вейвлеты обладают хорошими аппроксимативными свойствами, что важно во многих приложениях обработки сигналов [1]. В

ряде работ рассмотрено построение мультивейвлетов, у которых с каждым узлом связано более одной базисной функции. Одной из причин интереса к мультивейвлетам является возможность получения гладкого компактного симметричного ортогонального базиса.

**Мультивейвлеты** – это векторнозначное обобщение вейвлетов. Они предназначены для разложения «многоканальных» сигналов, имеющих не одну, а несколько компонент, например, функцию и производные. К такому виду можно привести и скалярный сигнал (переходом к четным и нечетным компонентам). Мультивейвлеты определяются такими же уравнениями рескейлинга, что и обычные вейвлеты, но с матричными коэффициентами:

$$\varphi(t/2) = \sum_k h_k \varphi(t-k), \quad \psi(t/2) = \sum_k g_k \varphi(t-k).$$

Их привлекательность том, что они:

- Как и обычные вейвлеты, порождают КМА.
- Сильнее локализованы в пространстве, что может оказаться удобно в ряде задач.
- Допускают быстрый алгоритм преобразования.

Однако построить мультивейвлеты оказалось сложнее, чем обычные вейвлеты. Дело в том, что матричные коэффициенты в уравнениях скейлинга не коммутируют между собой. Поэтому найти подходящий набор коэффициентов, дающий решения данных уравнений, труднее.

**Пример 1** - мультивейвлеты Альперта. Пусть даны две кусочно-линейные функции (рис. 1):

$$\varphi_1(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq 1, \\ 0, & \text{иначе;} \end{cases} \quad \varphi_2(t) = \begin{cases} \sqrt{3}(t-1/2), & 0 \leq t \leq 1, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

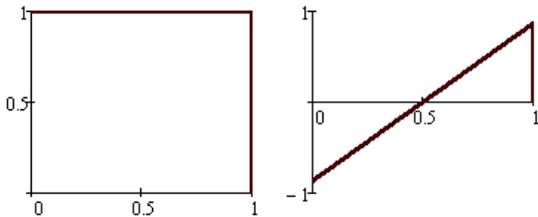


Рис. 1. Кусочно-линейные ортогональные масштабирующие функции

Целочисленные сдвиги  $\varphi_1(\cdot-l), \varphi_2(\cdot-l), l \in \mathbb{Z}$  образуют ортонормальный базис замкнутого подпространства  $V_0 \subset L_2(\mathbb{R})$ , состоящего из кусочно-линейных на целочисленных интервалах функций.

\* Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ

№ 12 -07-90911-мол\_снг\_нр

Пусть  $V_j$  - подпространство, натянутое на функции  $2^{j/2}\varphi_1(2^j \cdot -l), 2^{j/2}\varphi_2(2^j \cdot -l), l \in \mathbb{Z}$  и

содержащее все функции, которые кусочно-линейны на интервалах  $[2^{-j}l, 2^{-j}(l+1)]$ . Легко показать, что

$$\begin{vmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ -\sqrt{3} & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \varphi_1(2 \cdot) \\ \varphi_2(2 \cdot) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ \sqrt{3} & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \varphi_1(2 \cdot -1) \\ \varphi_2(2 \cdot -1) \end{vmatrix}.$$

Из этого выражения следует, что  $\varphi_1, \varphi_2 \in V_0 \subset V_1$ . Аналогично  $V_j \subset V_{j+1}$ .

Ортогональные проекции  $f_j(t)$  некоторой функции  $f \in L^2(\mathbb{R})$  на подпространства  $V_j$  есть не что иное, как последовательные приближения кусочно-линейными функциями, сходящиеся к  $f(t)$  при  $j \rightarrow \infty$ . Таким образом, мы получаем вложенную структуру подпространств, известную как кратномасштабный анализ (КМА):

$$\bigcup_{j=-\infty}^{\infty} V_j = L^2(\mathbb{R}), \quad \bigcap_{j=-\infty}^{\infty} V_j = \{0\}.$$

Однако в данном случае КМА порождается двумя функциями  $\varphi_1, \varphi_2$ . Подпространства  $V_j$ , используемые здесь, не могут быть порождены сдвигами и растяжениями одной функции.

Рассмотрим еще две кусочно-линейные функции (рис. 2):

$$\psi_1(t) = \begin{cases} 6t-1, & 0 \leq t \leq \frac{1}{2}, \\ 6t-5, & \frac{1}{2} < t < 2, \\ 0, & \text{иначе;} \end{cases} \quad \psi_2(t) = \begin{cases} 6t - \frac{3}{2}, & 0 \leq t \leq \frac{1}{2}, \\ 6t - \frac{9}{2}, & \frac{1}{2} < t < 2, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

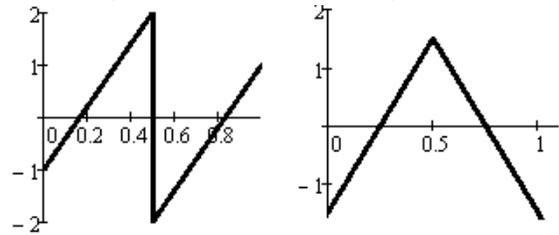


Рис. 2. Кусочно-линейные ортогональные вейвлеты

Пусть  $W_j$  есть подпространство  $L^2(\mathbb{R})$ , натянутое на базисы  $2^{j/2}\psi_1(2^j \cdot -l)$  и  $2^{j/2}\psi_2(2^j \cdot -l)$ . Целочисленные сдвиги  $\psi_1(\cdot-l), \psi_2(\cdot-n), l, n \in \mathbb{Z}$  ортогональны друг другу и целочисленным сдвигам  $\varphi_1, \varphi_2$ , что делает подпространство  $W_0$  ортогональным  $V_0$ . Функции  $\psi_1, \psi_2$  кусочно-линейны на половине интервала. Поэтому  $W_0 \subset V_1$ . В частности,

$$\begin{vmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & \sqrt{3} \\ 2 & 2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \varphi_1(2 \cdot) \\ \varphi_2(2 \cdot) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -1 & \sqrt{3} \\ 2 & -1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \varphi_1(2 \cdot -1) \\ \varphi_2(2 \cdot -1) \end{vmatrix}.$$

Таким образом, базис пространства  $V_1$  есть линейная комбинация  $\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2$ .

Следовательно,  $V_1$  есть ортогональная сумма  $V_0$  и  $W_0$ . Аналогично  $V_j \oplus W_j = W_{j+1}$  и  $L^2(R) = \bigoplus_{j \in \mathbb{Z}} W_j$ .

Значит, сдвиги и растяжения  $\psi_1, \psi_2$  образуют ортогональный базис пространства  $L^2(R)$ .

Недостатком построенных вейвлетов является разрывность аппроксимации. Первый пример ортогональных и непрерывных мультивейвлетов получен Джеронимо, Хардином и Массопустом (GHM). Скейлинг-функции и вейвлеты в их примере были кусочно-самоподобными, и пример был построен с использованием методов из теории итерационных функциональных систем, порождающих, фрактальные функции [1].

Подчеркнем, что в отличие от мульти-вейвлетов Альперта данные мульти-масштабирующие функции не имеют аналитического выражения и определяются, как и базисные функции Добеши, только с помощью уравнений рескейлинга. Отличие от функций Добеши состоит в том, что они имеют менее выраженную фрактальность.

В обоих рассмотренных случаях при выполнении анализа заданной функции грубое приближение получается из более точного путем усреднения по локальным формулам. Это позволяет эффективно применить для вычисления вейвлет-преобразования распараллеливание. Однако для целей восполнения дискретно заданных функций они приспособлены слабо. И нам следует вернуться к рассмотрению сплайнов как основы для построения вейвлетов. Главным недостатком сплайн-вейвлетов является отсутствие локальных формул разложения, что препятствует их распараллеливанию.

**Пример 2** [2]. Пусть пространство  $V_L$  является пространством сплайнов первой степени на отрезке  $[a, b]$  с равномерной сеткой узлов  $\Delta^L: u_i = a + (b - a) i / 2^L, i = 0, 1, \dots, 2^L$ , и базисными функциями  $N^L_i(v) = \varphi_1(v - i) \forall i$ , где  $v = 2^L(u - a) / (b - a) + 1$ , с центрами в целых числах, порожденными сжатиями и сдвигами функции  $\varphi_1(t)$  (рис. 3)

$$\varphi_1(t) = \begin{cases} t, & 0 \leq t \leq 1, \\ 2 - t, & 1 \leq t \leq 2, \\ 0, & t \notin [0, 2]. \end{cases}$$

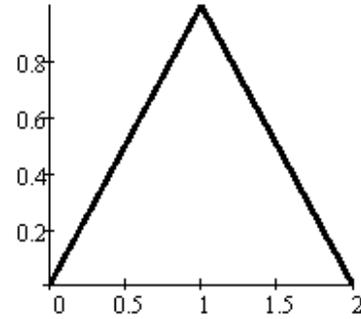


Рис. 3. График функции  $\varphi_1(t)$

Если сетка  $\Delta^{L-1}$  получена из  $\Delta^L$  посредством удаления каждого второго узла, то соответствующее пространство  $V_{L-1}$  с базисными функциями  $N^{L-1}_i$ , в два раза большими по ширине с центрами в четных целых числах, вложено в  $V_L$ . Пространство вейвлетов  $W_{L-1}$  определяется как дополнение  $V_{L-1}$  до  $V_L$ , так что любая функция в  $V_L$  может быть записана в виде суммы некоторой функции в  $V_{L-1}$  и некоторой функции в  $W_{L-1}$ . Мы предлагаем использовать в качестве вейвлетов для  $W_{L-1}$  функции  $N^L_i$  в  $V_L$  с центрами в четных целых числах при условии обнуления сплайна в последнем узле. Тогда соответствующие базисные функции удаляются из базисов, и размерности полученных пространств  $V^0_L, W^0_{L-1}$  равны  $2^{L+1} - 1 = 2^L$  и  $2^{L-1}$ , соответственно. Следовательно, выполняется условие дополнения размерностей этих пространств.

**Матричные алгоритмы разложения.** Определим блочную матрицу, составленную из коэффициентов соответствующих уравнений рескейлинга  $[H^L | G^L]$ . Тогда процессы создания версии с низким разрешением и отыскания потерянных деталей можно выразить коэффициентами обратной матрицы:  $[H^L | G^L]^{-1}$ .

Для мультивейвлетов Альперта и GHM, как и в примере Добеши, обратные матрицы разрежены.

Для случая сплайн-вейвлетов обратные матрицы теряют разреженную структуру. Поэтому вместо матричного обращения выгоднее каждый раз решать систему линейных уравнений. При этом матрицу  $[H^L | G^L]$  предлагается сделать ленточной, просто изменив порядок неизвестных так, чтобы столбцы матриц  $H^L$  и  $G^L$  перемежались [3]. Тем не менее, хотя разрешимость полученной системы и гарантирована линейной независимостью базисных функций, вопрос ее хорошей обусловленности остается открытым.

В отличие от этого в примере 2 за счет сдвига носителей базисных вейвлетов обратную матрицу удастся расщепить на системы для четных и нечетных узлов со строгим диагональным

преобладанием. Особенно эффективно этот прием работает для эрмитовых сплайн-мультивейвлетов, где число параллельно решаемых систем увеличивается со степенью сплайна.

#### Литература

1. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. - Санкт-Петербург, ВУС, 1999. 202 с.

2. Шумилов Б.М., Матанов Ш.М. Алгоритм с расщеплением вейвлет-преобразования сплайнов

первой степени // Вестник Томского государственного университета. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2011. – №3 (16). С. 51-57.

3. Столиц Э., ДеРоуз Т., Салезин Д., Вейвлеты в компьютерной графике: Пер. с англ.– Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 272 с.

## РАЗРАБОТКА ФИЛЬТРА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НА СИНХРОТРОННОЙ УСТАНОВКЕ

Плахин Д.В.

Научный руководитель: С.Г. Цапко  
Томский политехнический университет  
[pdv-mail@mail.ru](mailto:pdv-mail@mail.ru)

#### Введение

Для проведения различных опытов с пучками электронов существуют синхротронные установки, являющиеся одним из типов резонансных циклических ускорителей. Пример такой установки представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Синхротронная установка ANKA изнутри

К числу опытов, проводимых на таких установках, относится томография – метод неразрушающего послойного исследования внутреннего строения объекта посредством его многократного просвечивания в различных пересекающихся направлениях. Пример томограммы представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Пример томограммы

С помощью томографии можно отследить, например, распространение монтажной пены, принимая во внимание такие параметры как скорость её распространения, среднее время, после которого лопаются пузыри в пене, а также их размер при разрыве. При изменении химического состава пены изменяются и вышеперечисленные параметры, а значит и её качество.

Также изучаются внутренние процессы, происходящие в насекомых и особенности их поведения. Используя результаты исследований движений суставов насекомых можно сконструировать роботов, способных совершать аналогичные движения.

Чтобы процесс был детально изучен, наблюдение должно проводиться с высокой частотой кадров. Кроме того преобразования данных должны проходить в режиме реального времени, поскольку они постоянно поступают с камеры, обрабатываются и записываются на жёсткий диск. Для этого в немецком институте ISS используется пакет программ, обеспечивающий

ультра-быстрое отображение с онлайн-оценкой и контролем – UFO-framework.

Неотъемлемой частью пакета являются фильтры. Фильтр представляет собой программу, совершающую преобразования над одним или несколькими потоками данных, и передающую обработанные данные в выходные потоки. Исключения составляют фильтры, генерирующие такие потоки и использующиеся, в основном, для тестирования других фильтров. Как правило, потоки данных содержат изображения.

#### **Разработка фильтра**

Существует множество фильтров, выполняющих различные операции над изображениями, такие как очистка изображений от шума, попиксельное сложение изображений, нормализация и многие другие. Далеко не в последнюю очередь скорость работы фильтров обеспечивается за счёт использования OpenCL-ядра. Важным фактором является то, что вычисления производятся на встроенном графическом процессоре видеокарты, а не на основном.

OpenCL-ядро представляет собой небольшую программу, использующую функции и типы OpenCL. Она хранится в отдельном файле и вызывается из основной программы. При этом ядро проводит вычисления для каждого пикселя входного изображения и выдаёт результат.

Тестирование написанных фильтров и передача входных параметров организуется с помощью python-скриптов. Поток изображений в формате tif загружается с диска, и после выполнения последовательности преобразований результаты записываются на диск. Под последовательностью преобразований понимается цепочка фильтров - каждый фильтр может соединяться с другим и направлять свои выходные потоки данных на вход другому фильтру без записи на диск. Быстро посмотреть движение образца на входных изображениях можно с помощью программы ImageJ, загрузив в неё весь набор изображений и перемещая полосу прокрутки.

При томографии объект просвечивается пучком с разных сторон для углов от 0 до 180 градусов с постоянным шагом. Таким образом входными данными для дальнейшего анализа является набор изображений-томограмм.

После того как получен такой набор, он преобразуется в множество синограмм. Синограммы представляют собой отображение движения точек объекта с течением времени и выглядят как набор синусоид. Они состояются из линий пикселей входных изображений с фиксированным номером. Таким образом общее количество синограмм будет равно высоте входных

изображений, а высота синограмм будет равна количеству сделанных снимков.

Для изучения объекта, включая его внутренние слои, в ISS реализован фильтр обратного проецирования. Алгоритм его работы основан на суммировании интенсивностей пикселей входных изображений-синограмм, с учётом расчёта текущего положения точек. Фильтр имеет небольшое OpenCL ядро.

Результатом работы обратного проецирования является множество изображений, представляющих собой вид сверху исходного объекта. Объект фактически «разрезается» на горизонтальные слои без его разрушения, и каждое выходное изображение представляет собой один из таких слоёв. Из каждой синограммы получается один такой слой, соответственно их количество также равно высоте в пикселях исходных изображений. По этой причине выгоднее использовать большие по размеру изображения для более детального изучения объекта.

Алгоритм фильтра обратного проецирования хорош на маленьких изображениях, однако с увеличением размера входных изображений становится эффективнее использовать алгоритм chirp-z. Этот алгоритм основан на том, что chirp-z-преобразование по круговому контуру может быть выражено в виде дискретной свертки. Можно используя хорошо известные методы оценить эффективность преобразования. Для  $M$  точек в  $z$ -плоскости, лежащих на круговых контурах и  $N$  изображений, вычислительное время примерно пропорционально  $(N+M)\log(N+M)$ .

Моей задачей являлась реализация данного алгоритма и его интеграция в UFO-framework. Для её выполнения были изучены прежде всего функции UFO-framework, работа с входными и выходными потоками изображений, получение и преобразование данных, а также передача параметров фильтрам. В целях ознакомления были созданы несколько несложных фильтров, часть из которых была интегрирована UFO-framework.

Такие фильтры как фильтр chirp-z преобразования обычно тестируют на фантомах - изображениях, подобных живой клетке. Оно состоит из простых геометрических фигур в центре овала, как показано на рисунке 3. Однако простейшим примером входных данных для фильтра является прямая вертикальная линия. При разных углах обзора она находится в разном положении по горизонтальной оси. Синограммы таких входных данных представляют собой одну синусоиду, причём между собой они ничем отличаться не будут, поскольку каждый слой объекта аналогичен другим. В результате применения фильтра chirp-z преобразования каждое

выходное изображение будет представлять собой лишь одну точку, расположенную в том же месте, что и на других изображениях.



Рис. 3. Фантом

Исходя из вышеизложенного, промежуточным этапом разработки являлось написание фильтра, генерирующего входные данные для будущего фильтра.

Далее был реализован сам фильтр. В основу реализации был положен исходный код из диссертации Питера Тофта. Код был значительно модернизирован и переписан для использования без библиотек. В число изменений входило изменение представления данных, и, соответственно всех функций, работающих с ними. Кроме того, в

реализации применялись функции UFO-framework, а также функции OpenCL, с помощью которых разрабатывалось ядро.

Фильтр был протестирован и интегрирован в UFO-framework. В цепочку тестирования включались такие фильтры, как: reader, sinogenerator, fft, chirp-z, ifft, writer. Фильтр reader считывал входные данные с жёсткого диска, writer, соответственно, записывал результаты на диск. Фильтр fft совершал преобразования Фурье над синограммами для улучшения качества результирующих изображений. Фильтр ifft совершал обратные преобразования.

Таким образом, с помощью реализованного алгоритма было достигнуто увеличение скорости обработки изображений при томографии.

#### Литература

1. Munshi A., Gaster B. R. OpenCL Programming guide. Ann Arbor: Addison-Wesley, 2012. – 603с.
2. Toft P. The Radon Transform Theory and Implementation. PhD. Thesis, 1996. – 308с.

## ВЕЙВЛЕТ-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ\*

Ыманов У.С., Эшаров Э.А., Шумилов Б.М.

Томский государственный архитектурно-строительный университет  
ymanv8106@rambler.ru, elzare78@mail.ru, sbm@tsuab.ru

### Введение

Характерной особенностью современного этапа развития дорожной отрасли России является существенное сокращение нового строительства и реконструкции автомобильных дорог, когда основной проектной линией является трасса [1] – гладкая пространственная кривая, относительно которой формируются каркас дороги, подстилающие поверхности, дорожные одежды и элементы транспортной инфраструктуры, и переход к решению задач массовой паспортизации, диагностики и ремонтов автомобильных дорог, где вместо этого требуется построение линейно-протяженной пространственной поверхности, служащей как для сжатого хранения данных, так и для автоматизированного расчета материальных и временных затрат при выполнении ремонтных работ. Источником актуальной информации о состоянии верха дорожного полотна является прямоугольный массив координат высотных отметок поверхности дороги, полученных, например, методами лазерного сканирования [2]. Это приводит к задаче двумерной сплайн-интерполяции, решение которой позволяет

сохранить структурные линии дороги (ось, кромки, бровки), в отличие от известных методов восстановления геометрического тела автомобильной дороги по триангуляции хаотических точек на плоскости. Важно и то, что при таком подходе гарантируется достижение высокой точности описания неровностей и повреждений дорожного покрытия на участках, требующих ремонта, и облегчается сжатие информации на участках, не требующих ремонта.

### Вейвлет-разложение в прямоугольной области

Пусть пространство  $V^L, L = [L_1, L_2]$ , является тензорным пространством двумерных эрмитовых кубических сплайнов на прямоугольнике  $[a_1, b_1] \times [a_2, b_2]$  с равномерной сеткой узлов  $A^{ij}$ :  $u_j = a_j + (b_j - a_j)i / 2^{L_j}, i = 0, 1, \dots, 2^{L_j}, L_j \geq 0, j = 1, 2$  по каждому направлению и всевозможными произведениями функций  $N^{L_j, k}(v) = \varphi_k(v - i), k = 0, 1 \forall i$ , где  $v = 2^{L_j}(u - a_j) / (b_j - a_j) + 1$ , порожденных сжатиями и сдвигами двух масштабирующих функций [3]:

$$\varphi_0(t) = \begin{cases} t^2(3-2t), & 0 \leq t \leq 1, \\ (2-t)^2(2t-1), & 1 \leq t \leq 2, \\ 0, & t \notin [0,2] \end{cases} \quad (1)$$

$$\varphi_1(t) = \begin{cases} -t^2(1-t), & 0 \leq t \leq 1, \\ (2-t)^2(t-1), & 1 \leq t \leq 2, \\ 0, & t \notin [0,2]. \end{cases} \quad (2)$$

Вейвлет-пространство  $W^{L-1}$  определяется как ортогональное дополнение  $V^{L-1}$  до  $V^L$  по отношению к определенному скалярному произведению. В этом случае пространство  $V^L$  может быть представлено в виде прямой суммы  $V^{L-1}$  и  $W^{L-1}$ :  $V^L = V^{L-1} \oplus W^{L-1}$ . Для случая неограниченного интервала  $(-\infty, \infty)$  одномерные базисные функции  $W^{L-1}$ , имеющие суперкомпактный носитель  $[0,2]$ , получены в [4] относительно скалярного произведения

$$\langle f, g \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f'(t)g'(t)dt.$$

$$\psi_0(t) = -2\phi_0(2t) + 4\phi_0(2t-1) - 2\phi_0(2t-2) - 21\phi_1(2t) + 21\phi_1(2t-2), \quad (3)$$

$$\psi_1(t) = \phi_0(2t) - \phi_0(2t-2) + 9\phi_1(2t) - 12\phi_1(2t-1) + 9\phi_1(2t-2) \quad (4)$$

При аппроксимации замкнутых поверхностей ограничиваются рассмотрением периодического случая, когда совпадают первая и последняя контрольные точки по каждому направлению. Для не замкнутых поверхностей с целью сохранения свойства полуортогональности по каждому частному направлению предлагается вычесть из исходных координат уравнение билинейной смешанной поверхности, соединяющей частичные кубические эрмитовы сплайны, интерполирующие данные на каждой стороне. В результате значения координат и частных производных по краям обнуляются, и после подгонки исправленной поверхности, например, согласно методу наименьших квадратов, к полученным в результате подгонки коэффициентам бикубического эрмитового сплайна потребуется добавить вычтенное ранее уравнение.

#### Сглаживание непрямоугольных таблиц

Зачастую расположение предписанных пользователем точек поверхности отличается от узлов прямоугольной сетки и их число значительно больше, чем число коэффициентов сплайна. Например, рис. 1 показывает множество точек  $(x, y, z)$ , представляющих материалы лазерного сканирования поверхности автомобильной дороги. Здесь  $x = \{x_i, i=0,1,\dots\}$  –

локальные координаты точек в поперечном сечении дороги,  $y = \{y_i, i=0,1,\dots\}$  – продольные координаты,  $z = \{z_i, i=0,1,\dots\}$  – координаты рельефа дорожной поверхности (высоты над уровнем моря). Ситуацию осложняет наличие пропусков данных на проезжей части, вызываемых экранированием проезжающими мимо автомобилями, и разным числом точек на отдельных сканах, вызываемым потерей данных на придорожном ландшафте и повторными отражениями от находящихся на объекте людей, техники, растительности и т. д. [2].

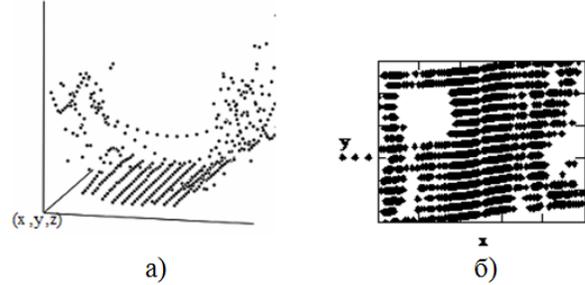


Рис. 1. а) «Облако» точек сканирования; б) горизонтальные проекции точек

Поскольку некоторые точки сканирования при этом неизбежно теряются, то коэффициенты двумерного сплайна приходится уточнять согласно какому-либо универсальному методу аппроксимации. Мы рассматриваем вариант, когда коэффициенты построенного сплайна отыскиваются согласно методу наименьших квадратов, а именно,

$$\sum_i [(x_i - S(x; u_i, v_i))^2 + (y_i - S(y; u_i, v_i))^2 + (z_i - S(z; u_i, v_i))^2] \rightarrow \min_{x, y, z}$$

Как хорошо известно [5], невыполнение условия перемежаемости узлов сплайна и точек интерполяции, например, отсутствие условий интерполяции в ближайшей окрестности какого-либо узла приводит к вырожденности соответствующей матрицы. Переход здесь к разложению по вейвлетам принципиально улучшает обусловленность решения, особенно, для данных с пропусками, поскольку вейвлеты преобразуют систему базисных сплайн-функций с распределенными параметрами в систему с сосредоточенными вейвлет-параметрами. После подстановки вейвлет-разложений базисных сплайнов выражение двумерного сплайна принимает явный вид

$$\begin{aligned} \bar{S}^L(u, v) = & \sum_{i=0}^{2^{L_1}} \sum_{j=0}^{2^{L_2}} \bar{C}_{i,j}^{L,0,0} N_{i,0}^{L_1}(u) N_{j,0}^{L_2}(v) + \\ & + \sum_{i=0}^{2^{L_1}} \sum_{j=0}^{2^{L_2}} \bar{C}_{i,j}^{L,0,1} N_{i,0}^{L_1}(u) N_{j,1}^{L_2}(v) + \sum_{i=0}^{2^{L_1}} \sum_{j=0}^{2^{L_2}} \bar{C}_{i,j}^{L,1,0} N_{i,1}^{L_1}(u) N_{j,0}^{L_2}(v) + \\ & + \sum_{i=0}^{2^{L_1}} \sum_{j=0}^{2^{L_2}} \bar{C}_{i,j}^{L,1,1} N_{i,1}^{L_1}(u) N_{j,1}^{L_2}(v), \end{aligned}$$

Точки скана, для которых превышен заданный уровень ошибки аппроксимации, отфильтровываются так, чтобы остались только точки, принадлежащие проезжей части.

Для того чтобы решить, какие вейвлет-коэффициенты должны быть удалены с целью сжатия информации, определяется статистическая мера значимости каждого внутреннего коэффициента согласно критерию  $t$ -Стьюдента [6].

#### Результаты численных экспериментов

Мы предлагаем для не замкнутых поверхностей рассматривать более простое решение, когда для построения тензорного произведения в одномерный базис кубических мультивейвлетов добавляются две линейные базисные функции по краям отрезка аппроксимации (рис. 2).

На рис. 3 представлены график бикубического сплайн-восполнения полученного МНК-вейвлет-разложения на густую прямоугольную сетку, а также результат наложения исходных точек на полученную сплайн-поверхность. На рис. 4 представлен соответствующий график стандартизированных ошибок аппроксимации метода наименьших квадратов, позволяющий указать точки дискретно заданной двумерной поверхности, рекомендуемые для фильтрации.

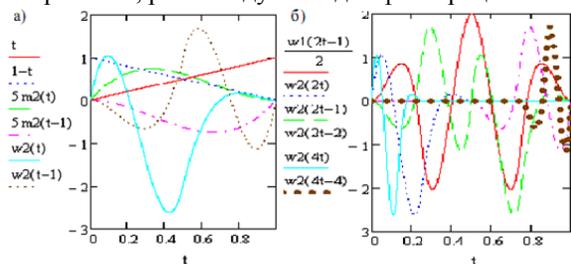


Рис. 2. График базисных функций на первом (а) и втором (б) уровнях разложения по кубическим мультивейвлетам

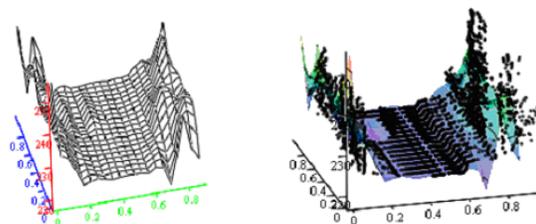


Рис. 3 График восполнения бикубического сплайн-вейвлета и результат наложения исходных точек на полученную сплайн-поверхность

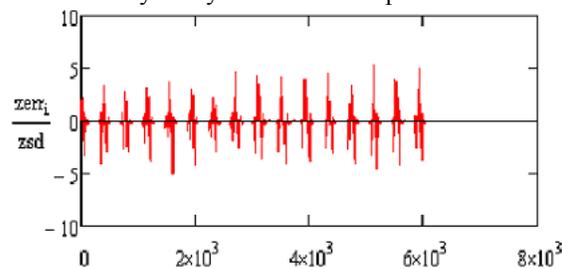


Рис. 4 График стандартизированных ошибок аппроксимации для бикубических вейвлетов

#### Литература

1. Бойков, В.Н. Сплайны в трассировании автомобильных дорог / В.Н. Бойков, Б.М. Шумилов. – Томск: Изд-во ГУ Томский ЦНТИ. – 2001. – 164 с.
2. Турсунов Д.А., Шумилов Б.М., Байгулов А.Н., Колупаева С.Н. Предварительная обработка материалов лазерного сканирования автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета, №3, 2011, с. 153-163.
3. Столниц Э., ДеРоуз Т., Салезин Д., Вейвлеты в компьютерной графике: Пер. с англ. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 272 с.
4. Koro K., Ade K. Non-orthogonal spline wavelets for boundary element analysis // Engineering Analysis with Boundary Elements, 2001, v. 25, p. 149–164.
5. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 352 с.
6. Орлов А.И. Эконометрика, 2-е изд. – М.: Экзамен, 2003. – 576 с.

**СЕКЦИЯ 3.  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ И  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

## THE BEST ERP-SYSTEM FOR BUSINESS

A.V. Nikulina, A.S.Kumaritsa

Supervisor: Aksenov S.V., docent

National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenina Street, 30

E-mail: [nikulina90@mail.ru](mailto:nikulina90@mail.ru)

Today companies have the problem of selecting the ERP-system. This system is designed to manage the company's resources: money, production facilities and personnel.

Implementation of the ERP-system in the company provides a high level of data reliability, efficiency in obtaining the necessary information, the unity of the presentation of information to all departments. At the same time, customizable role-based access to the data system provides a reliable level of protection against unauthorized reception and leaks of information. ERP-system automates all basic and auxiliary business processes including financial accounting and distribution, manufacturing and logistics, personnel management and customer relationship management. An established system of control significantly increases the level of capitalization of the company and its attractiveness on the market.

The most recognized systems in the world are SAP, Oracle E-Business Suite, Microsoft Dynamics AX (Axapta), Microsoft Dynamics NAV. Belonging to a class of ERP-systems, each of them has its own specific features and price.

On the Russian market and CIS markets the most widespread are SAP and AXAPTA. Let's consider advantages and disadvantages of each one.

Microsoft Dynamics AX is one of solutions for enterprise management, which comes from a division of Microsoft. The first version of AXAPTA was released in March 1998 on the Danish market and U.S. market. Today AXAPTA is sold and supported in 45 countries around the world. The current version is released June 1, 2009. AXAPTA has more than 11,000 customers.

SAP R / 3 is integrated and automated control system. It is the main product sold by the German firm SAP. This product has been improved over the past 30 years. Today, more than 38,000 companies use SAP software to manage the business.

AXAPTA was originally aimed at medium-sized businesses. This explains the lack of some features (especially in terms of production). Currently AXAPTA is a universal system. On the other hand SAP was targeted originally at geographically distributed large holdings, a wide range of activities and industries. Only recently this system has started to be considered as a system for medium-sized and big businesses.

The basic functionality of ERP-system should provide opportunities to automate all business

processes. Even if at the moment the company does not need this or that feature, as the business grows, ERP-system must meet all the new and the new requirements. Because of this reason it is becoming especially important to purchase and implement the ERP-system in a modular form. If SAP has integrated functionality, the AXAPTA has limitations in terms of supply chain planning, production planning, enterprise asset management (repairs, maintenance).

In this case, the best industry solution is pre-tuned business model in the ERP-system, which implements the principles of business management based on the best Russian and international industry experience. Industry-specific solutions allow you to accomplish the project most effectively. Such industry solutions are available in SAP industry, but AXAPTA is incompatible with industry-specific solutions of a partner, which leads to the following additional costs.

Quite often structural units of an enterprise are geographically distributed. In these circumstances, it becomes critically important to create a centralized database and organize the work of the departments over the Internet. This problem is solved most effectively by the ERP-systems, which were originally designed to work over the Internet browser. In this case, the installation on the end users' computers is not required, which also facilitates maintenance. SAP uses modern development tools, which facilitate the recruitment of personnel to work with it. But AXAPTA uses its own language X++ (C++ and Java).

Today there are two main approaches to the design of ERP-systems. There are multiplatform and single-platform systems. SAP and AXAPTA are multiplatform systems. But SAP, in addition to Microsoft SQL Server, Oracle, supports DBII.

An important aspect of choosing the ERP-system is its cost. The cost of a project implementation consists of three main components: a license of a system, technical support and consulting services for implementation. Purchase and maintenance of SAP is several times greater than of AXAPTA.

Before-mentioned shows that Axapta is largely inferior to SAP.

These are also four reasons why you should choose SAP above any other software solution such as MS Dynamics:

1. SAP Business Suite is built for growth: SAP provides you with a single state-of-the-art platform on

which all native SAP software (ERP, CRM, SRM...) is seamlessly integrated with each other. Being database and OS independent it provides the necessary flexibility to fit in any existing IT landscape (e.g. Linux). Whether you have one or multiple legal entities, SAP provides integrated intercompany processes and consolidation tools to support existing and growing businesses in one system. SAP Business All-in-One provides pre-configured business process based on industry best practices gained over the last 40 years and as Gartner states SAP is still the most complete software solution on the market and will remain so. SAP's only business is to provide scalable business application software to small, medium sized and large enterprises.

2. One user interface does not fit all: SAP has recognized that there are different types of business users within a company. To enhance employee productivity SAP has launched a wide range of different ways to connect to the backbone applications. To name a few: the web-based Enterprise Portal, mobile applications, Adobe PDF interactive forms, NetWeaver Business Client, Duet for MS Office and SAP, Business Objects, ... and by doing so one can integrate SAP and non-SAP applications into one single interface where single-sign-on provides easy access to all applications for each employee. Furthermore SAP provides a platform and tools to develop your own web-based business applications without any programming (e.g. visual composer, floorplan manager).

3. Turning a predictable total cost of ownership into value: SAP can you provide you with numerous business transformation studies to provide the proof of a significant lower and predictable (what you see is what you get) TCO when implementing SAP software without any hidden costs. AXAPTA support costs can be very unpredictable. There is a risk to spend on system support more than the purchase. Where TCO provides you with the cost of implementation it does not give you any insight on the benefits or business value you will gain. SAP and its partners are able to pinpoint the most important value drivers and KPI's for your sector through value engineering with tools like 'Enterprise Health Check' and 'Value Lifecycle Manager'. Based on real life business experience SAP knows what is driving each industry sector and has made benchmarks to measure your performance against competition.

4. SAP channel partner and customer eco-system: In order to become a channel partner implementing Business All-in-One software, a stringent qualification process is in place to ensure local and global top

quality. Instead of developing (local, partner specific) add-on software components, all vertical solutions are based on standard SAP software. Partners cooperate with SAP to define new solutions and processes which are certified by SAP for global roll-out. Partners work together to offer the best possible solution to you as a customer. The eco-system allows sharing information on events like the SAPIence.be user days and commission meetings that allow customers to share knowledge and experiences across all domains, or to talk to SAP experts on specific topics.

From the foregoing it is clear that SAP has a great advantage. SAP supports a lot of platforms. It works over Internet browser. The system is developed on well-known programming languages. SAP has integrated functionality. That is why many companies prefer this ERP-system. The main drawback of this system is high cost. However, as the experience of investments meet the expectations of buyers. Because implementation - is an investment in a business improvement with a rapid return of investment. According to research conducted among companies using the SAP solution, the following figures showing the average effect of the implementation were obtained:

- reduction of the number of delays in the supply of products to customers by 90%;
- reduction of the minimum balances of materials in the warehouses by 30%;
- increased inventory turns by 20%;
- reduction of the volume of work in-process by 17%;
- increased productivity of equipment and personnel by 10%.

Let's consider a real example. The project of replacement AXAPTA by SAP was recently completed on the second largest in Russia and the first largest in Ukraine producer of dairy products "UNIMILK." All operating activities - from production to sales and business performance management has been integrated into a single platform. The company's management believes that the investment will pay off in 1-2 years, which is a good indicator for large businesses.

References:

1. <http://www.bsc-consulting.ru>
2. <http://www.oasisconsultants.com>
3. <http://www.consult.ru>
4. <http://www.microtest.ru>
5. <http://ms.korusconsulting.ru>
6. <http://www.naviserv.ru>

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ПРОЦЕССА АЛКИЛИРОВАНИЯ БЕНЗОЛА ЭТИЛЕНОМ

Белинская Н.С., Долганова И.О.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[ns\\_belinskaya@sibmail.com](mailto:ns_belinskaya@sibmail.com)

### Введение

Инновационный подход к решению проблемы повышения эффективности промышленных каталитических процессов должен базироваться на глубоких знаниях научных основ моделирования, и что не менее важно, одновременно внедряться в промышленность. Только при этом условии может возникнуть обратная связь между научной разработкой и промышленной эксплуатацией.

### Компьютерная моделирующая система

Для внедрения математической модели на производстве и ее апробации необходима реализация ее в виде технологической моделирующей системы, обеспечение возможности ее использования как исследователем (создателем модели), так и представителями предприятия, заинтересованными в повышении эффективности действующего производства.

Программный продукт, реализующий разработанную математическую модель процесса алкилирования, должен отвечать ряду требований:

1) обеспечение точности инженерных расчетов, возможности проведения прогнозирования и оптимизации режимов работы реальной промышленной установки алкилирования. Данное требование выполняется за счет того, что в основу моделирующей системы закладывается математическая модель, учитывающая физико-химические закономерности протекания процессов, протекающих в реакторе;

2) обеспечение необходимой функциональности: возможность определения расчетным путем количественных показателей, важных с точки зрения конкретного производства, и которые могут быть использованы для оценки экономического эффекта для предприятия, использующего разработанную моделирующую систему;

3) универсальность и системность: программный продукт должен представлять собой единую компьютерную моделирующую систему, объединяющую в себе базу данных, базу знаний, пакет моделирующих программ, и при этом обладающую удобным пользовательским интерфейсом, что определяет ее возможности использования персоналом нефтеперерабатывающего предприятия.

4) гибкость: возможность изменения, уточнения заложенных в программном продукте

характеристик веществ, реакций, схемы превращений [1].

Далее проведем описание компьютерной моделирующей системы (КМС), разработанной с целью повышения эффективности процесса алкилирования бензола этиленом, базирующейся на разработанных математических моделях реакторов алкилирования, и отвечающей указанным выше требованиям.

Рассмотрим структуру КМС, которая в общем случае включает несколько функциональных блоков:

- 1) база данных по составу и характеристикам сырьевых и продуктовых потоков, характеристикам протекающих реакций;
- 2) экспертная база знаний;
- 3) пакет моделирующих программ, реализующих как численные методы решения уравнений модели процесса, так и алгоритмы для решения обратной кинетической задачи.

При работе пользователь КМС взаимодействует с программой через интерфейс, вводит исходные данные, выбирает тип расчета. При проведении расчетов реализуется моделирующий алгоритм решения уравнений математической модели реакторного процесса. Численные характеристики процессов, которые представляют собой параметры модели, извлекаются из базы данных. Сопровождение моделирующей системы осуществляют разработчики, основываясь на собственных знаниях и на сформированной ранее базе знаний по конкретному процессу. Схема взаимодействия между пользователем КМС и ее разработчиком на этапе создания и эксплуатации моделирующей системы приведена на рисунке 1 [2].

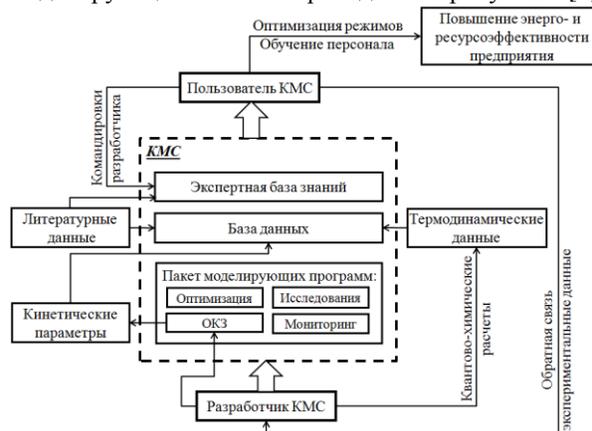


Рис. 1. Схема взаимодействия пользователя и разработчика КМС

Интеллектуальная компьютерная система, разработанная для установки алкилирования, содержит математическое описание процессов, протекающих в реакторе. В основе описания лежат фундаментальные закономерности превращения углеводородов в присутствии жидких катализаторов, представленные в виде физико-химической модели реактора.

Компьютерные моделирующие системы на сегодняшний день уже реализованы для важнейших процессов нефтепереработки: каталитического риформинга и изомеризации [3]. Подобные интеллектуальные системы, в основе которых лежат фундаментальные физико-химические закономерности позволяют прогнозировать и увеличивать ресурс дорогостоящих катализаторов в зависимости от условий эксплуатации, а также выбирать марку катализатора с учетом углеводородного состава перерабатываемого сырья при заданной производительности. С применением интеллектуальных систем возможна и экономическая оптимизация режима эксплуатации установок путем рассмотрения и расчета различных вариантов повышения их производительности. Эти системы позволяют повысить также глубину переработки углеводородного сырья, дают возможность проводить анализ и прогнозировать технологические показатели действующего производства, а также рассчитывать и предсказывать материальный баланс процессов в зависимости от планируемой загрузки установки.

В качестве основного инструмента для решения конкретных задач компьютерного моделирования (построение математической модели, идентификация ее параметров, проведение оптимизационных расчетов) выступает пакет моделирующих программ, имеющих единую операционную оболочку, в которую включено большое количество вычислительных алгоритмов.

В случае процесса алкилирования бензола пакет программ включает в себя программно реализованный метод решения дифференциальных уравнений математической модели (метод Эйлера [4]) и реализацию алгоритма идентификации кинетических параметров модели по экспериментальным данным, который представляет по сути модифицированный метод сканирования [5].

База данных моделирующей системы для процесса алкилирования содержит численные значения физико-химических (плотность, молекулярная масса и др.) и теплофизических (теплоемкость) характеристик углеводородов, принимающих участие в реакциях получения

этилбензола, свойства индивидуальных веществ (бензола, этилена, этилбензола, катализатора.), а также термодинамические и кинетические характеристики реакций и применяемого катализатора (предэкспоненциальные множители, энергии активации основных реакций, данные по дезактивации катализатора, тепловые эффекты реакций, энтальпийные и энтропийные характеристики).

Программная реализация осуществлена с применением объектно-ориентированной среды программирования Delphi 7. Выбор данной среды программирования обусловлен следующими преимуществами: во-первых, это быстрота разработки приложений, высокая производительность разрабатываемых приложений, низкие требования разрабатываемых приложений к ресурсам компьютера, во вторых, хорошая проработка иерархии объектов, присущая языку программирования ObjectPascal, реализованного в среде Delphi, в третьих, доступность большого количества визуальных компонентов, а также удобство работы с базой данных.

#### **Заключение**

Разработанная компьютерная моделирующая система позволяет проводить оценку и уточнение кинетических параметров модели реактора, выполнять мониторинг текущей работы установки алкилирования, проводить исследования по влиянию различных технологических параметров на эффективность процесса (в том числе, с целью обучения производственного персонала), осуществлять оптимизацию технологических режимов работы реактора при различном составе сырья. Проведение процессов алкилирования при оптимальных условиях позволит повысить более рационально использовать природные ресурсы и ресурсы предприятий.

#### **Литература**

1. Юрьев Е.М. Повышение эффективности процесса гидрирования высших алкадиенов С9-С14 методом математического моделирования: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук - Томск, 2008. 186 с.
2. Фетисова В.А. Повышение эффективности процесса алкилирования бензола высшими олефинами с использованием метода математического моделирования. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук - Томск, 2012. – 144 с.
3. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д. Компьютерное прогнозирование и оптимизация производства бензинов. Томск: СТТ, 2000. 192 с.
4. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-

технологических процессов. М.: ИКЦ "Академкнига", 2006. 416 с.

5. Полак Л.С., Гольденберг М.Я., Левицкий А.А. Вычислительные методы в химической кинетике. М.: Наука, 1984. 280 с.

## СИСТЕМА ВЫСОКОТОЧНОГО ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЗКИ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ 5-КООРДИНАТНЫХ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Бессараб А.С, Чердынцев Е.С.

Томский политехнический университет  
[intaabs@gmail.com](mailto:intaabs@gmail.com)

### Введение

В наше время на высокотехнологичных предприятиях занимающихся изготовлением деталей на станках с ЧПУ используют специальное программное обеспечение, которое можно условно назвать «виртуальным станком». Перед тем как отправить управляющую программу на «настоящий станок», можно её сначала проверить на «виртуальном станке», на котором средствами трехмерной графики визуализируется весь процесс срезания металла фрезой с заготовки. Подобная предварительная проверка позволяет оценить правильность траекторий движения инструмента, избежать недостаточное или лишнее снятие материала, экономить ресурсы за счет бесплатного «виртуального» материала, проводить замеры и предотвратить столкновения, способные привести к критическому ущербу станка [1, 2].

Современным условиям производства соответствуют следующие требования к системе: заготовка максимального размера 300x300x300 мм должна обрабатываться с точностью 5 микрон (0.005мм); поддержка настраиваемого режущего инструмента, поддержка командного управления.

В ходе исследования на примере 5-координатного фрезерного станка Fanuc-6M (рис. 1) разработаны алгоритмы и программная реализация (рис. 2) с использованием инструментария: C++, MS Visual Studio, Direct3D, Qt. Все алгоритмы и реализация полностью разработаны автором в ходе длительного планирования «на бумаге», в проекте не используются сторонние методы.

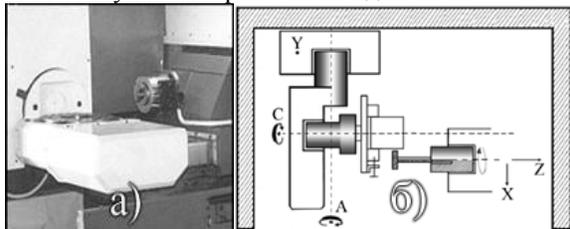


Рис. 1 Пятикоординатный станок Fanuc-6M

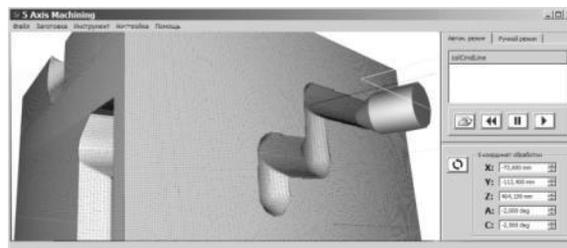


Рис. 2 Программная реализация

### Заготовка

Если произвести простые расчеты, становится ясно, что для хранения заготовки размерами 320x320x320 мм с точностью обработки достигающей 5 микрон (0.005 мм), потребуются гигабайты информации. Необходима более эффективная модель данных для сжатия информации.

В данном случае удобно использовать так называемые карты высот. На рис. 3 показаны случаи использования карт высот подходящие для различных видов резки.

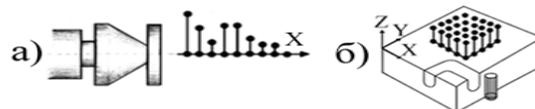


Рис. 3 Карты высот: а) одномерная карта высот для токарной обработки; б) двумерная карта высот для 3-координатной обработки

В данном исследовании для 5-координатной обработки (резка заготовки может происходить с любой стороны детали, под любым углом) в качестве решения разработана модель данных, условно обозначаемая в данной работе как «карта высотных отрезков» (рис. 4).

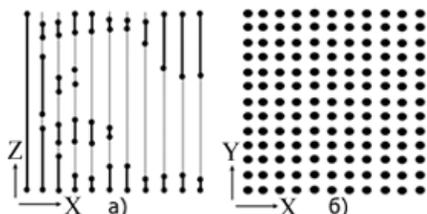


Рис. 4 Карта высотных отрезков для обработки на 5-координатном станке

Карта высотных отрезков напоминает собой двумерную карту высот, однако в каждой ячейке (далее называемой высотой) хранится не одно значение высоты, а множество отрезков. Карта высотных отрезков позволяет значительно сократить обрабатываемые объемы информации.

Для осуществления оптимизации по скорости выполнения алгоритмов пространство заготовки разбивается на сектора, каждый из которых хранит указатели только на участки материала (высотные отрезки), попавшие внутрь объема сектора (рис. 5). При обработке не попавшие в пересечение с фрезой секторы сразу отбрасываются.

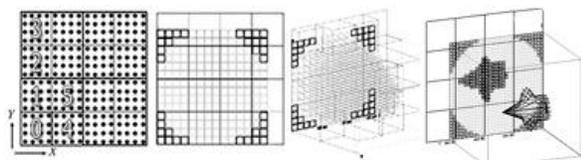


Рис. 5 Разбиение пространства заготовки на сектора (здесь в 1 сектор попадает 16 наборов высотных отрезков)

### Режущий инструмент

Самым эффективным из исследуемых способов оказался способ представления режущего инструмента в виде тела вращения с образующей в виде ломаной линии. Режущий инструмент состоит из некоторого количества конических участков, формирующих контур в виде ломаной линии (рис. 6). Из конических участков формируются цилиндрические и эллиптические.



Рис. 6 Общее представление режущего инструмента как множества цилиндрических и конических участков

Изначально требуемые на современном производстве и реализованные виды фрез представлены на рис. 7.

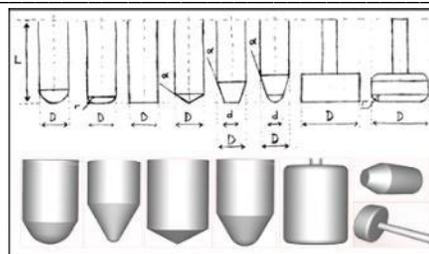


Рис. 7 Требуемые и реализованные формы режущего инструмента

### Резка

В системе используются собственные сложные оптимизированные алгоритмы для нахождения пересечений. По найденным точкам пересечения производится изменение структуры заготовки.

В алгоритмах резки для расчета пересечений (аналитическая геометрия) используются преобразования из одного базиса в другой (линейная алгебра). Для этого подсчитываются специальные матрицы перехода.

Сначала проверяется, в какие сектора заготовки попал режущий инструмент. При этом координаты режущего инструмента переводятся в локальную систему координат заготовки, производится нахождение пересечений фрезы с секторами.

Затем система переходит к вычитанию материала из объема заготовки. Из тех секторов, в которые попала фреза, координаты точек каждого высотного отрезка переводятся в локальную систему координат режущего инструмента, производится нахождение точек пересечения, отсечение отрезков попавших внутрь фрезы, и возврат полученных координат обратно в локальную систему координат заготовки.

### Визуализация

Для визуализации карты высотных отрезков необходимо преобразовать её в поверхность из треугольников. Реализация показана на рис. 8. В данном случае структура материала для визуализации отображается с той же точностью, как и структура в которой заготовка хранится, что важно, ведь идет моделирование высокоточной резки.

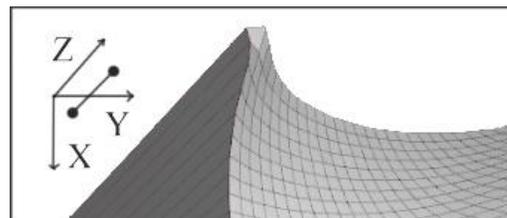


Рис. 8 Визуализация карты высотных отрезков в виде поверхности

Результат резки в автоматическом режиме представлен на рис. 9



Рис. 9 Результат снятия материала с заготовки при автоматической обработке

#### Заключение

В ходе исследования удалось реализовать основные требования поставленной задачи.

#### Литература

1 Ловыгин А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система.- М.: Эльф ИПР, 2006. 440 с.

2 Вернер Д. Причины использования ПО для верификации и оптимизации NC-программ. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.sapr2000.ru/pressa3.html>, свободный.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УЧЕБНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ШКОЛЬНИКОВ

Демешева О.В., Лепустин А.В.

Томский политехнический университет  
[dem@ege.tomsk.ru](mailto:dem@ege.tomsk.ru)

Мониторинговые исследования являются одним из важнейших аспектов системы контроля качества образования, которая отражает степень соответствия реальных достигаемых образовательных результатов нормативным требованиям. На сегодняшний день в качестве наиболее современного инструмента для выявления качественного результата образовательной деятельности применяются автоматизированные информационные системы мониторинга [1].

На базе Центра мониторинга и оценки качества образования ТОИПКРО разрабатывается информационная система проведения мониторинга учебных достижений школьников «Портфолио 2.0». Система должна обеспечивать планирование и организацию оценочных мероприятий, а также сбор данных и их централизацию.

Учитывая назначение разработки, следует выделить два уровня информационной системы:

- региональная часть, в которую вынесены функции сбора и обработки информации по региону, контроль и администрирование;
- школьная часть, внедряемая непосредственно в образовательном учреждении.

Особое внимание следует уделить центральной базе данных, используемой для хранения всей информации о проводимых оценочных мероприятиях и их результатов, а так же вопросу обмена и синхронизации данных школьного и регионального уровня.

Было принято во внимание, что Центра мониторинга и оценки качества образования имеет собственную разработку - АИС «Мониторинг», функционал которой схож с функциями регионального компонента системы. Таким образом, в результате доработки АИС

«Мониторинг» был реализован региональный уровень ИС «Портфолио 2.0».

При проектировании школьного уровня необходимо было учесть невысокое качество и непостоянство каналов связи образовательных учреждений. Наиболее целесообразным решением стала разработка приложения – «толстого клиента», с собственной базой данных и возможностью синхронизации данных посредством механизма репликации. Данное решение позволит пользователям из ОУ не только просмотреть данные о результатах оценочного мероприятия, а получить их в своё приложение и производить любые из предусмотренных операций анализа. Региональный уровень в свою очередь получает из школьного приложения данные о преподавателях и обучающихся, внесенные ответственным от ОУ. На рисунке 1, схематично проиллюстрирована концепция системы мониторинга «Портфолио 2».



Рис. 1. Схема взаимодействия уровней ИС «Портфолио 2.0»

Применяя к школьному уровню системы нисходящее проектирование, были выделены девять подсистем, представленных на рисунке 2, иллюстрирующем их взаимодействие, в частности, потоки входных и выходных данных. Цифрами обозначены стрелки входящих данных, латинскими буквами – результатом работы системы.

Как видно из схемы, центральным элементом в системе является подсистема сбора и хранения данных, фактически представляющий собой совокупность базы данных и интерфейса сбора информации. Модуль обеспечивает возможность создания, хранения, получения и обработки, изменения, а также удаления различной информации (сведения об образовательном учреждении, обучающихся и преподавателях, классах и параллелях, организации оценочных мероприятий и результатах их проведения). В качестве поставщиков использует, во-первых, систему межуровневого взаимодействия, реализуя с её помощью взаимодействие с региональным компонентом системы для получения актуальной информации о назначении оценочных мероприятий или контрольно-измерительных материалов, во-вторых, модуль импорта данных, который позволяет получить всю информацию из предыдущей версии информационной системы без повторного ввода.

Следует выделить модуль организации и планирования оценочных мероприятий и модуль проведения оценочных мероприятий, позволяющие создавать, получать, назначать и проводить оценочное мероприятие, с указанием даты и ответственного, добавлять и удалять сведения об участии обучающихся в каком-либо ОМ.

Отдельно вынесен модуль разработки заданий контрольно-измерительных материалов, позволяющий сотрудникам образовательного учреждения самостоятельно разрабатывать материалы для собственных оценочных материалов, включая стадии экспертизы и апробации.

Одним из самых функционально-полезных модулей является подсистема отчётности, позволяющая выполнять построение отчётов и диаграмм по результатам проведения мониторинговых процедур или по составу классов.

В качестве вспомогательных следует рассмотреть модуль администрирования и модуль справочной информации, выполняющие взаимодействие как непосредственно с пользователем, так и с региональным компонентом. Модуль администрирования позволяет производить настройку приложения, управлять межуровневым взаимодействием и доступом пользователей. Модуль справочной информации выполняет функции поддержки пользователя.



Рис. 2. Декомпозиция нижнего уровня системы на модули

По приведенной выше схеме можно рассмотреть потоки данных приложения – цифрами обозначены входящие потоки:

**1** – данные, получаемые из регионального компонента системы и его базы данных, включающие информацию о назначении оценочных мероприятий образовательным учреждением, результаты проведения мониторинга, внешних оценочных мероприятий как ЕГЭ и ГИА-9, а также восстановление всех данных в случае сбоя школьного компонента системы;

**2** – данные, импортируемые из предыдущей версии информационной системы «Портфолио», используемой в образовательном учреждении;

**3** – данные, поступающие в систему непосредственно от пользователей образовательного учреждения, включающие в себя информацию об обучающихся, преподавателях, кластерах классов и параллелей;

**4** – данные, поступающие в систему в процессе разработки сотрудниками образовательного учреждения заданий контрольно-измерительных материалов для оценочных мероприятий.

Таким образом, основными поставщиками данных для школьной информационной системы является региональный компонент и сами пользователи.

Латинскими буквами обозначены потоки выходной информации системы:

**А** – данные, отправляемые региональному компоненту системы для сбора всей информации по Томской области, в том числе для построения отчетности и анализа результатов проведения оценочных мероприятий различного уровня детализации.

**В** – данные, выдаваемые системой пользователям образовательного учреждения по запросу, преимущественно в виде отчётов и диаграмм, содержащие информацию начиная от распределения обучающихся по кластерам и заканчивая подробным отчётом об учебных достижениях каждого обучающегося с использованием кодификаторов.

Для эффективного проектирования ИС был проведен детальный анализ назначения, решаемых

задач и характеристик различных информационных систем – аналогов и изучена методика проведения процедур оценки качества образования [2]. Описанная архитектура информационной системы реализована авторами данной публикации в рамках разработки ИС «Портфолио 2.0» для Центра мониторинга и оценки качества образования ТОИПКРО. После реализации школьного уровня планируется пилотное внедрение информационной системы в одну из школ Томской области.

#### Литература

1. Шишов С.Е., Кальней В.А. Школа: мониторинг качества образования. Москва, 2000, 241 с.
2. Майоров А.Н. Мониторинг в образовании: Изд. 3-е. Москва, Интеллект-Центр, 2005, 424 с.

## WELL SERVICING IS A PART OF VIRTUAL OILFIELD

A.O. Dzyubanyuk

Scientific advisor: Komagorov V.P., lecturer

Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30

E-mail:dzyubanyukanna@mail.ru

The major oil and gas companies have been making extensive use of software information systems. Such companies are "Gazprom", "Rosneft", "Lukoil". Informatization considerably facilitated activities of large companies. It has allowed to connect distant offices of companies and store large amounts of information in databases.

"Virtual oilfield" provides an opportunity to obtain all the necessary skills in field development and well drilling.

The idea of creating a «Virtual oilfield» was not accidental. According to employers, students that arrive for internship have no idea of the real field operation. In universities they receive theoretical knowledge, while practical tasks remain in the background. So the idea of combining information technology and oil and gas industry had appeared and was received with enthusiasm. For example, «Virtual oilfield» development is carried out at Tomsk Polytechnic University and Gubkin Russian State University of Oil and Gas.

What is a «Virtual oilfield»? An accurate definition of a virtual oilfield hardly exists. All of the proposed definitions include the following: «Virtual oilfield» is:

- A multitude of virtually managed oilfield processing facilities, i.e. computer models of injection and production wells, power equipment of an oilfield;
- Virtual automated process control system for oil and gas production;

- Automated workplaces for specialists: geologists, geophysicists, technologists, drillers, mechanics, power engineers, ecologists, economists, and managers whose team-work ensures oilfield operation;
- Oilfield development control center combining the functions of a monitoring center equipped with facilities for visualizing 3D deposit models with those of a situation center for oilfield operation analysis and a decision making center;
- Telecommunications center allowing to simulate telephonic and video conferences;
- Training and research laboratories and centers;
- Production field equipment polygon for research and training (a mini-oilfield with operational production equipment for training purposes);
- Dataprocessing center;
- Local high-speed information network linking the basic components;
- Subject of activity: a 3D computer model of a given section of oil or gas deposit, a virtual deposit;
- A real management information system and computer-aided decision support systems used in modern oil and gas production enterprises.

«Virtual oilfield» operation is very often compared to the work of a flight control center. Using «Virtual oilfield» allows to monitor the work performed by each expert at a workstation, receiving not only sound, but also video.

For creating the project «Virtual oilfield» focused specialists not only information and profile of the oil, as

well as highly skilled mathematical methods, the developers of 3D modeling, geophysics, geology, and many others.

Many people might have a question: what is the overall purpose of creating a «Virtual oilfield»? First, it is the lack of places where students can obtain real practical experience. The system of academic and practical internships, as one of the pillars that underpin the national education system, has largely been destroyed. Higher education institutions can't guarantee that students receive practical experience, in turn depriving them of the opportunity to acquire the necessary professional expertise. The economy is replenished by specialists that know theory well but are not ready to solve practical tasks. From the industrial perspective the problems are much more serious: training programs simply do not catch up with the technologically advanced industries. Second reason is the opportunity to acquire practical skills on the job. Imagine that using computer technologies you are able to take part in virtual well drilling, installing the necessary equipment, and field development.

The idea of creating a «Virtual oilfield» has been implemented in Moscow at Gubkin Russian State University of Oil and Gas. For this university the gist of the innovation consists in the following:

- The principle of systematicity: activities of oil and gas companies are simulated as a whole;
- Creation of jobs that give students the opportunity to perform the work made by specialists of the given profile on an everyday basis;
- Simulation of a working environment that includes such things as "smart" wells, "electronic fields", the network, etc.

This project is also being implemented at Tomsk Polytechnic University's Institute of Cybernetics, Department of Optimization of Control Systems. For 10 years the department and the research laboratories and centers working under its scientific and methodical supervision have performed more than 15 research efforts on oil and gas field modeling, building and visualizing 3D geological and hydrodynamic models by subsurface users' orders, creation of an automated control system for an oil-producing association, etc. The total amount of research efforts performed in this area exceeds 25 million rubles. The virtual oilfield here is interpreted as follows. The virtual oilfield is a set of technology-oriented automated workstations and hardware and software stands connected via telecommunications to the oilfield situation control center and data and knowledge bases located at a supercomputer cluster, providing broad opportunities to study the processes of oil and gas field modeling, design and development.

Within the framework of this project work is being done to create 2 types of virtual field: oil and gas. Scenarios being created include:

- Field development design;
- Oil production shop situation control;
- Reservoir pressure maintenance situation control;

The «Virtual oilfield» is located at:

- The Institute of Cybernetics (Cybernetics Center, building 10);
- The Institute of Natural Resources (building 20);

The main products and services of the project are:

- system integration hardware and software solutions for constructing the "Virtual Oilfield" situation center;
- algorithmic and software systems that provide 3D modeling, design, and situation control of virtual departments;
- scientific and methodological support (monographs, textbooks, and laboratory courses in the core subjects);
- academic staff possessing the technology of training students and conducting refresher

This topic was developed a short time ago. Probably the reason for the development of this direction was the general informatization. Information technologies have become an integral part of our lives, being used in such industries as mathematics, medicine, geophysics, ecology, and oil industry. Computerized information channels connect petroleum specialists with colleagues and partners allowing them to interact with each other. University students of different majors will be interacting and cooperatively monitoring and managing field development while sitting at their computers, and in case of an emergency try to determine who is responsible for its removal: the driller, the technologist, the mechanic, or the transportation engineer. Within the framework of this project I have developed a website titled "well maintenance", which allows obtaining the necessary information on this topic. A visual representation of the main page is shown below:

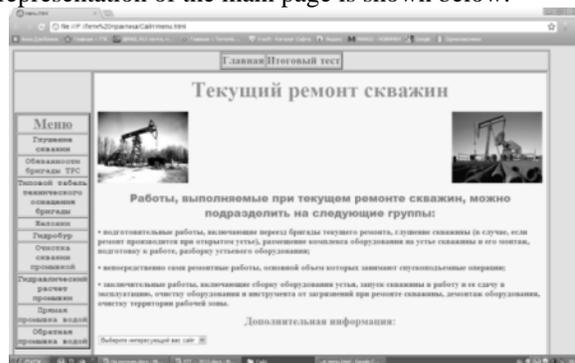


Fig. 1. Home page



ones. Also it contains basic methods for working with the content. These methods are implemented with using the Ajax technology.

*AccountController* is intended for user registration, user authentication and contains actions for rendering needed views.

As mentioned earlier, application interacts with user by special web service based on WCF technology. This service contains methods for working with data.

Methods for working with data are listed below:

- **SparqlQuery** - is required for query execution like "SELECT" and "ASK".

- **ChangeTriples** - is intended for removing triples from the graph and inserting new ones.

- **GetAllGraphs** - is required for accessing to available graphs in the semantic storages.

An interaction of WCF web service with developed web application is carried out by adding the reference on this WCF service in Microsoft Visual project (fig. 2).



Fig. 2. Reference on WCF web service in a project

After this WCF web service proxy-class is automatically created and it is enabled to use all of the

methods of this service. Further it is necessary to add reference on this service to class, which will use one (fig. 3).

```
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Web;
using System.Configuration;
using HTML5_Ontology_Editor.SemanticDataService;

namespace HTML5_Ontology_Editor
{
    public static class SemanticServiceClient
    {
    }
}
```

Fig. 3. Reference on the web service in the class

After this it is possible to create an instance of web service class and implement all of the methods (pic. 4)

```
client = new SemanticDataServiceClient();
client.AddStore(ConfigurationSettings.AppSettings["VirtuosoSettings"]);
```

Fig. 4. Implementation of web service methods

Fig. 5 shows a list of triplets which were got from the semantic storage with a possibility to edit them. Also it is enabled to get triplets of the chosen graph, graph editing and removing functions as well as a functionality to add triplets in the needed graph.

All system functionality was developed with the help of JQuery.

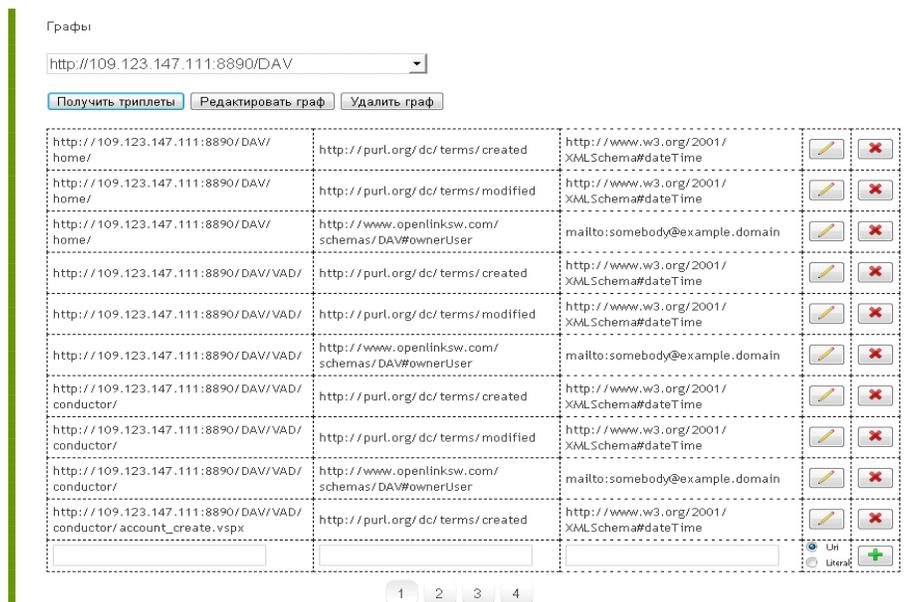


Fig. 5. List of triplets of chosen graph

### Заключение

Nowadays Semantic Web becomes more and more popular in web application development. Subsequently an amount of such types of applications will increase. Developed system is an example of the simple application which allows users to interact with semantic storages, get triplets and graphs and modify them.

### Литература

1. Бернерс-Ли Т. The Semantic Web // Scientific American Magazine [Электронный ресурс]. – 2001.– Режим доступа: <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=the-semantic-web/>, свободный.

2. Resource Description Framework [Электронный ресурс]. – 2004.– Режим доступа: <http://www.w3.org/RDF/>, свободный.

3. ASP .NET MVC Framework [Электронный ресурс] – 2011 – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/ASP.NET\\_MVC\\_Framework/](http://ru.wikipedia.org/wiki/ASP.NET_MVC_Framework/), свободный

4. JQuery [Электронный ресурс] – 2011 – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/JQuery/>, свободный

5. WCF [Электронный ресурс] – 2011 – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Communication\\_Foundation/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Windows_Communication_Foundation/), свободный

## USING OF NEURAL NETWORKS TO PREDICT THE QUOTATIONS OF ECONOMIC TIME SERIES

J.S. Trofimovich, N.A. Khvan

Scientific advisor: Saveliev A.O.

Language instructor: Deniko R.V.

Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenina Street, 3

E-mail: [helinteg@disasm.info](mailto:helinteg@disasm.info)

### Introduction

Thanks to fast and rapid growth of information technologies people and machines become related more intensively. People explore machines, and machines in turn overtop their creators vastly. As a result, such concept as Artificial Intelligence emerged. Artificial intelligence (AI) is the intelligence of machines and the branch of computer science that is aimed to create it. Research of AI capability is a perspective and actual task nowadays.

Quotation prediction was chosen as an example for this work. Forex (the foreign exchange market) was chosen as a project domain because of large quantity of open data. Researched was carried out with artificial neural networks.

An artificial neural network (ANN), usually called neural network (NN), is a mathematical model or computational model that is inspired by the structure and/or functional aspects of biological neural networks. It is one of a number of AI technology. A neural network consists of an interconnected group of artificial neurons, and it processes information using a connectionist approach to computation. In most cases an ANN is an adaptive system that changes its structure based on external or internal information that flows through the network during the learning phase. Modern neural networks are non-linear statistical data modeling tools. They are usually used to model complex relationships between inputs and outputs or to find patterns in data.

Most systems use "weights" to change the parameters of the throughput and the varying connections to the neurons. Artificial neural networks can be autonomous and learn by input from outside "teachers" or even self-teaching from written in rules.

There are numerous algorithms available for training neural network models; most of them can be viewed as a straightforward application of optimization theory and statistical estimation.

Most of the algorithms used in training artificial neural networks employ some form of gradient descent. This is done by simply taking the derivative of the cost function with respect to the network parameters and then changing those parameters in a gradient-related direction.

Evolutionary methods, simulated annealing, expectation-maximization, non-parametric methods and particle swarm optimization are some commonly used methods for training neural networks.

The task is to research neural networks facilities in works with quotation time series. More particularly, it means that neural network should be constructed in MATLAB. Then, it should be trained with some samples. And in result, some improvement in prediction should be received.

### Construction of a model in Matlab

The cross of simple moving average with different averaging period for definition quotation trend was used. This method is used among traders. It consists in building two SMA, and monitoring cross. When it happened, then trend has changed. In original algorithm a change of trend is determined after period of quick SMA. Sometimes it is too long. Creation of network which can predict SMA for short period can help to get information about cross in moment when it happened. It would be more efficiently than original algorithm without prediction.

SMA with two averaging periods – 5 days and 10 days was used. Neural network should predict SMA with a period of 10 days. The cross will be received

with moving quick SMA on 5 steps in future. As practice shows, it works.

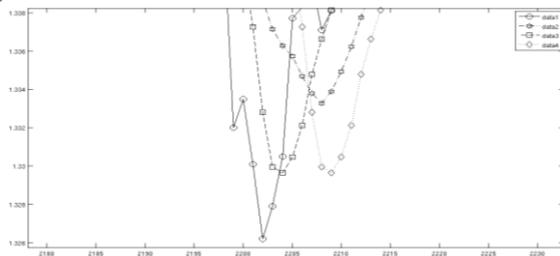


Fig. 1. The cross of two SMA and quotation

As a development environment was chosen Matlab. MATLAB (matrix laboratory) is a numerical computing environment and fourth-generation programming language. Developed by MathWorks, MATLAB allows matrix manipulations, plotting of functions and data, implementation of algorithms, creation of user interfaces, and interfacing with programs written in other languages, including C, C++, Java, and Fortran.

There are a lot of toolboxes for MATLAB, which dilate functionality. They correspond to collections of functions, written on MATLAB language to solve a strict type of problem. They are developed by MathWorks, including Neural Network Toolbox – facility for analysis and synthesis of ANN. As a result, MATLAB is ideal for ANN design and data preparation.

Neural network demand prepared data. Data was prepared, and that process included:

- 1) Data acquisition
- 2) Preparation and normalization

Open values of quotations are available for download from many brokers' sites. They were downloaded from <http://forex-broker.org/clients/Archive/> for EUR/USD. Because of ANN ability for generalization, it was not necessary to smooth data and to delete noise in our case. Normalization was also unnecessary because of one type of inputs. Normalization is used only when data has different dimension, for example one input has values from 1 to 100, and the second from 50 to 200. Without normalization the second input could affect the result more than the first. It is not this case as there should only make the matrix from samples. The choice of model's parameters was the next step. It consisted of:

- 1) Choosing network topology
- 2) Fitting AN characteristics
- 3) Fitting learning parameters

Identification of network topology was carried out by empiric method. Different combinations of numbers of neurons and layers were tried. Their capabilities were analyzed with required data. It was

established that increasing of numbers of layers does not enhance the result. Because of this the architecture with one hidden layer was chosen. The number of neurons in hidden layer was fitted as 10, number of inputs – 15.

Network consists of inputs, one hidden and output layer. In hidden layer is used sigma function, in output layer – linear function. Because of this a pattern is standard for regression problem.

And the last stage of learning and estimation of results included:

- 1) Learning
- 2) Verification of learning adequacy
- 3) Alignment of learning parameters

In MATLAB there is some number of learning algorithms. Trainlm, a network training function that updates weight and bias values according to Levenberg-Marquardt optimization was chosen. Before training data was prepared. The data was broken into samples – sets of inputs and outputs, whereupon they are represented in matrix – the form that is needed for learning algorithm.

The quality of result can be evaluated from point of view, and from mathematic point of view. Users appraisal bases on tentative profit, mathematical – on simple average value of errors.

For daily period the following results were received: simple average value of error – 9.33 points.

Trading algorithm based on ANN predictions “earned” 55727 points for all time. For comparison, similar trading algorithm without ANN «earned» 18067 points in idem conditions, it is in 3 time less then with ANN.

### Conclusion

In conclusion it is possible to say that neural networks showed themselves effective in works with economic time series. Other important thing is that neural networks can be used in almost every sphere.

### References

1. R. Callan «The Essence of Neural Networks First Edition», Moscow, 2001
2. V.S. Medvedev, V.G. Potemkin «Neural Networks. MATLAB 6», Moscow, 2002
3. Matlab. [Electronic resource] <http://en.wikipedia.org/wiki/Matlab>
4. Machine Learning. [Electronic resource] <http://www.machinelearning.ru>
5. Algolist. [Electronic resource] <http://algolist.manual.ru>
6. Wikia. [Electronic resource] <http://psychology.wikia.com/>
7. Artificial neural network. [Electronic resource] [http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_neural\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_neural_network)

## SYSTEM CENTER 2012 DATA PROTECTION MANAGER: ОСОБЕННОСТИ НОВОЙ ВЕРСИИ ПРОДУКТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЧАСТНОГО ОБЛАКА

Колчанов А.В.

Томский политехнический университет  
[andreyka4623@gmail.com](mailto:andreyka4623@gmail.com)

7 января 2012 года Microsoft объявила о выпуске релиз-кандидата продукта System Center 2012, в состав которого в качестве одного из компонентов входит RC-версия Data Protection Manager (DPM) 2012. О том, что появилось нового в этой версии, будет рассказано в этой статье.

### **Единая централизованная консоль**

В версии DPM 2010 на каждый сервер, куда ставился сервер DPM, устанавливалась консоль управления, и необходимо было подключаться к каждому серверу, чтобы произвести какие-то действия, да и даже просто понаблюдать за состоянием защиты данных на серверах. На крупных предприятиях с разветвленной инфраструктурой это, конечно же, вызывало определенные неудобства при администрировании.

Единая консоль DPM 2012 реализована на базе общей консоли System Center Operations Manager (с помощью импорта DPM Management Packs), и в релиз-кандидате продукта — только на базе ее. С помощью данной консоли возможно управлять количеством DPM-серверов, доходим до 100, или обеспечивать защиту до 50000 источников данных. Путем несложных вычислений можно получить, что один DPM-сервер может защищать до 500 источников данных. Источники же данных, которые может защищать DPM, это файловые сервера, виртуальные сервера, клиентские системы на базе Windows (от Windows XP с SP2 до Windows 7). Возможна также защита данных таких приложений Microsoft, как SQL Server, Exchange Server, SharePoint. И нельзя забывать про резервное копирование и восстановление System State и Bare-Metal Recovery (рис. 1).

Единая консоль позволяет проводить удаленный мониторинг и управление не только новой версией DPM 2012, но и версией 2010, при установке на нее соответствующего хотфикса.

Следует также сделать замечание, что для управления DPM 2012 есть две консоли: Единая или Центральная консоль (Central Console), ориентированная большей частью на мониторинг (хотя в версии 2012 с помощью нее можно практически полноценно управлять серверами), и удаленная консоль (remote console), предоставляющая возможности детального администрирования DPM.

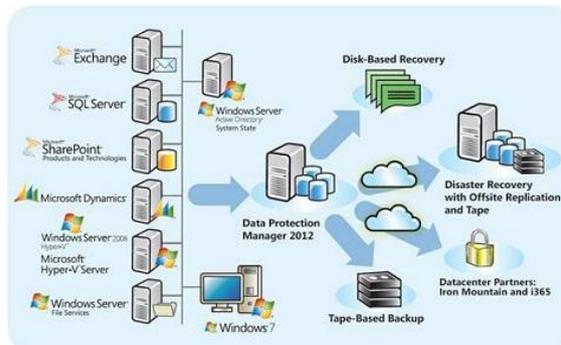


Рис. 1. Интеграция различных серверов Data Protection Manager

### **Консолидация уведомлений**

Также затраты помогает уменьшить появившаяся возможность консолидации уведомлений. Это значит, что DPM стал более интеллектуальным — при возникновении нескольких ошибок, например, он может определить, вызваны ли они одной и той же причиной или разными, и в случае одной и той же причины может создать только одно уведомление на базе нескольких ошибок. Также на основе этого уведомления создается только один тикет в Service Manager (появилась интеграция с этим компонентом System Center).

### **Категоризация уведомлений**

Также появилась категоризация уведомлений. Появилось разделение на уведомления, связанные с инфраструктурой (т.е. связано с функционированием самого сервера DPM), и на уведомления, касающиеся только резервного копирования источников данных.

Уведомления разбиты на "Infrastructure Alerts" и "Backup Alerts". В свою очередь, уведомления о резервном копировании подразделяются на уведомления при дисковом резервном копировании и на уведомления при резервном копировании на ленту. Еще можно подразделить данные уведомления на уведомления, связанные как с одним источником данных, так и с несколькими. "Инфраструктурные" уведомления разбиваются на уведомления о самом DPM-сервере, о состоянии дискового хранилища, состоянии ленты, а также состоянии защищенных компьютеров.

### **Управление на основе ролей**

Важным нововведением, связанным с безопасностью, явилась возможность разграничения прав доступа на основе ролевой модели. Это важно в крупных компаниях, где за различные действия могут отвечать разные люди.

Существует несколько предопределённых ролей, наиболее часто используемых. Привязка этих ролей к учетным записям осуществляется в Operations Manager. Также на основе первоначально заданных ролей можно создавать какие-то свои, комбинированные роли.

#### **Защита на базе сертификатов для компьютеров, не входящих в AD**

Появилась возможность защиты на базе сертификатов для компьютеров, находящихся за пределами Active Directory. Ранее аутентификация подобных компьютеров происходила с помощью локальных учетных записей и NTLM.

С помощью сертификатов стало возможно защищать следующие источники данных:

- SQL Server;
- файловый сервер;
- Hyper-V.

DPM также поддерживает защиту этих источников в кластерной конфигурации.

К сожалению, пока НЕ поддерживается защита на базе сертификатов для следующих источников:

- Exchange Server;

- клиентские компьютеры;
- Sharepoint Server;
- Bare Metal Recovery;
- System State.

#### **Улучшения при работе с лентой**

Появилась возможность колокации на ленте на уровне защищаемых групп. Т.е. DPM 2012 позволяет организовать хранение разных источников данных, с разными интервалами резервного копирования, на разных лентах.

#### **Список литературы**

1. Новые возможности System Center 2012 Data Protection Manager // Блог Алексея Леготина URL: <http://legotin.com/whats-new-system-center-2012-data-protection-manager/> (дата обращения: 15 марта 2012).

2. Официальный блог команды разработчиков DPM // Microsoft System Center Data Protection Manager URL: <http://blogs.technet.com/b/dpm/> (дата обращения: 15 марта 2012).

## **HIGH PERFORMANCE LARGE SCALE DATASETS CLUSTERING BASED ON GUSTAFFSON-KESSEL FUZZY TECHNIQUE**

D.N. Lycom, M. Trzasal, S.V. Aksenov

National Research Tomsk Polytechnic University  
e-mail: wedun@tpu.ru

### **Introduction**

The Space Exploration is one of direction of high intellectual complex software implementation. The software developing for the space projects needs specific system requirements, reliability and performance. The goal of our project is to create such software to analyze large-scale datasets that store information about stars features.

Next year the European Space Agency (ESA) will launch the spaceship to perform the project to create a large-scale map of the Universe [1]. It's called Gaia mission. The Gaia spacecraft is going to discover new celestial objects, such as failed stars and extra-solar planet and to get a lot of information from billiards stars. It's impossible to analyze this dataset receiving from Gaia systems by the standard data mining technique because of large scale of the set. The most effective way to explore the data and detect dependencies between objects in the set is the usage of parallel-distributed computing techniques to increase the performance of intellectual algorithms [2]. However advanced high-performance hardware to implement such methods needs a new way to computation and it needs the transformation of developed software. The more detail our objective is to create effective parallel-distributed technique to analyze some generated dataset connected with the Gaia project and form clusters of star energy activity

features with DBSCAN clustering procedure

### **Algorithm description**

Step 1. Select N groups of points (each set has 1000 points) to clusterize with Gustaffson-Kessel clustering procedure and scatter them over the communicator.

Step 2. Each process executes Gustaffson-Kessel algorithm and saves centers of clusters and covariance matrices. In figure 1 some different clusterings are presented. But what clustering from them is the best to split the dataset? Hereby my suggest original method to detect the equivalent clusters from different nodes.

The most distributed clustering in the communicator is called the most general clustering. The next steps allow to get it.

Step 3. Select random dataset from the dataset to clusterize them with detected clusters and broadcast the set over the communicator.

Step 4. The most general clustering search. Analysis the fuzzy matrices that are formed for the test set to get equivalence of detected clusters. [4]

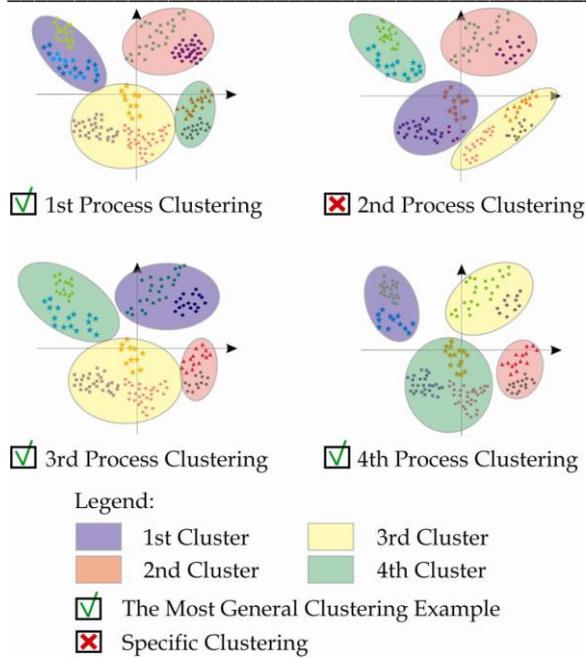


Fig. 1. Four different generated clusterings in the communicator. Hereby some examples of the most general clustering are shown

There are three clusterings in figure 2 and point distributions in the A-C clusterings say that only the A and C clusterings are similar. After clustering procedures nodes detected 4 clusters and gave them IDs. The color in figure means ID. The ID equals to 1, 2, 3, 4 for the blue, red, yellow and green clusters respectively. Here the red cluster in the A clustering looks like red clustering in the B clustering and yellow clustering in the C. Circle diagrams show the point distribution in two comparable clusters in different processes.[5] When we compare the A and B clusterings all points in the yellow cluster from A is distributed within blue and yellow clusters from B.

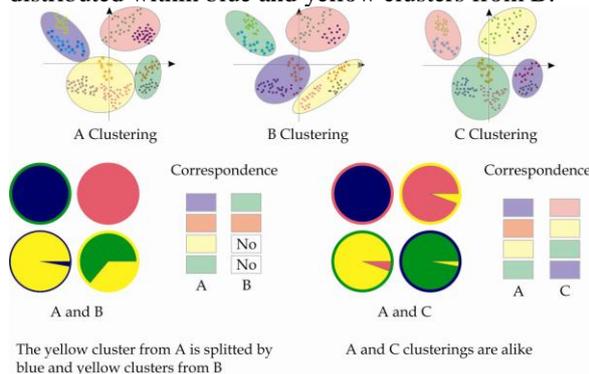


Fig. 2. An example of A, B and C clusterings correspondence analysis. There are some clusters in the A and B clusterings without equivalents. The A and C clusters have very similar results.

We can't see the A and B the same because the big chunk of yellow cluster in A is located the yellow cluster in B. The idea of such comparison is to detect clusters that approximately cover each other.

Finally, each node has only interconnected points

with small distances between each other.[6]

The next problem is the cluster join. Fuzzy matrices allow to detect points that are located at the border of clusters. The membership function values of such points are near 0.5 for the dominating cluster and a bit less 0.5 for other cluster (s). [7] Hereby to estimate an atomic cluster presence between two nodes we should analyze only the distance between such points in these processes.

Parallel-distributed processing and experiments

Usually each node has some cores and the combined usage of them is other important way to reach good performance. We recommend to use the multiple thread processing for good parallizable matrix operations in the Gustaffson-Kessel procedure, such as matrix determinant computation, matrix multiplication, subtraction, etc. During the DBSCAN procedure the multiple thread processing is desirable too. It's possible to distribute data over the team of threads like initial data were distributed over the communicator.

We created a C# program to implement the suggested technique and estimate its performance. [8]

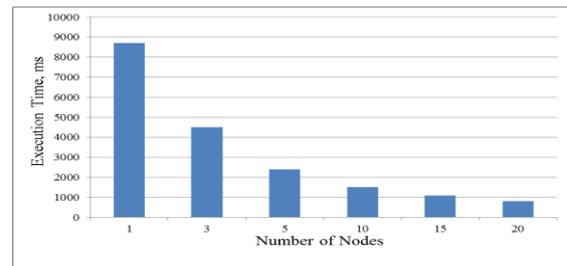


Fig. 3. Performance of the suggested algorithm with different computational cluster capacity

The test sets are shown that the performance of suggested technique depends on the number of computational nodes and cores. Figure 3 illustrates dependence between the number of computational nodes (or cluster capacity) and the execution time with the Synth-10<sup>5</sup> dataset.

Conclusion

In our work we were going to create a new parallel-distributed approach to speed-up performance of ESA dataset processing. We designed the new algorithm that allows effective vector distribution into computational cluster nodes based on Gustaffson-Kessel fuzzy clustering technique. The algorithm that detects the correspondence between different clustering is created. Next the C# program that performs all suggested computations is developed and tested. The set of test showed that original algorithm has a good prospective to be used with real-world tasks.

References

1. ESA Official Web-site on the Gaia project. ESA – Space Science - Gaia overview. URL: [http://www.esa.int/esaSC/120377\\_index\\_0\\_m.html](http://www.esa.int/esaSC/120377_index_0_m.html)
2. Gropp W., Lusk E., Skjellum A. Using MPI, 2nd Edition: Portable Parallel Programming with the

Message Passing Interface. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1999 – 310 p.

3. Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining: Concepts and Techniques. Waltham, MA: Morgan Kaufman, 2012. - p.703.

4. Bigus J.P. Data Mining with Neural Networks. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. – p.364.

5. Everitt B.S., Landau S., Leese M. Stahl D. Cluster Analysis. New York: John Wiley & Sons, 2011. – p.346.

6. Hoepfner F., Klawonn F., Kruse R., Runkler

T. Fuzzy Cluster Analysis: Methods for Classification, Data Analysis and Image Recognition. New York: John Wiley & Sons, 1999. – p.300.

7. Abonyi J., Feil B. Cluster Analysis for Data Mining and System Identification. – Basel: Birkhaeuser Basel. – 2007. – p.203.

8. Indiana University Web-page on MPI.NET Standard. MPI.NET: High-Performance C# Library for Message Passing. URL: [http://  
http://osl.iu.edu/research/mpi.net/](http://http://osl.iu.edu/research/mpi.net/)

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Димитриченко М.Ю., Мазеин А.И., Сахаров С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Юргинский технологический институт

alexvok@inbox.ru

### Введение

В Современном мире технологии не стоят на месте и постоянно развиваются, с каждым днем проникая все глубже в повседневную жизнь. Электронные цифровые устройства стали неотъемлемым атрибутом каждого человека, открыв новый мир – цифровой. В этом мире появилась замечательная возможность воссоздания объектов реального мира, а также дополнение их новой информацией. Стремление к совмещению виртуальной графики и реального мира возникло еще тогда, когда компьютеры могли отобразить на экране всего несколько строчек текста, и с тех пор все развивалось и развивалось.

Существует множество способов реализации этой возможности. Одним из этих способов стала технология дополненной реальности. Дополненная реальность (augmented reality) – это технология, позволяющая накладывать информацию поверх изображения реального мира. Один из самых известных примеров - цветная линия, показывающая траекторию движения шайбы при телетрансляции хоккейных матчей. Не секрет, что очень полезная функция уже давно существует в том или ином виде.

### История создания

Первый пример дополненной реальности продемонстрировал Айвен Эдвард Сазерленд, профессор Университета Юты. В 1968 году в Солт-Лейк-Сити он впервые показал шлем виртуальной и дополненной реальности[2].

Идея Сазерленда заключалась в том, что если отслеживающие сенсоры будут достаточно точными, а графические элементы, созданные на компьютере, будут поступать достаточно быстро, то человеческий мозг сможет совместить поступающие сигналы и воспринять их.

В 1992 году инженеры компании Boeing Том Кодел и Дэвид Мицелл, создали собственную

нашлемную систему целеуказания и индикации полета, названную HUDset.

Кодел и Мицелл также выявили основное преимущество дополненной реальности над реальностью виртуальной - дополненная реальность была гораздо менее ресурсоемкой. Большая часть мира, который видит пользователь, уже существует, и требуется только привнести в него дополнительные элементы и данные.

Однако эти исследования вскрыли самую суть проблемы: крайнюю важность точного определения местоположения и идентификации объекта, с тем, чтобы данные, получаемые о нем, соответствовали действительности. Информация, получаемая с помощью дополненной реальности, должна быть гораздо более подробной. К тому же получаемая информация должна зависеть от угла наклона головы пользователя, направления взгляда и многих других факторов, так что тех принципов, что когда-то разработал Сазерленд, уже недостаточно.

### Принцип работы технологии и сферы применения

Дополненная реальность (Augmented Reality, AR) - это собирательное название для всех гаджетов, программ и проектов, которые позволяют увидеть мир немножко иным.[1] Площади дополняются указателями, книги закладками и гиперссылками. Принцип работы: с видеокamеры мы получаем картинку реальности (рисунок 1), а специальная программа вставляет в нее виртуальные объекты (рисунок 2). В результате мы видим, как наш мир наполняют трехмерные объекты.



Рис. 1. Картинка с видеокамеры



Рис. 2. Картинка с добавленным 3D объектом

Американский исследователь, доктор философии Рональд Азума (Ronald Azuma) выделил ряд признаков, которыми должна обладать дополненная реальность[3]:

- 1) комбинирование реального и виртуального мира;
- 2) интерактивность;
- 3) трехмерное представление объектов.

Одна из предложенных классификаций систем дополненной реальности основана на том, для какого органа восприятия человека она нацелена. Таким образом, можно выделить следующие системы[4]:

1. Визуальные. В основе данных систем лежит зрительное восприятие человека. Задача таких систем – создать изображение, которое может быть использовано человеком для достижения его целей.

2. Аудио. Системы данного типа ориентированы на слуховое восприятие. Как правило, данные системы используются в качестве навигаторов.

3. Аудиовизуальные. Данные системы представляют собой комбинацию двух предыдущих типов, однако аудиоинформация в них носит вспомогательный характер.

По типу сенсоров можно выделить следующие системы:

1. Геопозиционные. Такие системы ориентируются в первую очередь на сигналы систем позиционирования GPS или ГЛОНАСС.

2. Оптические. Данные системы работают с изображением, полученным с одной или нескольких камер. Системы могут различаться по степени взаимодействия с пользователем, по

этому признаку можно выделить автономные и интерактивные системы.

Дополненная реальность используется в разных сферах человеческой деятельности, в частности, в использовании военной техники, в компьютерных играх, в медицине, в индустрии развлечений и так далее[5]. Нам представляется, однако, что образование и обучение – как раз та сфера, в которой технологии Augmented Reality могут раскрыться с наибольшей пользой.

Внутреннее устройство механизмов и организмов, происходящие в них процессы, моделирование физических и химических явлений – для демонстрации всего этого сложно придумать метод, который справился бы с задачей лучше, нежели технологии дополненной реальности.

Например, известен опыт компании Volkswagen, где трехмерные цифровые проекции конструкции автомобилей используются в обучении персонала сервисных центров по ремонту и обслуживанию автомобилей компании. Результатом становится «рентгеновское просвечивание» автомобиля, которое позволяет обучающимся увидеть все детали и узлы скрытой конструкции. Также есть сведения об использовании подобных технологий в обучении будущих медиков.

#### Заключение

Технологии расширенной реальности пока что сравнительно молоды, и на сегодняшний день ниши и конкретные способы их применения еще не вполне устоялись и не вполне осмыслены. Тем не менее, эксперты прогнозируют стремительный рост их популярности в ближайшие пять лет, в особенности в связи со сферами обучения и обслуживания потребителей – здесь большое будущее пророчат следующей идее: с помощью расширенной реальности потребитель сможет «примерить» или «попользоваться» заинтересовавшим его продуктом, прежде чем принимать решение о покупке. По нашему мнению, схожие инструменты можно будет использовать также и в обучении торгового персонала, посвященном определенным товарам.

На данный момент остается открытым вопрос о применении дополненной реальности в образовании. Ведь с применением этой технологии, можно было бы сделать материал более интерактивным и понятным для студентов, а преподавателям позволило бы избавиться от громоздких дорогостоящих стендов.

#### Литература

1. Novate. Дополненная реальность: десятка удивительных возможностей. Дата обращения: 13.09.2012. <http://www.novate.ru/blogs/180811/18488/>.

2. СуперВести.Ру. От киборгов до очков: история дополненной реальности. Часть 1.

Обращение к документу: 21.09.2012.  
<http://supvesti.ru/2012/04/11/ot-kiborgov-dochkov-istoriya-dopolnennoy-realnosti-chast-1>.

3. Ronald T. Azuma A Survey of Augmented Reality // In Presence: Teleoperators and Virtual Environments. –1997. –№ 4. –P. 355–385.

4. И.В. Бойченко, А.В. Лежанкин. Дополненная реальность: состояние, проблемы и пути решения //УПРАВЛЕНИЕ,

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА: Сборник. -Томск: изд-во ТУСУР, 2010. – С. 161-165.

5. SmartEducation. Дополненная реальность – Augmented Reality – в обучении. Дата обращения: 11.09.2012. <http://www.smart-edu.com/gadzhety-v-obuchenii/dopolnennaya-realnost.html>.

## THE DEVELOPMENT OF OLAP-CUBE “PROMOTIONAL CLUSTER” ON THE BASIS OF CORPORATE INFORMATION SYSTEM

Кулешова Д.И., Мучник А.В.

Томский политехнический университет

[muchnikluchnik@gmail.com](mailto:muchnikluchnik@gmail.com)

### Introduction

There is no secret that marketing nowadays plays an important role in realization of products. This science is the more important the more competitive the environment is. The group of companies “LAMA” is not an exception. The marketing strategy of a company is aimed at a broad consumer segment. Each supermarket chain has its own target audience [1].

Working with each group of consumers is necessary to attract and motivate it. The approaches could differ. The thing is to choose the most convenient way to collect and analyze the information. Every day a big amount of different necessary data is recorded in database. But the aim is to select certain kinds of information to make an analysis and to develop promotional content.

The aim was laid down to find out the most appropriate set of promotional items and their prices. And first and foremost we have faced the problem of a choice of one of two technologies – OLAP or OLTP. Only after that we could move on to the solution.

### Choice of technology

On the one hand, we could use online transaction processing, or OLTP technology, that refers to a class of systems that facilitate and manage transaction-oriented applications, typically for a data entry and retrieval transaction processing [2].

OLTP systems are characterized by a large number of changes in the database. Multiple users have access to the records in the database at the same time, reading, adding, deleting or modifying the data. Moreover, multiple users can attempt to change the same record at the same time.

On the other hand, online analytical processing or OLAP-technology of information processing includes the preparation and publication of dynamic reports and documents [3].

OLAP systems are very important in the business where you need to decide in a short amount of time about the most promising directions of business development. OLAP-structure created from the

operational data is called OLAP-cube. It contains the basic data and information on the dimensions (units). Cube potentially contains all the information that may be required to respond to any requests[4].

Finally, to make the task given the OLAP-technology has been selected because it allows storing and analyzing information collected for a long period of time conveniently

### Development of OLAP-cube

The work with databases is carried out on the company's servers using the program SSAS. The entire database of the system is located in AXAPTA. The size of this database amounts to the thousands of tables. They contain data with all possible parameters of the company.

We should point out that all the information from databases is excessive for implementation of the task that's why this is important to export only indispensable data to a new separate database. Therefore, the first stage of the work: to create the database, that contains a proxy-table, exported from AXAPTA[5].

A separate database is created for several reasons. Firstly, on its basis in the future will be possible to construct other OLAP-cubes, which will only use the information. The availability of this database will accelerate their development. Secondly, OLAP-cube, which will be created from this database can use the data stored on different servers, the database, which are managed by different DBMS. In order to avoid conflicts with the harmonization of data, practical to collect all the necessary data in one database and bring them to a single desired format.

While exporting tables from AXAPTA data should be brought up to the required format. Process takes place in four stages:

1) retrieving data from AXAPTA (fig. 1, 2);



Fig. 1. The process of filling the proxy-table with an appropriate data

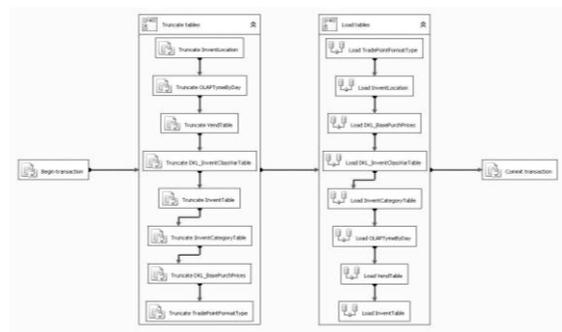


Fig. 1. Filling of the table

2) conversion from AXAPTA data type to the more acceptable one (for example, String is converted to UnicodeString) (fig. 3);

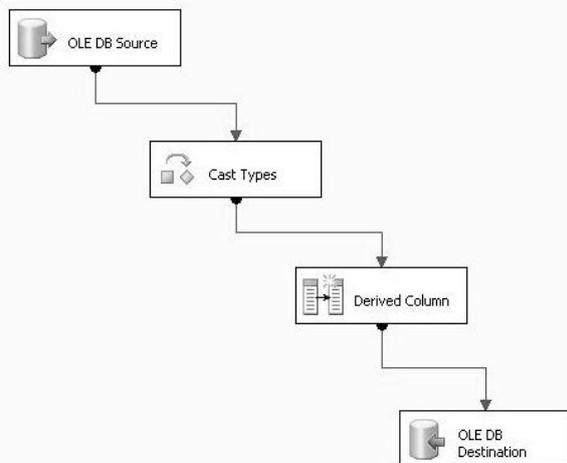


Fig. 3. Addition of the data from proxy-table to an appropriate format

3) comparison of an AXAPTA field and a proxy-table (table that is almost ready to be used for OLAP-cube development), cleaning extra spaces using functions LTRIM () and RTRIM ();

4) data storing and recording to the proxy-table.

Thus, after the completion of this phase of the work ClusterDW is created, which contains the proxy-table with only necessary to create OLAP-cube data obtained from the main database system AXAPTA.

The second step is the creation of a database ClusterDW that is a basis to build OLAP-cube. The

tables from the database are used for measurements of OLAP-cube.

ClusterDW is a relational database. That means that each table is normalized, each has a unique key, and one or more foreign keys.

On this stage, indexes have to be created for each field involved in any relationships with other tables. If this step is not completed SSAS program automatically creates statistics, that means the table connection, and this is much slower.

To fill the database tables SQL-query is used. Using SQL it is possible to export defined data that is much faster than to upload all the information stored in the tables.

The key-tables in ClusterDW are tables of facts that are used to make requests and after that are calculated in OLAP-cube. Number of dimensions in OLAP-cube is not limited to a set of tables that are linked to the fact table. In each dimension table, where it is logical and appropriate, you any number of hierarchies can be created, for example, the hierarchy of dates (date and time, week, month, quarter, year), the hierarchy of shares (stock type, id share). When displaying hierarchy instead of the last identifier shares SSAS allows displaying, for example, the name of the action.

The next step in solving the problem is OLAP-cube unfolding on the basis of Microsoft Visual Studio 2008. The deployment process is the calculation of measurements by the system. It can last from several minutes to several hours depending on the size of the data being processed. While the company has such big databases processing the OLAP-cube took 3 hours.

As a result, we can manage different problems, find different statistics using just one OLAP-cube. It allows defining products with the customer popularity through various marketing campaigns. The results will be useful for managers and analysts.

### Conclusion

The development of information technologies allows making marketing investigation much faster and more convenient. As it can be seen from the article OLAP-technology could play an important in marketing researches.

Finally, the OLAP-cube is created, which allows:

- preparing statistic and dynamic data of changes in parameters;
- preparing the data for the simulation parameters;
- solving analytical problems.

OLAP-cube contains data relating only to our topic given to the same standard. In the future, the database, which is created in the process of working on the project, can be used to work on topics, which are associated with the considered.

### References

1. Группа компаний «ЛАМА». [Electronic resource]. URL: <http://lama.tomsk.ru/> (date accessed: 10.10.2012).

2. Online transaction processing. [Electronic resource]. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/OLTP> (date accessed: 10.10.2012).

3. Online analytical processing [Electronic resource]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/OLAP> (date accessed: 10.10.2012).

4. Технологии OLAP и OLTP (назначение, определение, основные свойства) // Программное обеспечение вычислительной техники и

автоматизированных систем. [Electronic resource]. URL: <http://students-programmers.ru/57/> (date accessed: 10.10.2012).

5. Базы данных как информационный ресурс // Мировые информационные ресурсы. [Electronic resource]. URL: <http://elearn.oknemuan.ru/?p=6&id=84> (date accessed: 10.10.2012).

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ОРГАНИЗАЦИЯ СПОРТИВНОГО МЕРОПРИЯТИЯ»

Осипенко А.И.

Томский Политехнический Университет

[Osipenko7@sibmail.com](mailto:Osipenko7@sibmail.com)

### Введение

В наше время происходит стремительное развитие процесса информатизации общества. Новые автоматизированные информационные технологии проникают практически во все сферы социальной практики и становятся неотъемлемой частью жизни человечества [1].

Новые автоматизированные информационные технологии вошли в такую сферу, как спорт. В настоящее время существует необходимость в создании программных приложения для автоматизированного просмотра информации о спортсменах, судьях и об итогах соревнования.

Проектируемая информационная система ориентирована на проведение индивидуальных соревнований, например по легкой и тяжелой атлетике, лыжному спорту, плаванию и предназначена для оргкомитета соревнований.

Оргкомитет соревнований выполняет следующие функции:

- выбор объектов, на которых будут проводиться соревнования;
- выбор даты и времени проведения соревнований по каждой конкретной дисциплине;
- организацию судейства соревнований;
- подведение итогов соревнований.

В связи с этим в настоящее время существует необходимость в создании информационной системы, которая служила бы помощником в организации и проведении соревнования.

### Постановка задачи

Поскольку на сегодняшний день существуют необходимость в создании информационной системы для получения оперативных данных о соревнованиях, поставлена задача о проектировании такой системы с помощью программного пакета C++Builder.

Таким образом, требуется разработать информационную систему, которая позволяла бы получить следующую информацию о соревнованиях:

1. Сведения о судьях соревнования.

2. Сведения о спортсменах соревнования.
3. Информация о соревновании.
4. Информация об итогах соревнования.

### Разработка концептуальной модели

Концептуальная модель – является полной совокупностью всех данных, полученных о представлении реального мира. Концептуальное проектирование – сбор, анализ и редактирование требований к данным. Для этого осуществляется следующие действия:

- обследование предметной области,
  - изучение ее информационной структуры
- выявление всех объектов, каждый, из которых характеризует пользовательское представление, информационными объектами и связями между ними. По окончании данного этапа получает концептуальную модель.

Каждая команда (страна, регион, клуб) выставляет на соревнования некоторое количество спортсменов. Каждому спортсмену выдается определенный порядковый номер, который является его идентификатором на всем протяжении соревнований. Каждый спортсмен занимает на соревнованиях определенное место, при этом возможна ситуация, при которой несколько спортсменов занимают одно и то же место. Спортсмены могут выступать в одной или нескольких дисциплинах. При этом информационная система должна содержать информацию о расписании соревнований, т.е. дату и время старта каждой из дисциплин, а также место её проведения.

Каждое соревнование обслуживается одним или несколькими арбитрами. Для организаторов также важно организовать систему расселения спортсменов, т.е. информационная система должна содержать место проживания и номер телефона для связи со спортсменом. По итогам соревнований определяется общекомандное место, в зависимости от количества медалей, завоеванных командами.

В результате изучения предметной области были выделены такие объекты: спортсмен, судья, команда, тренер, соревнования (место, расписание).

### Разработка информационной модели объектов

Связь между объектами концептуальной модели можно отобразить с помощью диаграммы «Уровень сущность-связь».

Уровень сущность-связь представляет собой модель данных верхнего уровня. Она включает сущности и взаимосвязи, отражающие основные бизнес-правила предметной области. Такая диаграмма не слишком детализирована, в нее включаются основные сущности и связи между ними, которые удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к информационной системе. Диаграмма сущность-связь может включать связи многие-ко-многим и не включать описание ключей. Диаграмма показана на рис. 1.

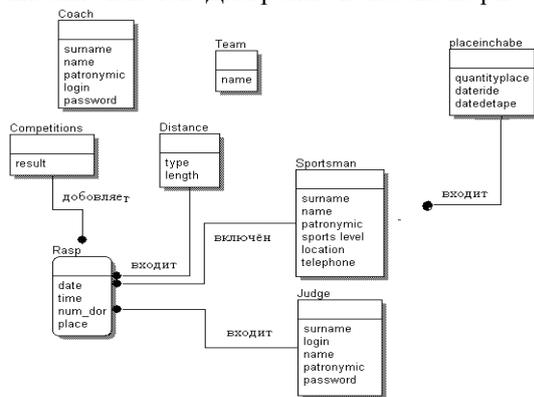


Рис. 1. Уровень сущность-связь

### Разработка интерфейса приложения

Для решения поставленной задачи разработан интерфейс в виде структурной схемы (рис. 2). Данную структурную схему можно описать следующим образом:

1. Окно «информация об авторе»
2. Окно «справка о программе»
3. Основное окно «Решение поставленной задачи», включает в себя следующие окна: «Создать список судей», «Создать список спортсменов», «Создать список соревнований», «Посмотреть информацию о судьях», «Посмотреть информацию о спортсменах», «Посмотреть информацию о соревнованиях».

При этом окно «информация об авторе» содержит информацию об авторе данной программы, в окне «справка о программе» представлена справочная информация о программе, основное окно «Решение поставленной задачи», необходимо для получения информации о судьях и спортсменах

соревнования, а также об итогах соревнования.

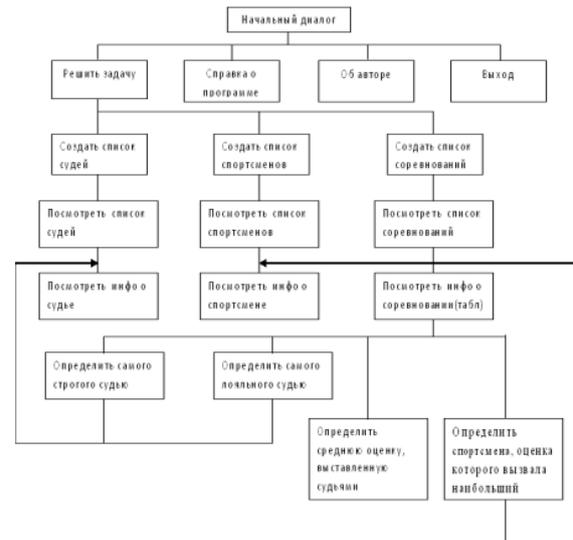


Рис. 2. Структурная схема интерфейса программы

В соответствии с проведенным выше анализом задачи, разрабатываемая программа должна содержать: последовательные задания исходных данных, таких как текстовые файлы со списком судей/спортсменов/соревнованиях, папка с полными биографическими данными о судье/спортсмене. Так же файл с информацией о конкретном соревновании, включающим в себя данные о проставленных оценках для эксперта, определяющих условия решения.

### Описание приложения

В соответствии с разработанной схемой было создано приложение, которое удовлетворяет выше указанным требованиям. Согласно, алгоритму предложенном в [1], получены текстовые файлы со списком судей/спортсменов/соревнованиях, папка с полными биографическими данными о судье/спортсмене. Один из примеров работы данной системы приведен на рис. 3.

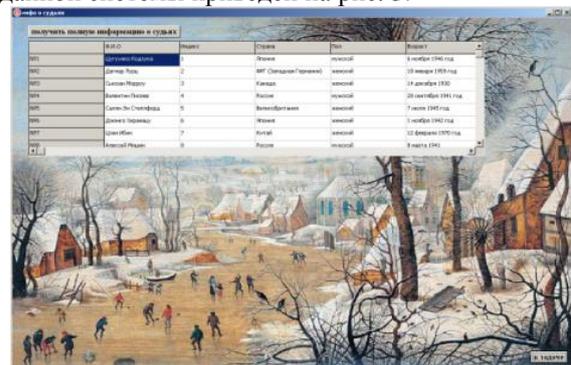


Рис. 3 Окна приложения программы

### Заключение

Разработана информационная система, удовлетворяющая вышеуказанным требованиям. Было произведено поэтапное формирования данной системы, начиная от уровня сущность-связь, заканчивая конечным продуктом. Возможно, результирующая ИС не является

оптимальной и максимально удобной, но тем ни менее она уже может упростить работу фирмы в заданной предметной области.

Данная информационная система может служить как для простого пользователя-зрителя данного соревнования, который может получить оперативные сведения о конкретном виде соревнования и так и для облегчения работы оргкомитета.

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ОШИБОК В РАЗРАБОТКЕ ПО НА ПРИМЕРЕ BUGZILLA

Сидорова Е.А.

Томский политехнический университет  
nikomu@tpu.ru

### Введение

Важное место в процессе производства программного обеспечения занимает тестирование, нахождение ошибок в программе. Чем сложнее и объемнее выпускаемый продукт, тем тяжелее отслеживать и оперативно реагировать на все найденные дефекты, особенно при условии занятости в продукте большого числа разработчиков и тестировщиков. Множество компаний в какой-то момент сталкиваются с проблемой фиксирования дефектов, так как количество растет и в какой-то момент требуется специализированное средство для управления порядком исправления. С небольшим количеством можно справляться при помощи описания в почте или общих текстовых либо табличных документов, однако с целью увеличения скорости и эффективности обработки оптимальным решением будет введение специализированной системы управления ошибками (багтрекера).

Кроме того, в процессе производства программного обеспечения часто возникает необходимость взаимодействия различных команд разработчиков и тестировщиков, некоторые из которых могут находиться на значительном удалении друг от друга, в том числе в разных часовых поясах, что затрудняет общение в течение рабочего времени и усложняет постановку задач и контроль над их выполнением, что отрицательно сказывается на процессе производства.

Использование системы контроля ошибок позволяет разрешить следующие проблемы:

- отсутствие четкого представления о текущих обрабатываемых задачах,
- отсутствие обратной связи,
- жесткая привязка документации обрабатываемых задач к личности сотрудника,
- длительный процесс согласования и выяснения дополнительных требований к задаче,
- игнорирование мелких задач,

### Литература

1. Рыбалка С.А., Шкатова Г.И. С++Builder. Задачи и решения. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 486 с.

2. Шпак Ю.А. SQL. Просто как дважды два-М.: Эксмо, 2007. - 344 с.

- неэффективность проверки выполнения заданий,
- большой расход времени на поиск информации,
- отсутствие истории изменений [1].

Современные системы управления ошибками позволяют разрешить данные проблемы и существенно ускорить и облегчить процесс производства программного обеспечения

В настоящее время существует большое число систем управления ошибками, среди которых можно найти как свободно распространяемые, например, Bugzilla, Mantis Bug Tracker, Trac, Flyspray, так и проприетарные, такие как Atlassian JIRA, Bontq, TrackStudio Enterprise.[2].

Свободно распространяемая система управления ошибками Bugzilla подходит для решения всех представленных задач, ее преимущества будут рассмотрены далее.

### Функциональные возможности системы Bugzilla.

Система управления ошибками Bugzilla является кроссплатформенным приложением с веб-интерфейсом, разрабатываемым фондом Mozilla Foundation, и предназначена для управления процессом исправления дефектов в разрабатываемом приложении. Данная система обеспечивает улучшение коммуникации сотрудников, повышает качество разрабатываемого продукта, повышение продуктивности работы сотрудников и обеспечивает сохранение отчетности по решаемым задачам.

Функциональные возможности, предоставляемые Bugzilla: учет найденных ошибок, аналитика количества учтенных ошибок и внесения изменений, контроль отработанного времени [3].

Рассмотрим возможности системы подробнее.

1. Учет найденных ошибок - база данных, содержащая сведения об обнаруженных дефектах. Эти сведения включают идентификатор дефекта, автора и время сообщения, информацию о версии

продукта и условия воспроизведения ошибки, критичность и приоритет решения, а также текущий статус дефекта. В процессе работы над исправлением ошибки он проходит следующий жизненный цикл (рис. 1).

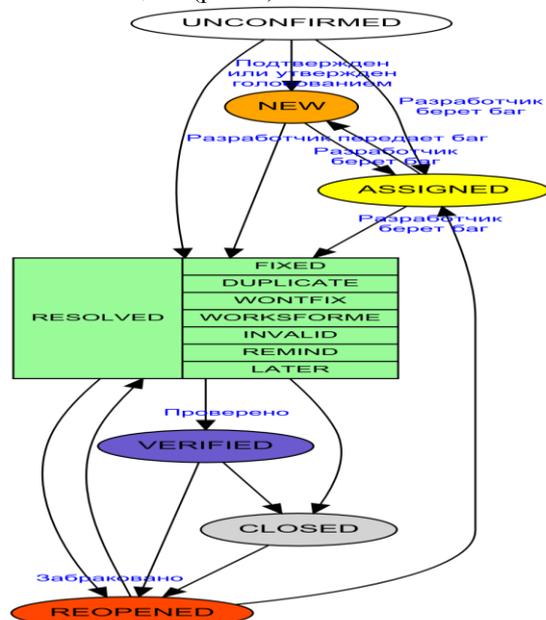


Рис. 1. Жизненный цикл дефекта

С течением времени база данных по исправленным дефектам позволяет проследить историю изменений продукта в каждом конкретном элементе. Кроме того, фиксирование связей между выявленными дефектами дает возможность более точной оценки приоритетности решений и позволяет отследить закономерности возникновения ошибок.

2. Аналитика количества учтенных ошибок и внесения изменений – используется для анализа текущего состояния базы. Имеется возможность представления отчетов как в обычном табличном виде, так и в виде графиков и гистограмм. Кроме того, с помощью динамических графиков возможно обозреть процесс эволюции дефектов во времени, отслеживая изменения в их статусе. Все это позволяет менеджеру корректировать процесс производства, перераспределяя задачи и временные ресурсы.

3. Контроль отработанного времени – благодаря встроенной возможности оценки трудоемкости дефектов становится возможным учет времени, потраченного на работу с каждой конкретной ошибкой. Кроме того, имеется возможность первоначальной оценки трудоемкости, что в сочетании с фактическим затраченным временем позволяет анализировать и корректировать рабочий процесс, а также дает возможность оценить эффективность рабочего процесса конкретных сотрудников.

Также стоит отметить, что в системе реализована возможность разграничения доступа пользователей к контенту. Данная особенность

позволяет скрыть задачи, которые не относятся к компетенции конкретного пользователя, что позволяет комфортно использовать систему с большим числом пользователей[1].

Важным элементом работы с выявленными дефектами программного обеспечения является связь дефектов с текущим программным кодом, находящимся в хранилищах систем управления версиями. Для реализации такой связи возможно интегрировать Bugzilla с системой онлайн-просмотра хранилищ систем версионного контроля, например, с ViewVC, что позволяет экономить время при решении текущих задач и дает возможность просмотра всех изменений кода, связанных с текущей задачей, непосредственно из системы Bugzilla[4].

Также необходимо отметить, что система управления ошибками Bugzilla поддерживает возможность интеграции с wiki-системами. Это значит, что при необходимости создания обсуждения текущей задачи можно воспользоваться возможностями wiki-системы, непосредственно связанной с Bugzilla.

Таким образом, Bugzilla во многом является связующим звеном различных систем хранения рабочих данных при разработке программного обеспечения, что делает возможным более удобную и эффективную организацию рабочего процесса.

Необходимо отметить, что Bugzilla также поддерживает возможность уведомления по e-mail о текущих изменениях связанных с пользователем задач, что также обеспечивает удобство работы над текущим дефектом.

#### Заключение

Использование системы контроля ошибок позволяет решить большинство задач, связанных с учетом текущих задач по исправлению дефектов разрабатываемого программного обеспечения, созданием хранилища истории изменений и аналитическим обзором текущей деятельности. Также система контроля ошибок помогает увеличить эффективность рабочего процесса, ускорить разработку и повысить качество создаваемого продукта.

#### Литература

1. BugZilla как система постановки задач и контроля работы. Реальный опыт использования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.twinscom.ru/blog/news\\_7.html](http://www.twinscom.ru/blog/news_7.html), свободный.
2. База знаний команды «Тестировщики» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://testirovschiki.ru/kb.php>, свободный.
3. Официальный сайт системы Bugzilla [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bugzilla.org>, свободный
4. Описание системы Bugzilla на русском языке в системе CustisWiki. [Электронный ресурс]. –Режим доступа:

<http://lib.custis.ru/Bugzilla>, свободный.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭРМИТОВЫХ МУЛЬТИВЕЙВЛЕТОВ СЕДЬМОЙ СТЕПЕНИ К РЕШЕНИЮ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Турсунов Д.А., Гулько С.П., Шумилов Б.М.

Ошский государственный университет, Томский государственный университет,  
Томский архитектурно-строительный университет  
[dosh2012@mail.ru](mailto:dosh2012@mail.ru), [b\\_shumilov@math.tsu.ru](mailto:b_shumilov@math.tsu.ru)

### Введение

В конце прошлого века возникло и успешно развивается новое и важное направление в компьютерном анализе данных, получившее название вейвлет-преобразование (ВП), которое хорошо приспособлено для изучения структуры неоднородных процессов.

Термин вейвлет (wavelet), введенный впервые Морле (J. Morlet), образован из двух частей – корня wave (волна) и уменьшительного суффикса – let. Таким образом, непосредственный перевод звучит как маленькая, или короткая волна. Малость относится к условию, что эта функция имеет конечную длину (компактный носитель). Волна относится к условию, что функция колебательная (осциллирующая). К вейвлету можно применить две операции: сдвиг, т.е. перемещение области его локализации во времени; масштабирование (растяжение или сжатие), т.е. перемещение области его локализации по частоте. Использование этих операций, с учетом свойства локальности вейвлета в частотно-временной области, позволяет анализировать данные на различных масштабах и точно определять положение их характерных особенностей во времени.

Вейвлеты обладают существенными преимуществами по сравнению с преобразованием Фурье, потому что с их помощью можно анализировать кратковременные локальные особенности сигналов, например, короткие всплески или провалы, разрывы и ступеньки и т.д. Уникальные свойства вейвлетов позволяют сконструировать базис, в котором представление данных может выражаться небольшим количеством ненулевых коэффициентов. Это свойство делает вейвлеты привлекательными для сжатия данных, в том числе видео- и аудиоинформации. Вейвлет-преобразование можно представить как один из методов первичной обработки сигнала для повышения эффективности его сжатия. Непосредственно сжатие выполняется для коэффициентов вейвлет-разложения сигнала классическими методами. При этом реконструкция сигнала по сжатым коэффициентам производится на этапе восстановления (декомпрессии). Сжатие вейвлет-

разложения сигнала более эффективно, чем сжатие исходного сигнала.

Интенсивное исследование вейвлетов проводилось рядом ученых таких, как Добеши (Dobechies), Мейер (Meyer), Малл (Mallat), Фарж (Farge), Чуи (Chui) и др. Ингрид Добеши впервые построила ортонормальные вейвлеты неполиномиального типа с компактным носителем [1]. Чуи и др. построили полуортонормальные сплайн-вейвлеты, а Коэн и др. – биортонормальные вейвлеты [2]. Вейвлеты удачно применяются и в численном анализе. Одно из ключевых свойств вейвлетов то, что вейвлет система почти диагонализует очень широкий класс операторов. Это свойство важно в применении к численному решению дифференциальных, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений. Другое важное свойство вейвлетов – это то, что эквивалентности норм для вейвлетов выполняются для более широких классов функциональных пространств, чем для системы Фурье. Оно важно во многих применениях вейвлетов для решения задач чистой математики [3]. В работах [4, 5] рассмотрено применение Лежандровых вейвлетов к решению интегральных уравнений Абеля и дифференциальных уравнений типа Лане-Эмдена.

Недостатками ранее построенных вейвлетов является то, что они не имеют аналитического представления и графически похожи на фрактальные кривые, либо определены на достаточно большом носителе. И то, и другое бывает чрезвычайно важно при их использовании для компьютерного анализа данных, например, в численном анализе. В ряде работ уменьшение носителя достигалось построением эрмитовых сплайн-мультивейвлетов, у которых с каждым узлом связано более одной базисной функции. Более того, в [6] было доказано, что полуортонормальные относительно скалярного произведения  $\langle u', v' \rangle$  кубические мультивейвлеты имеют суперкомпактный носитель, равный носителю базисного сплайна. В данной работе мы применяем мультивейвлеты седьмой степени [7] к численному решению обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) четвертого порядка. Все вычисления проведены в системе Mathcad. Наши мультивейвлеты ортогональны с производными 2-го порядка и принадлежат классу  $C^3$ . При этом 2 вейвлета симметричные и 2 –

антисимметричные. Носители этих мультивейвлетов равны носителю базисных эрмитовых сплайнов, т.е.  $[-1,1]$ , и имеют нулевые моменты до 5-го порядка.

Материнские вейвлеты имеют следующий вид:  
 $\psi_i(t) = C_i \Phi(t) \quad i=1,2,3,4$ ,  
где  $C_1 = (64 \ 0 \ 64 \ 1155 \ 0 \ -1155 \ -3360 \ 0 \ -3360 \ -195090 \ 0 \ 195090)$ ;

$C_2 = (-61 \ 0 \ 61 \ -917 \ 224 \ -917 \ 3570 \ 0 \ -3570 \ 166110 \ 0 \ 166110)$ ;

$C_3 = (15 \ 0 \ 15 \ 196 \ 0 \ -196 \ -966 \ 672 \ -966 \ -38220 \ 0 \ 38220)$ ;

$C_4 = (-3 \ 0 \ 3 \ -35 \ 0 \ -35 \ 210 \ 0 \ -210 \ 7350 \ 3360 \ 7350)$ ;

$\Phi(t) = (\phi_1(2t+1) \ \phi_1(2t) \ \phi_1(2t-1) \ \phi_2(2t+1) \ \phi_2(2t) \ \phi_2(2t-1) \ \phi_3(2t+1) \ \phi_3(2t) \ \phi_3(2t-1) \ \phi_4(2t+1) \ \phi_4(2t) \ \phi_4(2t-1))$ .

Базисные сплайны  $\phi_i(t) \quad i=1,2,3,4$  определяются следующим образом [8]:

$$\phi_i(t) = \begin{cases} \omega_i(t) & \text{при } -1 \leq t \leq 0, \\ \xi_i(t) & \text{при } 0 \leq t \leq 1, \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$\omega_i(t) = (1-t)^4 \sum_{\beta=0}^{4-i} \frac{(3+\beta)!}{(i-1)!\beta!} t^{i+\beta-1},$$

$$\xi_i(t) = (-1)^{i+1} \omega_i(-t).$$

Приступим к применению этих мультивейвлетов к численному решению ОДУ четвертого порядка:

$$u^{IV}(t) + a_3(t)u'''(t) + a_2(t)u''(t) + a_1(t)u'(t) + a_0(t)u(t) = f(t), \quad (1)$$

( $0 < t < 1$ ) с граничными условиями

$$u(0) = u(1) = u'(0) = u'(1) = 0. \quad (2)$$

Здесь  $f(t)$ ,  $a_i(t) \quad (i=0,1,2,3)$  – заданные вещественные функции, и мы хотим найти решение  $u(t)$ . Мы предполагаем, что  $f(t)$ ,  $a_i(t) \quad (i=0,1,2,3)$  – непрерывные функции в интервале  $(0,1)$ , а также оператор – равномерно эллиптический. Согласно результатам теории обыкновенных дифференциальных уравнений, существует единственная функция  $u$ , являющейся решением задачи (1)- (2).

Задача (1)- (2) с помощью метода Галеркина дискретизируется:

$$\sum_{k=1}^{2^{n+2}} a(g_j, g_k) c_k = \langle f, g_j \rangle, \quad j=1, \dots, 2^{n+2},$$

где

$$a(u, v) = \int_0^1 (u''v'' + a_3 u'''v + a_2 u''v + a_1 u'v + a_0 uv) dx,$$

$G = \{g_1, \dots, g_{2^{n+2}}\}$  – базис, с элементами:

$$g_j(t) = \phi_{1,j}(t), \quad j = \overline{1,8}; \quad g_{2^{n+2}+j} = \psi_{n,j}, \quad n \in N, \quad j = \overline{1, 2^{n+2}}$$

$$\phi_{1,1}(t) = \frac{1}{\sqrt{407,373}} \phi_1(2t-1), \quad \phi_{1,2}(t) = \frac{1}{\sqrt{124,675}} \phi_2(2t-1),$$

$$\phi_{1,3}(t) = \frac{1}{\sqrt{1,732}} \phi_3(2t), \quad \phi_{1,4}(t) = \frac{1}{\sqrt{3,463}} \phi_3(2t-1), \quad \phi_{1,5}(t) = \frac{1}{\sqrt{1,732}} \phi_3(2t-2),$$

$$\phi_{1,6}(t) = \frac{1}{\sqrt{0,005}} \phi_4(2t), \quad \phi_{1,7}(t) = \frac{1}{\sqrt{0,009}} \phi_4(2t-1), \quad \phi_{1,8}(t) = \frac{1}{\sqrt{0,005}} \phi_4(2t-2),$$

$$\psi_{n,j}(t) = \frac{2^{-3n/2+1}}{1528.37} \psi_1\left(2^n t - \frac{j}{2}\right), \quad j = 2, 4, \dots, 2^{n+1} - 2;$$

$$\psi_{n,j}(t) = \frac{2^{-3n/2+1}}{14.447} \psi_3\left(2^n t - \frac{j-1}{2}\right), \quad j = 3, 5, \dots, 2^{n+1} - 1;$$

$$\psi_{n,j+4}(t) = \frac{2^{-3n/2+1}}{188.83} \psi_2\left(2^n t - \frac{j}{2}\right), \quad j = 2, 4, \dots, 2^{n+1} - 2;$$

$$\psi_{n,j+4}(t) = \frac{2^{-3n/2+1}}{0.5436} \psi_4\left(2^n t - \frac{j-1}{2}\right), \quad j = 3, 5, \dots, 2^{n+1} - 1;$$

$$\psi_{n,1}(t) = \frac{2^{-3n/2}}{5.108} \psi_3(2^n t), \quad \psi_{n,2^{n+1}}(t) = \frac{2^{-3n/2}}{5.108} \psi_3(2^n t - 2^n);$$

$$\psi_{n,5}(t) = \frac{2^{-3n/2}}{0.1922} \psi_4(2^n t), \quad \psi_{n,2^{n+2}}(t) = \frac{2^{-3n/2}}{0.1922} \psi_4(2^n t - 2^n)$$

Отметим, что последовательность  $\{g_k^n\}, k \in N$  является последовательностью Рисса в  $L_2(0,1)$ .

Рассмотрим примеры.

$$1) \ u^{(IV)}(t) = -5000(t-1)^2 \cos(10t) + 600 \cos(10t) - 4000(t-1) \sin(10t),$$

с условием  $u(0) = u(1) = u'(0) = u'(1) = 0$ .

Точное решение  $u(t) = (t-1)^2 \sin^2(5t)$ .

$$\|u(t) - u_8(t)\|_2 = 2.861 \times 10^{-4}, \quad \|u(t) - u_{16}(t)\|_2 = 1.306 \times 10^{-6}, \quad \|u(t) - u_{32}(t)\|_2 = 1.291 \times 10^{-9}.$$

$$2) \ u^{(IV)}(t) = 8e^{2t} - e^{t+1} - 3808 \cos(10t)e^{2t} - 3840 \sin(10t)e^{2t} + 9401 \cos(10t)e^{t+1} + 3960 \sin(10t)e^{t+1} - 5000 \cos(10t)e^2, \quad \text{с условием } u(0) = u(1) = u'(0) = u'(1) = 0.$$

Точное решение  $u(t) = (e^t - t)^2 \sin^2(5t)$ .

$$\|u(t) - u_8(t)\|_2 = 1.607 \times 10^{-3}, \quad \|u(t) - u_{16}(t)\|_2 = 2.700 \times 10^{-6}, \quad \|u(t) - u_{32}(t)\|_2 = 1.021 \times 10^{-10}.$$

В соответствии с правилом Рунге это дает 10-й порядок сходимости в квадратической метрике.

Литература

1. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам: Пер. с англ. / И. Добеши – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 332 с.

2. Чуи Ч. Введение в вейвлеты: Пер. с англ. / Ч. Чуи – М.: Мир, 2001. – 412 с.

3. Фрейзер М. Введение в вейвлеты в свете линейной алгебры / М. Фрейзер; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 487 с.

4. Sohrab ali Yousefi. Numerical solution of Abel's integral equation by using Legendre wavelets// Applied Mathematics and Computation 175 (2006)

574–580.

5. Sohrab ali Yousefi. Legendre wavelets method for solving differential equations of Lane–Emden type / *Applied Mathematics and Computation* 181 (2006) 1417–1422

6. Jia R.-Q. Wavelet bases of Hermite cubic splines on the interval // R.-Q.Jia, S.-T.Liu – *Advances Computational Mathematics*, 2006, v. 25,

p. 23-39.

7. Турсунов Д.А., Шумилов Б.М., Кудуев А.Ж., Турсунов Э.А. Мультивейвлеты седьмой степени, ортогональные с производными второго порядка. *Вестник ОшГУ №3*, Ош 2012, С.72-77

8. Завьялов Ю.С. Методы сплайн функций / Ю.С. Завьялов, Б.И. Квасов, В.Л.Мирошниченко – М.:Наука, 1980. – 350с.

**СЕКЦИЯ 4.  
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В  
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

## ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Рябов А.А.

Научный руководитель: Паньшин Г.Л. ведущий программист, ассистент  
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет  
<mailto:kot.com@sibmail.com>

Примерно с начала 1980-х начали интенсивно развиваться технологии формирования трёхмерных объектов не путём удаления материала (точение, фрезерование, электроэрозионная обработка) или изменения формы заготовки (ковка, штамповка, прессовка), а путём постепенного наращивания (добавления) материала или изменения фазового состояния вещества в заданной области пространства. На данный момент значительного прогресса достигли технологии послойного формирования трёхмерных объектов по их компьютерным образам. С целью модернизации учебной программы кафедры Автоматики и Компьютерных систем была разработана трёхмерная модель часового механизма, на основе которой студенты получают навык проектирования средствами САПР компьютерной модели элементов с последующим изготовлением прототипа этих деталей на 3D-принтере (рис. 1)

Целью данной работы является разработка методических указаний для обучения студентов навыкам работы с представленным оборудованием.

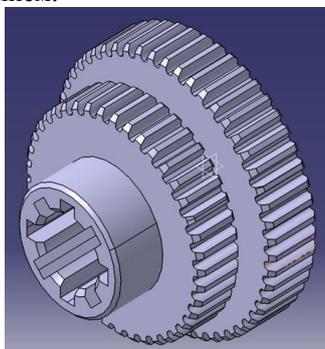


Рис. 1. 3D модель шестерней

Кафедра автоматики и компьютерных систем располагает 3D-принтером ZPrinter<sup>®</sup> 310 Plus. Основными возможностями принтера<sup>4</sup> являются его возможности изготавливать двухмерные и трёхмерные модели разрешением 300 x 450 точек/дюйм с вертикальной скоростью построения объекта 1,0 дюйм/час (25 мм/час), что дает возможность получать готовую деталь за несколько часов. Размер рабочей камеры принтера позволяет прототипировать детали размером 8 x 10 x 8 дюймов (203 x 254 x 203 мм). Такая высокая скорость разработки деталей возможна благодаря наличию сопел в размере 304 штук.

Программное обеспечение принтера ZPrinter<sup>®</sup> 310 Plus позволяет поддерживать трёхмерные

модели, произведенные в разных форматах, таких как: STL, VRML, PLY, 3DS, ZPR. Для загрузки трёхмерной модели в принтер для дальнейшего производства детали требуется только один персональный компьютер, поддерживающий такие операционные системы как: Windows<sup>®</sup> 7, Windows<sup>®</sup> XP Professional и Windows Vista<sup>®</sup> Business/Ultimate. Проектирование трёхмерных моделей возможно во многих CAD приложениях, однако за простоту в понимании, дружественный интерфейс, доступность лицензионного варианта для учебных заведений и общедоступность на кафедре Автоматики и Компьютерных систем была выбрана CAD система «SolidWorks». Это приложение позволяет проектировать готовые изделия или отдельные детали любой степени сложности с учетом специфики изготовления. При производстве деталей строго соблюдаются все соответствия с ГОСТ. Так же данный пакет предусматривает возможность инженерного анализа (проверка на прочность и устойчивость, динамика механизмов, частотный анализ и пр.) Основные возможности пакета SolidWorks представлены ниже<sup>1</sup>:

- Проектирование оснастки и прочих средств технологического оснащения
  - Анализ технологичности конструкции изделия
  - Анализ технологичности процессов изготовления (литье пластмасс, анализ процессов штамповки, вытяжки, гибки и пр.);
  - Разработка технологических процессов по ЕСТД
  - Материальное и трудовое нормирование
  - Механообработка: разработка управляющих программ для станков с ЧПУ, верификация УП, имитация работы станка. Фрезерная, токарная, токарно-фрезерная и электроэрозионная обработка, лазерная, плазменная и гидроабразивная резка, вырубные штампы, координатно-измерительные машины
  - Управление данными и процессами на этапе ТПП.
- Управление данными и процессами:**
- Работа с единой цифровой моделью изделия;
  - Электронный технический и распорядительный документооборот;
  - Технологии коллективной разработки;
  - Работа территориально-распределенных команд;
  - Ведение архива технической документации по ГОСТ;

- Проектное управление;
- Защита данных. ЭЦП;
- Подготовка данных для ERP, расчет себестоимости.

#### **Обучение студентов.**

Опираясь на методические указания, разработанные для лучшего усвоения материала, студенты смогут производить детали по заданному варианту. Суть выполнения данных лабораторных работ заключается в том, что отдельный вариант представляет собой часть целой конструкции. В ходе выполнения лабораторных работ студенты проектируют отдельные детали, и по окончании проектирования в сборке должна получиться готовая конструкция. Обновление вариантов работ планируется проводить ежегодно. В итоге в рамках данного курса возможно получение полномасштабного прототипа, который, в последствии, возможно использовать на кафедре в качестве наглядного примера работы студентов.

Основной целью работы студентов является изучение методов прототипирования. В настоящее время кафедра автоматизации и компьютерных систем имеет в своем распоряжении 3D-принтер «ZPrinter® 310 Plus» компании «Z-Corp». Данный принтер находится в общем доступе, что позволяет использовать его в учебном процессе. Возможности 3D-принтера «ZPrinter® 310 Plus» позволяют создавать макеты любой сложности, удовлетворяющие характеристикам, на основе большинства CAD систем, использующихся в настоящее время. На базе представленного принтера студенты смогут на практике изучать методы прототипирования, основные из которых представлены ниже<sup>2</sup>:

- Стереолитография (STL — stereolithography);
- отверждение на твёрдом основании (SGC — Solid Ground Curing);
- нанесение термопластов (FDM — Fused Deposition Modeling);
- распыление термопластов (BPM — Ballistic Particle Manufacturing);
- лазерное спекание порошков (SLS — Selective Laser Sintering);
- моделирование при помощи склейки (LOM — Laminated Object Modeling);
- технология многосопельного моделирования (MJM Multi Jet Modeling)
- Иммерсионные центры, или системы виртуальной реальности.

Технологии быстрого прототипирования служат для оценки эргономики, визуализации, дизайна изделия, а так же для использования модели в дальнейшем производстве. Эти технологии дают такие преимущества как:

- Сокращение длительности технической подготовки производства новой продукции в 2-4 раза.
- Снижение себестоимости продукции, особенно в мелкосерийном или единичном производстве в 2-3 раза.
- Значительное повышение гибкости производства.
- Повышение конкурентоспособности производства.
- Сквозное использование компьютерных технологий, интеграция с системами САПР.

Более детально студенты будут изучать технологию многосопельного моделирования, так как именно такую технологию использует принтер ZPrinter® 310 Plus, установленный на кафедре Автоматики и Компьютерных Систем.

#### **Заключение.**

На данном этапе разработана трехмерная модель часового механизма<sup>3</sup>, которая будет принята за эталонную модель на первом этапе обучения студентов. В дальнейшем планируется оптимизация данной модели для ее возможного инсталлирования в произведенные позже прототипы. Планируется разработка методических указаний для выполнения лабораторных работ.

Данная работа позволит студентам познакомиться с методами прототипирования на базе имеющегося принтера, овладеть навыками управления аппаратурой, что позволит им расширить круг своих познаний и возможностей для их дальнейшего применения на производстве.

#### **Список литературы:**

1. Техническая документация. - <http://www.solidworks.ru/> -свободный;
2. Дерево технологий Быстрого Прототипирования. - <http://www.solidworks.ru/> -свободный.
3. *Леонова Л. М., Чигрик Н. Н., Татаурова В. П. Зубчатые передачи. Элементы расчета и конструирования: Методические указания.* — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. — 45 с.
4. Технические х-ки принтера. - <http://www.zcorp.com> – свободный.

## ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Беляев А.С.

Томский политехнический университет  
634050, г. Томск, пр-т Ленина, 2, тел. (3822)-70-18-37  
E-mail: [belyaewas@mail.ru](mailto:belyaewas@mail.ru)

Для автоматизации сельского хозяйства и реализации концепции точного земледелия необходимо применять адаптированную к определенным условиям программную систему анализа и поддержки принятия решений, использующую приборы спутниковой навигации, ГИС-средства, данные дистанционного зондирования (космические изображения), бортовые компьютеры, робототехнические устройства сельскохозяйственного назначения, находящиеся на сельскохозяйственном агрегате, программное обеспечение.

Целью данной работы является сравнение различных систем автоматизации, применяемых в сельском хозяйстве, и их сравнительный анализ.

Актуальность данной темы вытекает из того факта, что в России недостаточно квалифицированных кадров в сельском хозяйстве.

Все навигационные системы, используемые в настоящее время для сельскохозяйственной техники, можно разделить на два основных типа:

1. системы параллельного вождения (курсоуказатель, электронный маркер);
2. автопилот для трактора или комбайна (гидравлический, электрический или подруливающее устройство).

Система параллельного вождения оперативно устанавливается, настройка, и обучение не занимает много времени, позволяет ездить прямолинейно и криволинейно по курсоуказателю, при этом необходимо свести к минимуму перекрытия и недоходы между соседними проходами машины. Принцип действия данной системы основан на постоянной «подсказке» водителю комбайна или трактора, в какую сторону поворачивать руль для правильного прохождения ряда, формируемая при помощи автоматического определения местоположения машины по GPS координатам и вычисления величины и направления отклонения движения от заданного курса.

Достоинства:

Сокращений расхода ГСМ, посевного материала, удобрений

Возможность работы в темное время суток

Сокращение пройденного пути за счет сокращения перекрытий, экономия моточасов

Более быстрое проведение работ

Системы параллельного вождения позволяют механизатору работать с точностью 20-40 см (с большей точность физически сложно вести машину по указанному курсу в соответствии с требованиями к выполнению технологических операций). [2]

Ценность и эффективность GPS систем напрямую зависит от точности. Для исключения человеческого фактора при обработке полей используются автопилоты - системы, которые исключительно точно реагируют на отклонение транспорта от заданного маршрута, быстро и правильно возвращают его на место.

Системы подруливания делятся на гидравлические, электрические и подруливающие.

После установки и настройки автопилота, порядок взаимодействия механизатора и автопилота выглядит следующим образом: механизатор задает базовую линию для автопилота – в случае прямых линий это будут две точки, в случае контурного вождения механизатор вручную проводит машины по заданной кривой. После этого машина разворачивается на следующий проход и нажатием кнопки включается автопилот.

При этом у человека освобождается время, чтобы следить за другими приборами и работой других агрегатов, что особенно ценно в условиях плохой видимости и ночью. Система позволяет водить машину по полям с любыми перепадами высот, автоматически учитывая наклон транспортного средства.

Однако при этом автопилот не в состоянии обнаружить препятствия на поле, поэтому на человека возлагается контроль за маршрутом движения. В случае необходимости человек может вмешаться в маршрут и взять управление на себя.

Среди компаний, представляющих свои системы на рынке, наиболее передовыми технологиями обладают Trimble Navigation и CLAAS.

Trimble Navigation – компания, работающая в области технологий глобальной системы определения местоположения (GPS), а также занимающаяся разработкой и продвижением геодезических приборов любой направленности (тахеометров, и нивелиров, GPS).

Системы данной компании работают на следующих типах траекторий:

- Прямая АВ;
- А+;
- Идентичная кривая;
- Адаптивная кривая;
- Круговая траектория;
- Поворотная полоса.

CLAAS – немецкая машиностроительная компания, крупный производитель сельскохозяйственной техники.

Компания CLAAS предоставляет систему Efficient Agriculture by CLAAS, объединяющую все профессиональные достижения фирмы CLAAS в области электроники: от настройки машины и систем рулевого управления до программных решений для самых разнообразных сфер и рабочих процессов. Одним из основных направлений деятельности компании является разработка системы *on farm*, которая включает в себя следующие программные решения для сельскохозяйственного предприятия:

1. системы рулевого управления со спутниковой поддержкой:

- GPS PILOT;
- GPS COPILOT;
- GPS COPILOT TS.

2. оптические системы рулевого управления:

- CAM PILOT;
- LASER PILOT.

3. механические системы рулевого управления:

- AUTO PILOT. [2]

Из вышеперечисленных систем наиболее точными являются CAM PILOT и LASER PILOT.

CAM PILOT. (рис 1)

С помощью единственной в своем роде трехмерной камеры система CAM PILOT определяет объемные структуры поля. Она автоматически ведет комбайн между рядами растений, валками или канавками, обеспечивая при этом сохранность растений. Камера размещена в чрезвычайно малом корпусе и обнаруживает ряды или межи, расположенные перед тягачом, при этом проплешины не являются препятствием.

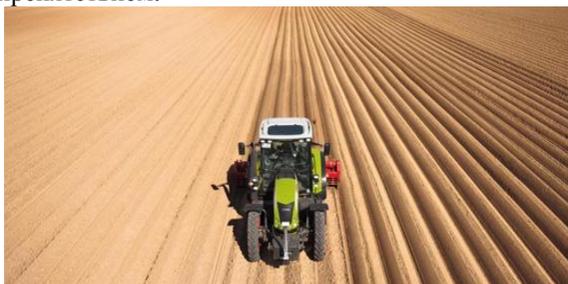


Рис. 1. Система CAM PILOT

LASER PILOT. (рис 2)

Сенсор, не требующий технического обслуживания, посылает в горизонтальном направлении постоянные, не видимые человеческому глазу световые импульсы под углом 6° (рис 3).

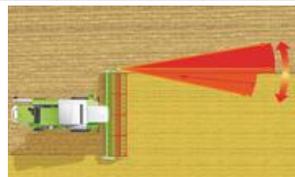


Рис. 2. Система LASER PILOT

Этот световой луч отражают растения и стерня. Второй сенсор распознает продолжительность отраженного импульса и передает точные сведения о расположении границы между скошенной и не скошенной частями поля. Машина автоматически направляется на кромку нескошенной части поля.



Рис. 3. Световая камера системы LASER PILOT

В результате проведенного анализа были выявлены следующие аспекты, требующие дальнейшей проработки:

1. точность рассмотренных систем составляет от 5 до 40 см в зависимости от типа работ; существует потребность в увеличении точности;

2. данные системы не определяют пройденного расстояния, вследствие чего может быть испорчена техника при выезде с поля;

3. системы с оптическими приборами не пригодны для выполнения нескольких видов работ;

4. важен первый проход, выполняемый механизатором;

5. транспортные средства, оборудованные системами подобного типа, не способны выполнять самостоятельно разворот;

6. не имеют систем определения препятствий на полях;

7. не имеют систем работы с водителем (звуковых или вибросистем);

8. нет единой обобщенной системы работы на нескольких камерах-датчиках и системе GPS.

Литература.

1. Системы параллельного вождения.// АГРОСНАБ ЧЕРНОЗЕМЬЯ – 2012. – №4. – с.11-15.

2. Программные решения для сельскохозяйственного предприятия. URL: <http://www.claas.com/cl->

[pw.ru/products/easy/on\\_farm](http://pw.ru/products/easy/on_farm) (Дата обращения:  
10.10.2012)

## КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ТРЕНАЖЕРА-СТЕНДА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ АСУ ТП В СФЕРЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Чемерисов Д.А., Громаков Е.И.

Томский политехнический университет

E-mail: [Dimulys87@mail.ru](mailto:Dimulys87@mail.ru)

### Введение

В настоящее время при подготовке и регулярной переподготовке операторов нефтегазовой отрасли (НГО) в качестве ситуационных задач рассматриваются типовые аварийные и предаварийные события [1].

Специфической чертой деятельности оператора (диспетчера) в автоматизированной системе управления технологическим процессом (АСУ ТП) НГО является то, что он практически не имеет возможности непосредственно наблюдать за состоянием управляемых им объектов. Из этого следует, что он вынужден пользоваться информацией, которая поступает к нему по каналам связи и таким образом оператор в процессе своей работы имеет дело с информационной моделью реального объекта, в частности, технологического процесса.

Информационная модель технологического процесса в настоящее время реализуется на основе программных средств SCADA-систем, которые осуществляют сбор необходимых данных.

Количество точек контроля на технологических объектах НГО составляет, как правило, довольно значительную величину, и оператор (диспетчер) в случае возникновения отклонений в технологическом процессе или при переводе оборудования из одного состояния в другое должен осмысливать большое количество информации, поставляемой экранными формами компьютера и (или) пультами.

Практика диспетчерских служб показывает, что для принятия решения по управлению технологическим процессом оператору (диспетчеру) недостаточно этой информационной модели.

В настоящей работе описывается концепция разработки тренажера-стенда для обучения операторов АСУ ТП с использованием виртуальных средств поддержки его решений.

В деятельности оператора большое значение имеет эвристика и интуиция. Эти виды деятельности опираются на концептуальные модели объекта, которые складываются из знаний системы, предыдущего опыта, представлений о целях и конечном результате работы, знаний последствий правильных и ошибочных действий и уточняются в соответствии с воспринимаемой информацией. Вот почему для выполнения

оперативной деятельности в SCADA-системе оператор должен иметь:

- определенный объем теоретических знаний, необходимых для понимания оперативных ситуаций, возникающих при эксплуатации автоматизированного оборудования;

- навыки взаимодействия с контрольно-измерительной аппаратурой и аппаратурой сигнализации, включая навыки считывания показаний, первоначальной классификации и обработки полученной информации;

- навыки взаимодействия с ключами управления, тумблерами, избирательной системой управления и другими средствами управления;

- умение строить причинно-следственные связи между отклонениями тех или иных параметров от нормы, а также состоянием табло сигнализации или мнемосимволами щита управления с причинами этих отклонений;

- умений формирования плана ликвидации тех или иных отклонений от нормы и его исполнения;

- умений управления технологическим процессом в нестационарных режимах (пуск, останов, предаварийные и аварийные ситуации).

Отсюда становится понятной проблема нехватки моторных навыков управления технологическим процессом при возникновении опасных (аварийных) ситуаций. Для решения этой задачи необходим тренажер максимально адаптированный к реальностям управляемого технологического процесса. Будем понимать под персональным компьютерным тренажёром средство профессиональной подготовки диспетчерского персонала на конкретном предприятии, предназначенное для индивидуального обучения и удовлетворяющее основным информационным и эргономическим условиям работы оператора с конкретным технологическим процессом и его оборудованием.

Создание компьютерных стендов с возможностью симуляции сложных распределенных объектов управления это также перспективный путь при решении проблемы организации учебных лабораторий по изучению сложных программно-технических средств автоматизированного управления.

Эта проблема особенно актуальна при внедрении современной автоматизации в нефтегазовой отрасли. Технологическое оборудование здесь располагается на

значительной территории, имеет большие габаритные размеры и высокую стоимость. Симуляция системы управления в этом случае имеет большое значение как инструмент гибкого, недорогого представления технологической реальности. В связи с постоянным увеличением сложности объектов и систем управления, симуляция становится, чуть ли не единственным, способом их испытаний в тех случаях, когда очень дорого, опасно или невозможно провести их тестирование на реальном объекте.

Обычно симуляция реализуется при помощи компьютерных средств как интерактивной среды оперирования объектами, подобными реальным, на основе создания их компьютерных образов, близких к реальным. Основные требования к таким системам заключаются в том, что симуляция процесса и его отдельных элементов должна быть простой и по возможности наглядной. В настоящее время для этого широко применяется компьютерная графическая поддержка, дающая возможность выводить на экранные формы все необходимые узлы системы и управление ими посредством человеко-машинного интерфейса.

#### Пример построения виртуальной АСУ ТП

Для построения системы обучения операторов при помощи компьютерных средств, возможно и не нужно было бы создавать специальный тренажер-стенд с использованием аппаратно-технической части, а использовать только программную модель системы (в большинстве случаев это целесообразно). Однако возникает ситуация, когда диспетчер в реальности имеет ряд стационарных элементов управления и индикации, расположенных не на экранной форме монитора, а на щите и ему нужно получить навыки по устранению каких либо неисправностей наиболее приближенно к реальным условиям. Или на предприятии, например, уже имеется собственный стенд для воспроизведения каких-либо ситуаций с реальными моделями объектов. Для сопряжения тренажера с таким стендом могут потребоваться реальные сигналы от виртуального объекта, возможно с применением цифровых интерфейсов. С этой целью целесообразно использование аппаратной части в тренажере, такой как контроллерное оборудование, исполнительные и промежуточные реле и преобразовательные устройства.

В частности, для создания такого тренажера можно использовать средства серийного лабораторного стенда ОАО «ЭлеСи».

В качестве среды для создания виртуального объекта (системы) управления технологическим процессом в составе этого стенда имеется программный пакет LabView, для диспетчерского контроля и наблюдения используется SCADA-

система Infinity. В качестве аппаратной части используется контроллер EISy-TM для создания программных процедур системы, набор промежуточных и исполнительных реле для коммутации сигналов, модуль NI USB-6211 для сопряжения пакета LabView с внешней средой. Контроллер имеет аппаратный модуль Modbus-RTU (master) и программный модуль Modbus TCP. Структура стенда показана на рисунке 1.

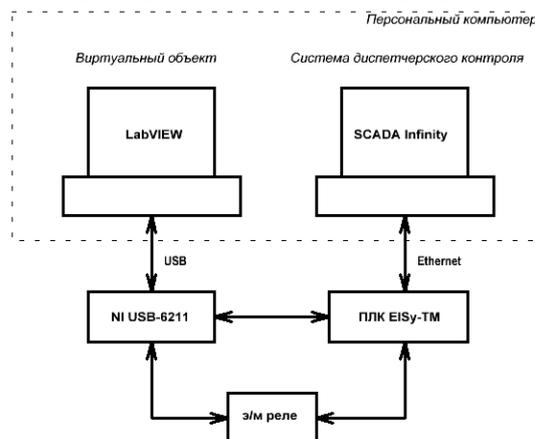


Рис. 1. Структурная схема тренажера-стенда

На основе этого стенда разработан макет программно-аппаратного комплекса – тренажера.

В нем реализованы аппаратно программная часть виртуальной реальности технологического процесса. Одновременно смоделирована SCADA-система диспетчерского управления.

Разработанный стенд используется для обучения студентов работе операторов АСУ ТП НГО.

#### Выводы

В данном докладе предложена концепция по разработке тренажера-стенда для обучения операторов АСУ ТП в НГО. В результате создания такого тренажера, предприятия смогут легко интегрировать его в систему управления технологическим процессом, обучать и повышать квалификацию персонала с относительно минимальными затратами времени и бюджета. На тренажере можно моделировать различные критические ситуации, которые возможны на реальных объектах.

#### Список литературы

1. Захаров В.И., Лощинин А.Е., Рябухин В.И., Климович Г.Д., Мальцева Т.А., Зуев Л.И. Оператор нефтеперекачивающей станции магистрального нефтепровода, ч. 2: Учебное пособие. Тюмень: Тюменский учебный центр ОАО «Сибнефтепровод», 2005- 2008 с.

## РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА АЛГОРИТМОВ ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЙ ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ

Черных А.А., Тутов И.А.

Томский политехнический университет  
[russk1j@mail.ru](mailto:russk1j@mail.ru)

### Введение

Автоматизация с каждым днём приобретает всё большую роль в производственной деятельности и жизни человеческого общества, в удовлетворении его растущих потребностей. В последние годы в связи с заметным уменьшением природных ресурсов, тревожными глобальными изменениями климата и ростом численности населения Земли, роль автоматизации всё больше усиливается, а сферы её применения непрерывно расширяются.

Автоматизация является важнейшим инженерным направлением и охватывает технические концепции, методы и средства управления и регулирования автоматизированных систем, включая их разработку, проектирование и модернизацию. Целью автоматизации является разработка и реализация концепций управления как простыми, так и сложными объектами.

### Сборка робота и содержание алгоритма обхода препятствий

Для реализации данного проекта были использованы:

1. Микроконтроллер Arduino UNO (рис. 1.);
2. Силовой модуль управления двигателями Motor Shield v2 (рис. 2.);
3. Двигатели и колеса Smart Car Robot Plastic Tire Wheel + DC Gear Motor For Robot;
4. Платформа из органического стекла для установки всех компонентов;
5. Ультразвуковой дальномер Ultrasonic Module HC-SR04 Distance Measuring Transducer Sensor for Arduino (рис. 3.);
6. Сервопривод Micro 9g Servo;

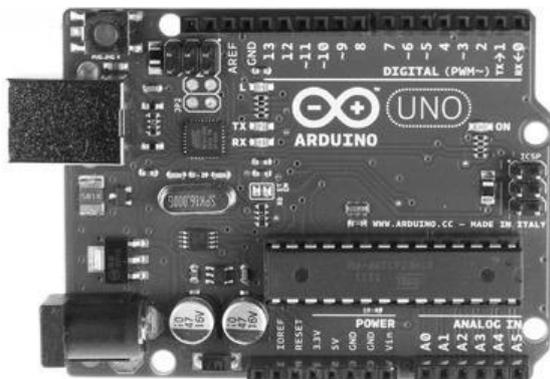


Рис. 1. Микроконтроллер Arduino UNO

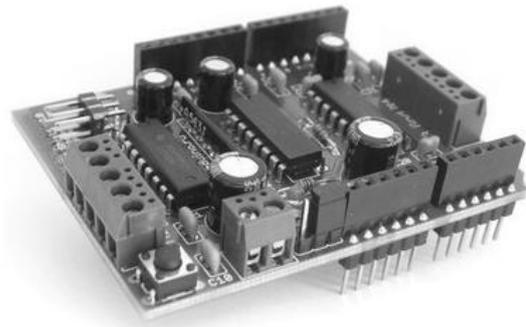


Рис. 2. Силовой модуль управления двигателями Motor Shield v2

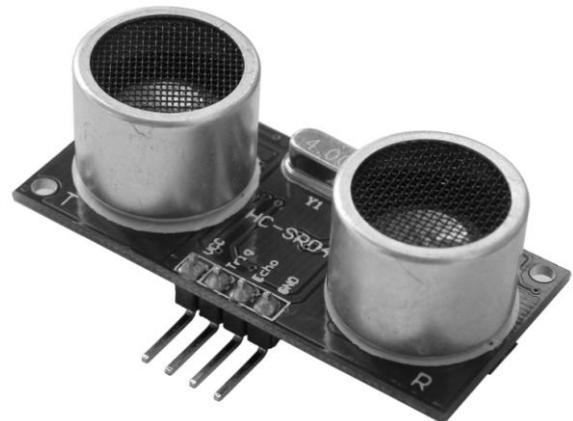


Рис. 3. Ультразвуковой дальномер Ultrasonic Module HC-SR04 Distance Measuring Transducer Sensor for Arduino

Arduino — это электронный конструктор и удобная платформа быстрой разработки электронных устройств для новичков и профессионалов. Платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Устройство программируется по интерфейсу USB без использования специализированных программаторов.

Устройства на базе Arduino могут получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков, а также могут управлять различными исполнительными устройствами.

Микроконтроллер на плате программируется при помощи языка Arduino (основан на языке Wiring) и среды разработки Arduino (основана на среде Processing). Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно, либо же взаимодействовать с

программным обеспечением на компьютере (напр.: Flash, Processing, MaxMSP).

Существует несколько версий платформ Arduino. В данном случае была использована **Uno**, которая построена на микроконтроллере Atmel ATmega328.

Язык программирования устройств Ардуино основан на C/C++.

**Motor Shield** (далее **M-Shield**) – силовой модуль управления двигателями для микроконтроллеров серии Freeduino/Arduino. Модуль предназначен для упрощения разработки моторизированных и робототехнических устройств и основан на первой версии M-Shield от Adafruit Industries.

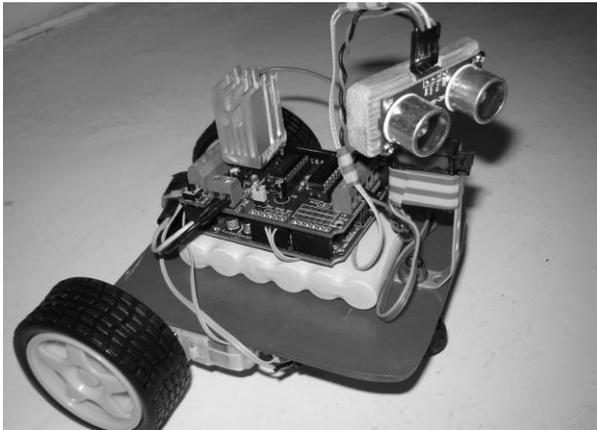


Рис. 4. Внешний вид платформы для проведения анализа алгоритмов обхода препятствий

Данный робот способен сканировать пространство перед собой в процессе движения. При встрече с препятствием двигатели начинают вращаться в разные стороны и соответственно приводят в движение колеса через шестереночный редуктор для увеличения тяги. Таким способом осуществляется поворот робота. Также данный робот при изменении скважности ШИМ, который генерируется модулем управления двигателем (рис. 2), по командам, поступающим от микроконтроллера, может поворачивать плавно за счет разной скорости вращения моторов при требуемых условиях для исключения полной остановки. Расстояния до объектов в горизонтальной плоскости определяется ультразвуковым датчиком, который поворачивает сервопривод на угол, достаточный для сканирования пространства перед движущимся роботом. Устроен датчик следующим образом: преобразователь посылает пакет звуковых импульсов и улавливает эхо. Импульс эха преобразуется в напряжение. Интегрированный контроллер вычисляет расстояние по времени эха и скорости звука. Длительность излучаемого импульса  $\Delta t$  и время

затухания  $t_{\text{зат.}}$  звукового преобразователя являются причиной для формирования слепой зоны, в которой ультразвуковой датчик не может обнаружить предмет.

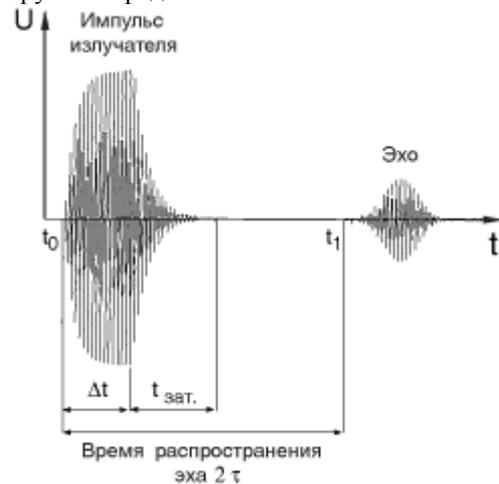


Рис. 5. График, отражающий временные задержки (показывающий импульс излучателя и эхо с течением времени)

#### Заключение

На текущий момент времени была подготовлена платформа на основе микроконтроллера ARDUINO UNO и отработано ПО для выполнения исследований. Разработка алгоритмов обхода препятствий подвижными объектами является перспективным направлением, так как роботы и автоматизированные устройства помогают человеку, как в повседневной жизни, так и на производстве, в том числе и в экстремальных и агрессивных условиях, где присутствие человека невозможно.

#### Литература

1. Программирование Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.ru> Режим доступа: свободный (дата обращения: 20.07.2012)
2. Блог: Arduino и проекты [Электронный ресурс]. URL: <http://robocraft.ru/> Режим доступа: свободный (дата обращения: 20.07.2012)
3. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.cc> Режим доступа: свободный (дата обращения: 20.07.2012)
4. Brian W. Evans. Arduino Programming Notebook.- Published: First Edition August 2007.
5. Уилли Соммер. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. – Санкт – Петербург, 2012. – 256с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА COMSOL MULTIPHYSICS 3.5 ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ ДАВЛЕНИЯ В ТРУБОПРОВОДЕ С УТЕЧКОЙ

Черных А.А., Мамонова Т.Е.

Томский политехнический университет  
teloxranitel@sibmail.com

Наиболее распространёнными причинами возникновения утечек в нефтепроводах являются порывы сварочных швов, коррозия металла и несанкционированные врезки. Определение мест утечек нефти из трубопровода является серьезной проблемой в работе и эксплуатации нефтепроводов. Большие эксплуатационные затраты на восстановительные и другие работы, перебои в подаче нефти – все это обуславливает острую потребность в точном и оперативном определении мест утечек, что позволило бы локализовать место утечки, быстро восстановить подачу нефти и предотвратить потери сырья.

В настоящее время с помощью высокопроизводительных вычислительных машин можно создать реалистичную модель трубопровода для наглядности, с целью более детального анализа процесса утечки. В данной работе проводится моделирование процесса изменения во времени давления, которое позволит определить время, по истечении которого возможно использование данных алгоритмов с целью повышения точности определения параметров утечки, а также устранения ложных срабатываний сигналов об обнаружении утечек. В основе используются алгоритмы определения местоположения и расхода утечек, полученные на основе решения уравнений, описывающих гидродинамические процессы, протекающие в трубе для участка, расположенного между двумя насосными станциями. Благодаря данной модели и ее анализу будут проведены исследования, с помощью которых можно будет увеличить точность и скорость определения утечек.

В работах [1] были предложены алгоритмы для определения параметров утечки, основанные на анализе гидродинамического профиля нефтепровода при утечке и без неё. Моделирование процесса изменения во времени давления позволит определить время, по истечении которого возможно использование данных алгоритмов с целью повышения точности определения параметров утечки, и устранения ложных сигналов о возникновении утечки.

Для моделирования процесса утечки целесообразно использовать программу COMSOL Multiphysics 3.5 [2]. Данная программа предназначена для конечно элементных расчётов сложных научно-технических задач. Решение любой задачи базируется на численном решении уравнений в частных производных методом

конечных элементов. Набор специальных модулей в программе охватывает практически все сферы приложений уравнений в частных производных. Данный пакет моделирования решает системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов.

Для решения поставленной задачи была построена 2D модель участка трубопровода с утечкой с применением пакета COMSOL Multiphysics 3.5. На рис. 1 представлено решение построенной модели, определяющее распределение скорости распространения перекачиваемого продукта вдоль трубы при утечке.

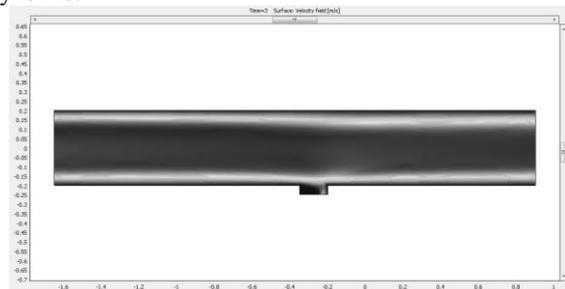


Рис. 1. Модель трубопровода с утечкой, выполненная в COMSOL Multiphysics 3.5

При этом решение расчета потока жидкости по трубопроводу основано на уравнении Навье-Стокса – системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих движение вязкой ньютоновской жидкости. В векторном виде для несжимаемой жидкости они записываются следующим образом [2]:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = - \left( \vec{v} \cdot \nabla \right) \cdot \vec{v} + \nu \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f},$$
$$\nabla \cdot \vec{v} = 0,$$

где  $\nabla$  – оператор набла,  $\Delta$  – оператор Лапласа,  $t$  – время,  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости,  $\rho$  – плотность,  $p$  – давление,  $\vec{v} = (v^1, \dots, v^n)$  – векторное поле скоростей,  $\vec{f}$  – векторное поле массовых сил.

Неизвестные  $p$  и  $\vec{v}$  являются функциями времени  $t$  и координаты  $x \in \Omega$ , где  $\Omega \in \square^n$ ,  $n = 2, 3$  – плоская или трёхмерная область, в

которой движется жидкость. Уравнение, описывающее силы вязкости, возникающие в ньютоновской жидкости, основано на сдвиговом течении:

$$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y},$$

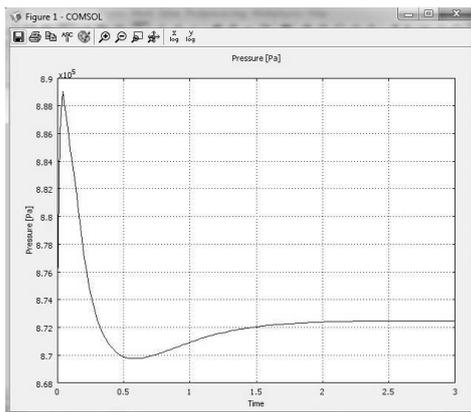
где  $\tau$  – касательное напряжение, вызываемое жидкостью,  $\mu$  – динамический коэффициент вязкости, коэффициент пропорциональности,  $\frac{\partial u}{\partial y}$  производная скорости в направлении, перпендикулярном направлению сдвига.

Практика показала, что использование при моделировании трубопроводов большой длины в рассматриваемом пакете требует больших временного ресурса и мощности компьютера. Поэтому был взят отрезок нефтепровода, небольшой длины.

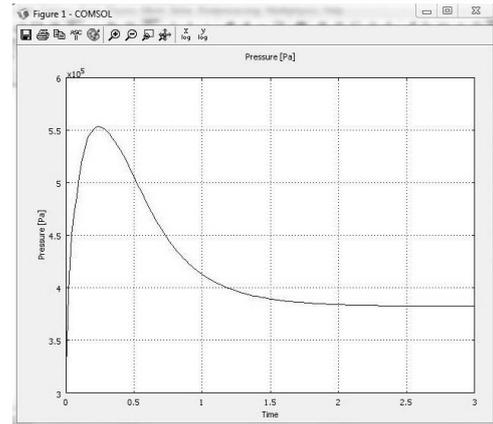
Были заданы следующие параметры нефтепровода: диаметр трубы  $D=0,4$ м, длина трубы  $L=2,7$ м, диаметр сечения отверстия  $d=0,15$ м, имитирующего утечку нефтепровода. Давление в начале трубы  $P_1 = 900000$  Па, давление в конце трубы  $P_2 = 700000$  Па. Плотность жидкости  $\rho = 800$  кг/м<sup>3</sup>. Производим расчет с помощью программы COMSOL для двух случаев работы трубопровода: при наличии утечки; 2) без утечки. Время эксперимента составляет  $t = 3$  с.

На рис. 2 представлены графики изменения давления во времени в месте возникновения утечки трубопровода и в начале трубопровода.

Проанализировав графики, представленное на рис. 2, можно сделать следующий вывод: график имеет резкий скачок в области утечки, что показывает снижения давления в этой области трубопровода.



а)



б)

Рис. 2. График изменения давления во времени: а) в месте возникновения утечки трубопровода; б) в начале трубопровода

Установлено, что для выбранного трубопровода максимальное время переходного процесса (в начале трубопровода) равно  $t_{п.п.} = 2,3$  с.

Таким образом, полученная в представленной работе модель трубопровода транспортировки жидкости позволяет выполнять анализ процесса изменения давления во времени при утечке. Это даёт возможность оценить время окончания переходных процессов для различных вариаций параметров нефтепровода и нефтепродукта. Последнее позволит уточнить алгоритмы определения параметров утечки, основанные на анализе гидродинамических процессов в нефтепроводе, что приведёт к увеличению точности и быстродействия при расчёте её местоположения и массового расхода.

В дальнейшем планируется создания нефтепровода сложной геометрической формы при наличии задвижек, позволяющих перекрывать трубу при утечке.

#### Литература

1. Степанченко Т.Е., Шкляр В.Н. Исследование алгоритмов обнаружения утечек в трубопроводах, построенных на основе моделей гидродинамических процессов // Современные техника и технологии: Труды VIII Междунар. научно-практ. конф. молодых ученых. – Томск, 2006. – Т. 1. – С. 248–251.

2. Учебник Femlab. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://femlab.narod.ru/> свободный (дата обращения: 20.09.2012)

## АЛГОРИТМ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРА ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМАЛЬНОЙ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ

Четвериков М.А., Пушкарев М.И.

Томский политехнический университет  
[mixcet@gmail.com](mailto:mixcet@gmail.com)

### Введение

На сегодняшний день известно достаточно большое количество работ посвященных проблеме синтеза линейных регуляторов, позволяющих осуществлять обоснованный выбор структуры и параметров регулятора для обеспечения в системе заранее заданных требований к её качеству [1-2].

Однако зачастую разработанные для синтеза подходы связаны с трудоёмкими вычислениями и требуют нетривиальных знаний в области высшей математики. В этой связи встаёт задача разработки такого программного обеспечения, которое бы позволило избежать лишних трудозатрат со стороны инженера, а так же быстро и качественно выполнить поставленную задачу, а именно провести синтез регулятора, удовлетворяющего какому-либо критерию. Одним из широко используемых при проектировании САУ критериев является максимальная степень устойчивости системы. Известно, что системы, синтезированные по этому критерию, при прочих равных условиях, обладают более высоким быстродействием, меньшим перерегулированием и большим запасом устойчивости [2].

Для реализации поставленной задачи разработано прикладное программное обеспечение, в основе алгоритмов которого положены коэффициенты оценки показателей качества. Они позволяют проводить синтез регулятора по различным критериям (заданная точность, степень колебательности, степень устойчивости). Коэффициентные методы дают возможность получить приближенные в некотором смысле, но простые соотношения, позволяющие связать показатели качества системы произвольного порядка и искомые параметры регулятора. Таким образом, при проектировании современных высококачественных САУ целесообразно иметь эффективный инструмент для синтеза регуляторов, основанный на критерии максимальной степени устойчивости, определяемом коэффициентами характеристического полинома. Блок-схема алгоритма приведена на рис. 1., где  $\lambda_i$  – показатель устойчивости,  $\eta$  – степень устойчивости,  $a_i$ ,  $a_i$  – коэффициенты характеристического уравнения.

Программный пакет реализован в среде Microsoft Visual Studio 2012 на языке

программирования высокого уровня C Sharp с использованием библиотеки Wolfram .NET/Link, которая позволяет использовать мощность системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica в приложениях под .NET. Выбор был обусловлен малым количеством кода при большой эффективности средств Wolfram Mathematica.

Исходный интерфейс программы представляет собой область, в которых отображается: корневая плоскость, с представленной на ней декомпозицией полюсов синтезированной системы; график переходной характеристики системы, для оценки прямых показателей качества системы и результатов синтеза; текстовые поля, в которые вносится исходная информация об объекте управления и используемом критерии.

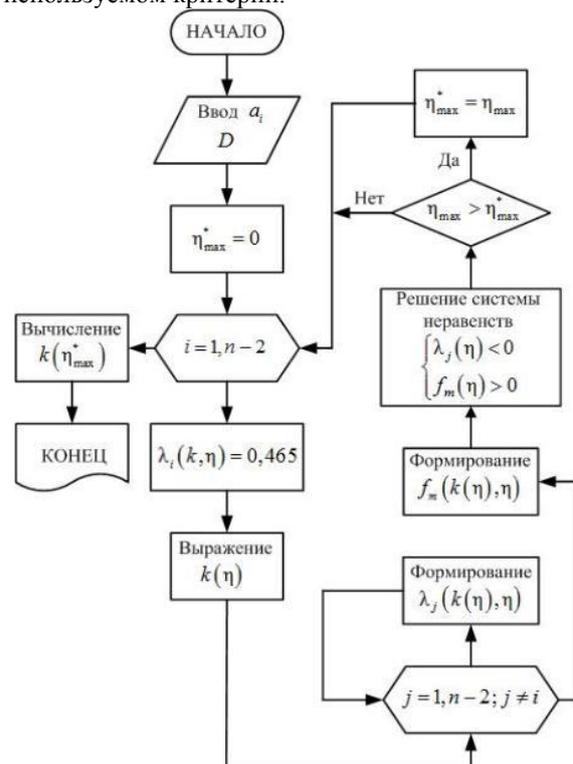


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы программы

Рассмотрим работу программы. В качестве примера предлагается рассмотреть линейную систему автоматического управления креном крыла самолёта.

Объект управления задан передаточной функцией:

$$W_{OY}(s) = \frac{1}{0,0003s^3 + 0,034s^2 + 0,72s^2 + 1}$$

Необходимо провести синтез линейного ПИ-регулятора  $W_p(s) = \frac{k_1 s + k_0}{s}$ , максимизирующего степень устойчивости системы и обеспечивающего в ней заданную точность:

На основании достаточных условий заданной степени устойчивости согласно разработанному алгоритму программа формирует систему неравенств:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{a_{i-1}a_{i+2}}{[a_i - a_{i+1}(n-i-1)\eta][a_{i+1} - a_{i+2}(n-i-2)\eta]} < \lambda_i, \\ k = \overline{1, n-2}; \\ a_l - a_{l+1}(n-l-1)\eta \geq 0, \quad l = \overline{1, n-1}; \\ a_0 - a_1\eta + \frac{2a_2\eta^2}{3} \geq 0. \end{array} \right.$$

В дальнейшем данная система преобразуется к системе уравнений вида

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{a_{i-1}a_{i+2}}{[a_i - a_{i+1}(n-i-1)\eta][a_{i+1} - a_{i+2}(n-i-2)\eta]} = \lambda^*, \\ k = \overline{1, n-2}; \\ a_l - a_{l+1}(n-l-1)\eta \geq 0, \quad l = \overline{1, n-1}; \\ a_0 - a_1\eta + \frac{2a_2\eta^2}{3} \geq 0, \end{array} \right.$$

которую необходимо решить  $(n-2)$  раз, приравняв  $\lambda_i$  её максимально допустимому значению  $\lambda^* = 0,465$ , где  $n$  – степень характеристического уравнения системы.

Решением данной системы является максимальное значение степени устойчивости системы

$\eta_{\max}$  в рамках данного критерия и второго коэффициента регулятора  $k_1$ .

Первый коэффициент регулятора  $k_0$ , находится на основании требований, предъявляемых к точности системы, и определяется следующим соотношением  $k_0 b_0 = D a_0 \Rightarrow k_0 = D a_0 / b_0$ .

Таким образом, достигается поставленная задача параметрического синтеза ПИ-регулятора. Результат работы программного обеспечения приведен на рисунке 2.

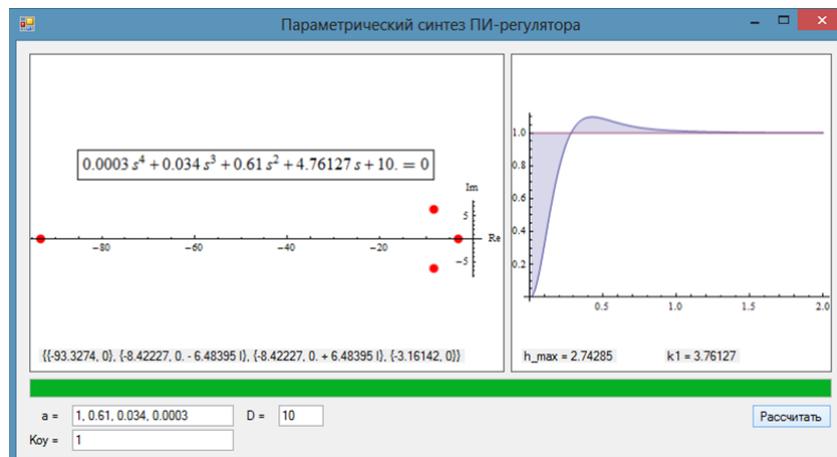


Рис. 2. Результат работы программного обеспечения

### Заключение

Результатом данной статьи является программное обеспечение, позволяющее на основе разработанных алгоритмов проводить параметрический синтез ПИ-регулятора. Достоинством реализованной в программной обеспечении методики является то, что, наряду с обеспечением в системе максимальной степени устойчивости системы, гарантируется также заданная точность в установившемся режиме. Эффективность разработанной методики подтверждается численным примером.

### Список литературы

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. И доп. Т.3Ж Синтез регуляторов систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 616 с.; ил.
2. Петров Б.Н., Соколов Н.И., Липатов А.В. и др. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.: ил.

## СИНТЕЗ РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Езангина Т.А.

Томский Политехнический Университет  
eza-tanya@yandex.ru

### Введение

Суть теории управления состоит в том, что на основе системного анализа создается математическая модель объекта управления и затем синтезируется алгоритм управления для получения желаемых характеристик протекания процесса или достижения поставленных целей управления. В статье решается задача синтеза робастного регулятора для класса линейных систем с параметрической неопределенностью. Робастное управление имеет важное направление развития современной теории управления.

Задача робастного управления системами с параметрической неопределенностью на практике возникает всякий раз, когда нельзя наперед гарантировать поведение (значения параметров состояния) управляемого объекта. В этом случае требуется, чтобы регулятор имел некий запас надежности и стабилизировал систему в случаях неожиданных флуктуаций параметров состояния. И хотя энергозатратность робастных регуляторов несравнимо выше, чем у регуляторов другого типа, очень часто цель обеспечения надежности управления объектом стоит выше цели минимизировать текущие затраты на работу регулятора, потому что в случае выхода системы из строя компенсационные затраты значительны.

Подобные системы с параметрической неопределенностью встречаются в авиационной и ракетной промышленности, в отрасли автоматизации нефтегазовой добычи и передачи, и даже автомобильной промышленности. Конечно, практические задачи не линейны и имеют множество параметров, но цель данной статьи продемонстрировать общий подход к решению подобных задач. Поэтому тема статьи, касающаяся синтеза линейных систем с параметрической неопределенностью, актуальна.

### Постановка задачи

Поскольку наиболее остро требования качественной настройки регуляторов проявляются на теплоэнергетических предприятиях, что вызвано необходимостью экономии топливно-энергетических ресурсов, была поставлена задача параметрического синтеза пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора по разработанной авторами методике.

### Получение математической модели системы

Кинематическая модель автоматической системы горячего водоснабжения можно представить в виде, указанном на рис 1.

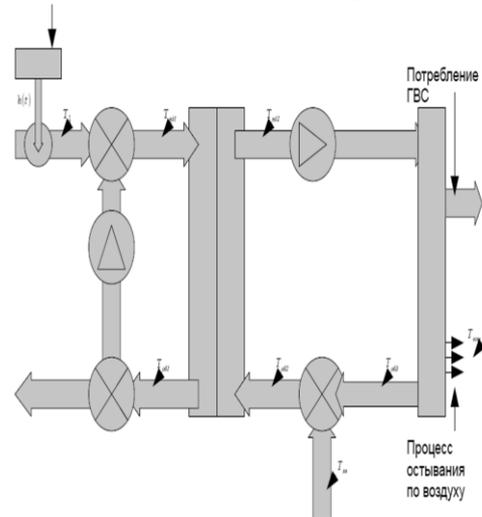


Рис. 1 Кинематическая модель автоматической системы горячего водоснабжения

Запишем дифференциальные уравнения представленной схемы. Положение штока задается электроприводом, параметры которого известны и прописаны в характеристиках привода. Работа привода описывается

дифференциальным уравнением:  $\frac{dh}{dt} = \frac{u}{T_{np}}$ , где

$T_{np}$  - постоянная времени перемещения штока,  $h$  — положения привода в нормированном виде,  $u$  - вектор управления приводом. Процесс смешивания мгновенно не происходит и имеет инерционный характер, и обычно описывается дифференциальным уравнением:

$\frac{dT_{nd1}}{dt} = \frac{T_{nd1c} - T_{nd1}}{t_{cm}} \frac{T_{nd1}}{T_{nd1c}}$ , где  $t_{cm}$  - постоянная

времени смешения с холодной водой,  $T_{nd1}$  — температура поступающая на теплообменник со стороны нагрева. Процесс обмена теплом, также имеет инерционный характер, и теплоноситель перемещается в теплообменнике в течение определенного времени и описывается дифференциальным уравнением и,

соответственно:  $\frac{dT_{об1}}{dt} = \frac{T_{об1c}(t - t_{z1}) - T_{об1}}{t_{cm}}$ , где

$t_{z1}$  - время транспортного запаздывания -

перемещения теплоносителя по теплообменнику. Изменение температуры на другой стороне теплообменника может быть определена дифференциальным уравнением:

$$\frac{dT_{нд2}}{dt} = \frac{T_{нд2c}(t - t_{z1}) - T_{нд2}}{t_{cm}}, \quad \text{где } T_{нд2} -$$

температура поступающая из теплообменника со стороны потребления. Процесс остывания описывается дифференциальным уравнения

$$\frac{dT_{нд2}}{dt} = \frac{T_{ком} - T_{нд2}}{t_{cm}}, \quad \text{где } T_{ком} - \text{комнатная}$$

температура. Значение температуры носителя с учетом транспортного запаздывания на обратном теплоносителе:  $\frac{dT_{об3}}{dt} = \frac{T_{об3c}(t - t_{z1}) - T_{об3}}{t_{cm}}$ , где

$T_{об3}$  - температура обратного теплоносителя, поступающая на место смешения с холодной водой. Смешивание объемов теплоносителей определяется дифференциальным и операторным уравнениями:  $\frac{dT_{об2}}{dt} = \frac{T_{об2c} - T_{об2}}{t_{cm}}$ , где  $T_{об2}$  -

температура поступающая на теплообменник со стороны потребления.

В результате математического описания системы горячего водоснабжения и подстановки численных значений получена ее модель в виде структурной схемы, приведенной на рис. 2.

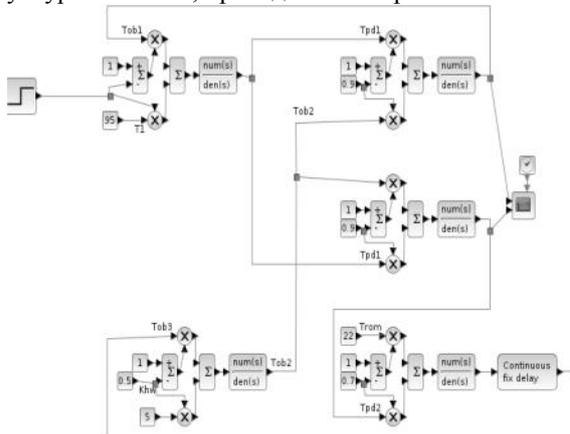


Рис. 2 Структурная модель автоматической системы горячего водоснабжения

### Синтез робастного ПИД-регулятора

Синтезируемая система горячего водоснабжения с ПИД-регулятором, представленная на рис. 2, имеет характеристический полином  $P(s)$ :

$$P(s) = p_5 s^5 + p_4 s^4 + p_3 s^3 + p_2 s^2 + p_1 s^1 + p_0$$

В основу параметрического синтеза ПИД-регулятора положен коэффициентный метод [1], использующий соотношения коэффициентов полинома  $P(s)$  и корневых показателей качества

при максимизации степени устойчивости системы. На основе данного метода и теории интервального анализа разработана методика определения настроек линейных регуляторов систем с интервальными параметрами. Для ее реализации на ПЭВМ разработан соответствующий программный продукт (ПП) MDSLS. В его основу положен алгоритм синтеза параметров регулятора интервальной системы максимальной степени устойчивости. Полное описание алгоритма и ПП MDSLS приведено в работе [3].

В результате применения ПП MDSLS к системе горячего водоснабжения с заданными показателями качества определены настройки ПИД-регулятора, обеспечивающие максимальную степень устойчивости системы при ограничениях на ее точность и колебательность (рис. 3).

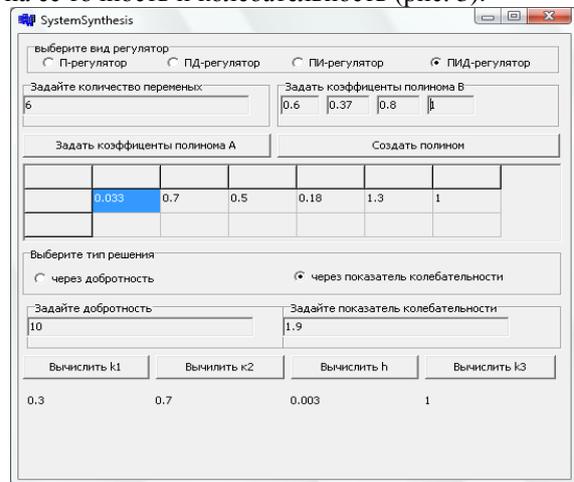


Рис. 3. Результаты синтеза ПИД-регулятора в ПП MDSLS

Из диалогового окна ПЭВМ, приведенного на рис. 3, видно, при полученных настройках ПИД-регулятора  $k_0 = 0.3, k_1 = 0.7, k_2 = 1$  система имеет максимальную степень устойчивости  $\eta = 0.003$ .

### Заключение.

В результате параметрического синтеза ПИД-регулятора системы горячего водоснабжения получены настройки, при которых области локализации корней характеристического полинома расположены в желаемой области, а переходный процесс имеет желаемый вид при любых значениях параметров.

### Литература

- Петров Б.Н., Соколов Н.И., Липатов А.В. и др. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза [Текст] / Петров Б.Н., Соколов Н.И., Липатов А.В. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.: ил.
- Гайворонский С.А., Езангина Т.А. Параметрический синтез интервальной системы автоматического управления с помощью программного продукта MDSLS [Текст] / Гайворонский С.А., Езангина Т.А.// Ученые

## ЗАЩИТА ТРАНЗИСТОРНОГО МОСТА РЕВЕРСИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Гольцов Б.В., Тутов И.А.

Научный руководитель: В.В. Михайлов  
Томский политехнический университет  
[goluga@tpu.ru](mailto:goluga@tpu.ru)

### Введение

Целью работы стала разработка отказоустойчивого преобразователя широтно-импульсной модуляции (ШИМ), для питания реверсивного двигателя постоянного тока (ДПТ), включенного по мостовой схеме. В качестве силовых ключей были использованы полевые транзисторы с изолированным затвором IRFZ48N, что позволило при минимальной стоимости обеспечить достаточный запас по току и напряжению. Используемые транзисторы в ходе серии испытаний доказали свою надежность и живучесть в закритических режимах работы, сохранив работоспособность после выхода из этих режимов. Для исключения критических режимов работы силовых транзисторов была разработана логика управления мостом, предотвращающая сквозные токи, переход ключевых транзисторов в усилительный режим, блокировку работы преобразователя по внешнему сигналу, что обеспечивает отключение двигателя даже при пробое одного из транзисторов.

### Управление верхними транзисторами моста

По ряду технологических причин в настоящее время промышленность не выпускает р-канальные транзисторы с высоким током стока, в отличие от транзисторов с n-канальной структурой. Это вызывает ряд сложностей с управлением напряжением затвор-исток верхнего транзистора полумоста, так как потенциал истока относительно общего провода в процессе работы изменяется от нуля до напряжения питания. На данном этапе работы были изучены возможные схемотехнические решения [1] для управления верхним транзистором полумоста. Наиболее перспективными оказались схемы с применением транзисторной оптопары (рис. 1 а), импульсного трансформатора (рис. 1 б), специализированного драйвера верхнего и нижнего ключа (рис. 2).

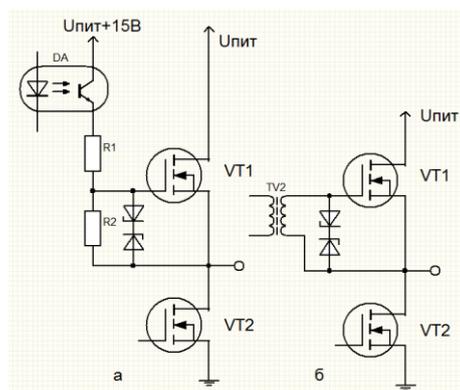


Рис. 1. Схема управления верхним транзистором

На рисунке 2 представлен выходной каскад специализированного драйвера и полумост образованный транзисторами VT1 и VT2.

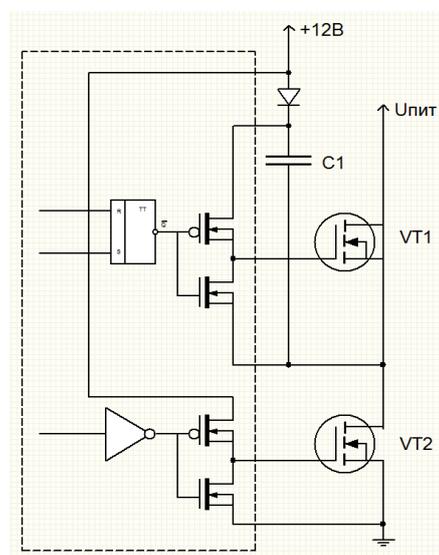


Рис. 2. Схема с применением специализированного драйвера

Применение импульсного трансформатора накладывает ограничения по периоду и коэффициенту заполнения широтно-модулированных импульсов, что недопустимо при управлении ДПТ.

Стендовые испытания схемы с транзисторной оптопарой выявили недостаточное быстродействие оптопары и низкую скорость заряда (разряда) емкости затвор-исток транзистора, что приводило к выделению избыточной энергии, рассеиваемой

на транзисторе в тепло. Использование быстродействующей оптопары, приводило к значительному увеличению стоимости системы. На основании этих данных было принято решение отказаться от применения данной схемы.

Применение схемы со специализированным драйвером осложнено использованием лифтовой зарядкой конденсатора для его питания (так называемая «бутстрепная схема питания»). По условию проекта на вход ШИМ может приходиться постоянный сигнал, продолжительностью более 10 секунд. Но емкость  $C1$  быстро разряжается при прохождении сигнала такой длительности. Ряд мер по увеличению емкости конденсатора и снижению токов утечки не дал должного результата. Время разряда емкости до уровня напряжения на затворе, переводящего транзистор в усилительный режим, осталось менее 150 миллисекунд. Драйверы с контролем напряжения на конденсаторе, закрывают транзисторы и препятствуют прохождению в дальнейшем сигнала, до переключения разрешающего входа или снятия питания с драйвера. Разработка схемы самозапуска неоправданно усложняет и удорожает схему. Поэтому, для предотвращения перехода транзистора в усилительный режим, вследствие саморазряда конденсатора, было принято решение о введении в схему управления ограничителя длительности сигнала. Для этого в линии ШИМ сигнала был установлен ждущий мультивибратор, реализованный на аналоговом интегральном таймере КР1006ВИ1 (NE555). Схема мультивибратора представлена на рисунке 3.

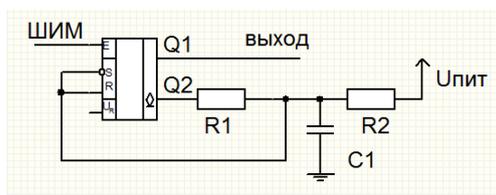


Рис. 3. Ждущий мультивибратор

В данной схеме  $R1$  много меньше  $R2$ . При низком уровне входного сигнала выход с открытым коллектором микросхемы  $Q2$  - открыт, емкость  $C1$  - разряжена, на выходе мультивибратора - низкий логический уровень. При подаче положительного импульса на вход  $E$  на выходе  $Q1$  устанавливается высокий логический уровень, выход  $Q2$  закрыт, емкость  $C1$  заряжается через  $R2$ . При достижении на конденсаторе напряжения порога срабатывания таймера, на выход  $Q1$  поступает сигнал низкого уровня,  $Q2$  открывается, конденсатор через  $R1$  разряжается, при достижении же напряжением конденсатора нижнего порога срабатывания на устанавливаемом входе микросхемы,  $Q2$  закрывается, на выходе мультивибратора формируется сигнал высокого уровня, цикл повторяется. Резисторы  $R1$ ,  $R2$  и емкость подобраны

таким образом, что длительность положительного импульса меньше времени разряда конденсатора, питающего драйвер верхнего ключа. Отношение минимальной длительности импульса ШИМ к длительности импульсов, формируемых мультивибратором, стремится к единице, что позволяет не вносить серьезных искажений во входной широтно-модулированный сигнал.

Другой значительной проблемой стало возникновение сквозных токов в плечах моста, при переключении диагоналей. Для ее решения в схему управления был введен блок формирования задержки включения реверса транзисторного моста, выполненный на RC цепях. Для увеличения крутизны фронта сигнала после RC цепей установлены триггеры Шмитта. Время задержки регулируется подбором сопротивления и емкости цепи задержки. Также в логику открытия каждого из четырех транзисторов введено условие наличия сигнала на разрешающем входе преобразователя.

Сохранение работоспособности преобразователя при коротком замыкании по выходу обеспечивается высокой перегрузочной способностью силовых транзисторов по пиковому току. От длительного протекания токов короткого замыкания преобразователь защищается автоматическим выключателем серии ВА47-29, с номинальным током расцепления 10А, характеристикой защиты типа «В» согласно ГОСТ Р 50345-99.

При неправильном подключении полярности питания ток протекает через встроенные диоды силовых транзисторов, вызывая короткое замыкание. Перегрузочной способности встроенных диодов и источника питания достаточно для надежного отключения защитного автоматического выключателя до наступления необратимых изменений в преобразователе или источнике питания, что установлено в результате расчетов и подтверждено на практике в результате целого ряда экспериментов.

### Заключение

Разработанная защита используется в составе модернизированных преобразователей (рис. 4) управляющих сигналов ДПТ [2] для управления самодвижущейся платформой [3].

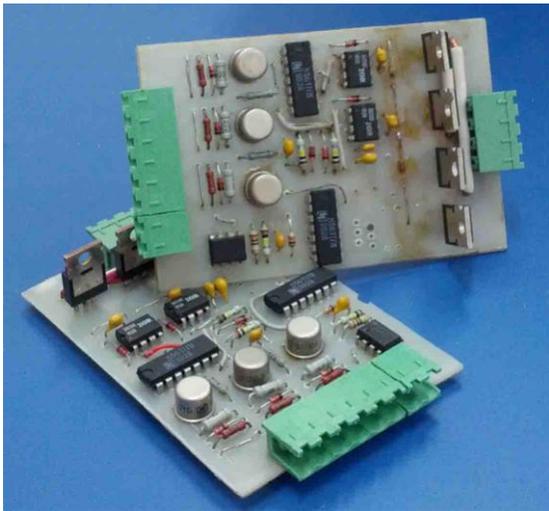


Рис. 4. Внешний вид преобразователей

#### Список литературы

1. А. Колпаков. Характеристики и особенности применения драйверов MOSFET и IGBT // Компоненты и технологии. 2003. №3
2. Bi-transistor inverter based control system of powering of DC motor. Tutov I. A., Goltsov B. V., Buldygin R. A. - The seventeenth International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Modern Techniques and Technologies", Tomsk, 2011г. - С. 133 – 135.
3. Цифровой электропривод двигателя постоянного тока. Тутов И. А., Гольцов Б. В., Булдыгин Р. А., Алексеев А. С. - Вестник науки Сибири - № 1 - С. 398-405, Томск, 2011г.

## МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ 3D ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ»

Гунина В.И., Панышин Г.Л.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[vladlena.17@mail.ru](mailto:vladlena.17@mail.ru)

Стремительное развитие информационных технологий открывает новые возможности в сфере образования. Как следствие этого в настоящее время ведется широкое внедрение информационных технологий в образовательный процесс, что позволяет по-новому организовать самостоятельную работу студентов, улучшить скорость и эффективность работы, повысить качество знаний.[1]

Для облегчения изучения и понимания управления технологическими процессами можно ввести в процесс обучения визуализацию лабораторных работ, т.е. создать 3D модели лабораторных стендов и показать принцип их работы.

Визуализация лабораторных работ способствует более быстрому и качественному пониманию поставленных перед студентом задач.

При помощи 3D редакторов можно демонстрировать физические процессы, отдельные детали изделия, изделие в любом ракурсе, разрезе. В 3D редакторах при помощи анимации можно показать установку в действии.

На кафедре АиКС ИК ТПУ существует лабораторная работа по изучению методов и средств измерения уровня.

Уровень рабочей среды является важным технологическим параметром, информация о котором необходима для контроля режима работы технологического аппарата, а в ряде случаев для управления производственным процессом [2].

В настоящее время в различных отраслях промышленности нашли применение различные

средства измерения уровня, но к наиболее распространённым относятся следующие:

- визуальные;
- поплавковые;
- буйковые;
- гидростатические;
- электрические;
- ультразвуковые;
- радиоизотопные.

Информация, полученная путём измерения уровня, используется для учетных операций и для управления технологическими процессами.

При выполнении данной лабораторной работы студенту необходимо изучить существующие методы измерения уровня и принцип работы установки с гидростатическим уровнемером в действии. Структурная схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.

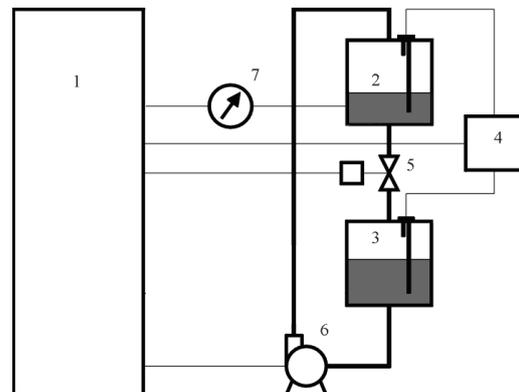


Рис. 1. Структурная схема лабораторного стенда

Установка включает следующие элементы:

- коммутационное поле 1, на котором в данной лабораторной работе необходимо собрать схемы блокировки исполнительных механизмов (насоса и клапана) по заданным условиям.
- две ёмкости 2 и 3;
- четырёхканальный сигнализатор уровня 4, срабатывающий при освобождении емкостей;
- отсекающий клапан 5;
- насос 6, который перекачивает воду из нижней в верхнюю емкость;
- гидростатический уровнемер 7.

В связи с тем, что исследуемая лабораторная установка демонстрирует принципы работы уровнемера и сигнализаторов уровня, описание которых является сложным для восприятия студентов, данная лабораторная работа была выбрана для создания современного методического указания с визуализацией принципа работы установки.

Для реализации интерактивного методического указания предлагается использовать программный продукт 3DVIA Composer, который позволяет разработать анимированные файлы, иллюстрирующие инструкции по сборке-обслуживанию.

3DVIA Composer – универсальный инструмент, предназначенный для создания интерактивной технической документации на проектируемые изделия. Благодаря удобной и функциональной системе разработки мультимедийного контента 3DVIA Composer автоматизирует процедуры сборки/разборки изделия, создания технических иллюстраций, интерактивных 3D-анимаций, маркетинговых материалов, каталогов продукции, обучающих руководств и т.д. [3].

Приложение упрощает создание анимации (включая кинематику) и растровых изображений с высоким разрешением (форматы BMP, JPG, PNG, GIF и др.) [4].

3DVIA Composer делает возможным создание технических иллюстраций, видео и интерактивных 3D-объектов, которые не только обеспечивают лучшее восприятие информации, но и повышают качество документации. Также позволяет импортировать 3D-данные из большинства современных CAD- и PLM-систем в их собственных форматах или в 3DXML.

Разработанные интерактивные руководства можно сохранять в виде компактных EXE-файлов со встроенным бесплатным просмотрщиком 3DVIA Player, благодаря чему их можно открыть на любом компьютере без использования каких-либо предварительно установленных CAD-систем. Проекты 3DVIA Composer можно также сохранять в различных стандартных форматах, например PDF, HTML, SVG, CGM, 3DXML, AVI, Microsoft Office и др., которые позволяют

применять графические и мультимедийные объекты 3DVIA Composer даже в традиционной текстовой документации. Таким образом, с появлением 3DVIA Composer уходят в прошлое малоэффективные и трудоемкие методы создания документации.

3DVIA Composer позволяет создать 2D и 3D продукты по проектным данным из любой 3D САПР системы. Таким образом, предварительно необходимо выбрать САПР для создания трехмерной модели.

Одним из современных средств твердотельного проектирования является SolidWorks. SolidWorks – система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения, создания различных исполнений детали и соответственно сборки и изделия в целом.

SolidWorks представляет собой инструментальную среду, предназначенную для автоматизации проектирования сложных изделий в машиностроении и в других областях промышленности.

SolidWorks применяется для гибридного параметрического моделирования (твердотельное моделирование, моделирование поверхностей, каркасное моделирование и их комбинация без ограничения степени сложности), также для проектирования изделий с учетом специфики изготовления:

- Детали из пластмасс - функций для автоматизации проектирования деталей из пластмасс, учет усадки, построение уклонов. [5].

- Листовой материал - моделирование "от детали к развертке" и "от развертки к детали", автоматическое построение развертки. [5].

- Пресс-формы и штампы - построение и анализ уклонов, учет изотропной и анизотропной усадки, припусков, построение линии и поверхности разреза; генерация матрицы и пуансона, знаков, ползунов; построение плит, колонок, толкателей; возможность создания библиотеки типовых элементов пресс-форм и штампов и т.д. [5].

- Металлоконструкции - проектирование рамных и ферменных конструкций, библиотека профилей по ГОСТ, ISO, ANSI [5].

Также возможно проектирование деталей и сборок в трёхмерном пространстве (3-D проектирования), и оформление конструкторской документации.

Таким образом, для создания методического указания необходимо решить ряд задач:

1. Изучить существующее методическое указание по данной лабораторной работе.

2. Изучить лабораторную установку, ознакомиться с назначением и принципом действия каждого компонента.

3. Изучить способы проектирования в SolidWorks и создать 3D модель лабораторного стенда.

4. Изучить программное обеспечение 3DVIA Composer, с помощью которого будут показаны принципы работы установки.

По результатам работы в 2012г. будет реализовываться методическое указание к выполнению лабораторной работы «Изучение методов и средств измерения уровня» в электронном виде с анимацией принципов действия лабораторной установки.

#### Литература:

1. Федеральный образовательный портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ecsocman.hse.ru/univman/msg/16785404.html>,

свободный.

2. Методическое указание к выполнению лабораторных работ «Изучение методов и средств измерения уровня» ТПУ. Томск 2011 г.

3. Журнал САПР и графика [Электронный ресурс]. - Режим доступа:

4. <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=19227&iid=891>, свободный.

5. Сайт 3DVIA Composer [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.3ds.com/ru/products/3dvia/3dvia-composer/portfolio/3dvia-composer/>, свободный.

6. Сайт SolidWorks Russia [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.solidworks.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=32&Itemid=36](http://www.solidworks.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=32&Itemid=36), свободный.

## COMPARISON OF ERP-SYSTEMS

S.A. Davydova, E.O. Inozemtseva

Scientific Supervisor: S.V. Acsenov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: davidovasa@mail.ru

Today we need to automate the work of enterprises. The most actual question for any firm is choosing the most functional ERP-system. This article presents two software products: "1C: Enterprise" and "Sail: the enterprise."

The system of "SAIL: Enterprise" is designed for small and medium-sized enterprises (trade, services, manufacturing, advertising and media, catering, tourism, foreign companies, etc.). This is a simple, convenient, but at the same time a powerful full-featured system that allows you to automate accounting, basic trade processes and inventory control, payroll and personnel records. It can be operated as a single and a few (in the range 15-20) in the local network computers.

The system is built in a modular principle and it is collection of modules, which is designed to automate one of the main activities of the enterprise and can operate in standalone mode or in conjunction with other modules of the complex, forming a single information space of enterprise.

Main modules:

- 1.Accounting
- 2.Implement and warehouse
- 3.The complex
- 4.Accounting for
- 5.Acquisition of
- 6.Wages
- 7.Human Resources

Each module can operate as a standalone application, but the full dignity of the modules are implemented by using them as a complex software package with a common database.

Sail program has several advantages

- Easy development;
- broad range of functions;

- High reliability of operation;

- Typical settings for different types of enterprises;

- Reducing costs by automating the choice of the optimal configuration for you with the possibility of its further growth;

- ability to analyze accounting data and information in the database.

A database "SAIL-Enterprise" can be either single-user and multi-user system, ie system, providing work together large numbers of users in a computer network. Each of them can use any information if he has access to it for perform their duties, regardless of where, when and by whom the information was entered into the system. This is ensured by storing all the information you entered in complex database that resides on a dedicated server. The "SAIL-Enterprise" system is based on a "file server" technology in which the database is stored on the server, and data processing occurs on the workstation.

The system software "1C: Enterprise" includes a platform and application solutions are developed on its basis, to automate the activities of organizations and individuals. The platform is not a software product for use by end users, who typically work with one of the many practical solutions (configurations), developed on this platform. This approach allows you to automate a variety of activities, using a complex technology platform.

"1C" produces limited edition application solutions designed to automate common tasks of accounting and management in commercial enterprises of real sector and budget organizations. Each software product combines the use of standard solutions (common to all or several of

the programs) and the maximum consideration of the specific tasks a specific industry or type of business activity.

Consider the main advantages and disadvantages of "1C". The advantages of this program include the following:

1. You can lead all types of existing accounting and tax accounting.

2. Today, "1C" is one of the most versatile accounting software that can be used in a variety of organizations. This program can be modified for specific needs of the business. Such flexibility "1C:" can be solved with the help of a variety of tasks.

3. "1C" is ideally suited for the Russian legislation and makes it easy to adapt to changing on a regular basis in our country's laws and requirements officials. The developers of "1C" is following all the changes in tax laws and promptly update the reporting forms in the program.

4. The program "1C" has high performance, which makes it possible to solve the most difficult tasks.

5. Together with "1C", you can use MS SQL Server.

Unfortunately, the "1C" has a number of shortcomings, which include the following:

1. In most cases, the program must be upgraded to solved all tasks. Every enterprise is unique and needs individual solutions for the automation of business processes (including the automation of accounting and tax accounting).

2. When you changes another program to "1C" you can find serious difficulties in transferring information from one database to another (much of the information often have to move by hand).

3. The "1C" is difficult to find mistakes during the process of reduction of documents.

4. The program "1C" is quite complicated to use and requires special user training.

The main advantage of 1C "Enterprise" is that it laid a convenient way to work with documents. For each document spelled out the necessary wiring. At the same time, a significant drawback of this program is that it changed the settings to introduce new forms and reports, modify the documents is possible only through the configurator, the principle of action which accountants often do not know. Updating the program with a dealer, the company will have additional costs. Thus, when we acquire 1C, the enterprise becomes dependent on the provider of the program. So often companies have to have a programmer in the staff, serving 1C.

According to the principle of the program "Sail-Enterprise" is similar to 1C "company", but the

difference lies in the fact that all printed documents and reports in "Sail" are displayed in a spreadsheet Excel, which allows the accountant to easily correct the form and content of existing reports, as well as create a new program documents and reports. The program "Sail" is easily maintained the confidentiality of information. Also you can create accounts and subaccounts that are not included in the balance in this program. Although this record is very dangerous, because any checks can require a base to work, where you can see all the secrets of the company. Disadvantages of the "Sail":

1. Free access to the Configurator allows you to bring down the settings easily. Icons appear "VALUE" and "false" instead of the required numbers because the documents are formed in the tables Excel.

2. The further work on the settings falls to accountant

The disadvantages of both programs (1C and Sail) are that they do not take into account the peculiarities of brokering - commissions, freight forwarding services, etc. Thus, accounting information technology alternatives in the medium term, as the accountants and managers have not, despite on the existing problems of automating the processing of accounting information. And this applies to businesses of all sizes and industries. The only question is which option to choose the automation, how and with whom to implement it and how much it will cost. Despite the fact that "1c" is more expensive than a sail. "1c" more commonly used in the market. Confirmation may be the following statistics:

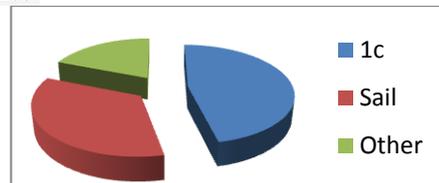


Fig. 1. Using of ERP-Systems

#### References

1. [www.parus.ru](http://www.parus.ru)
2. [www.1cbit.ru](http://www.1cbit.ru)
3. Radchenko, 1C: Enterprise 8. Developer Toolkit. Examples and sample techniques
4. Goncharov, The decision of special applications in the "1C: Enterprise 8.2". A series of "1C: Professional development"

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТРЕХФАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ 3DVIA COMPOSER

Кудряшова В.В., Панышин Г.Л.

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет  
[kvv91@sibmail.com](mailto:kvv91@sibmail.com)

### **Введение**

Современной мировой тенденцией в процессе образования является использование в учебном процессе электронных ресурсов, таких как, книга, учебник, статья, методическое пособие, что позволяет студенту с большим интересом и пользой изучать учебный предмет.

У большинства студентов в процессе прочтения печатного методического пособия возникают проблемы в понимании того, как работает лабораторная установка

Лабораторные установки, которые содержат в себе электродвигатели, электрические машины, электромагнитные реле, при изучении являются слишком сложными в понимании для студентов.

В настоящее время учебные учреждения нуждаются во внедрении современных информационных технологий в методические указания. Для решения вышеописанной проблемы предлагается осуществить визуализацию физических процессов и пояснений принципов работы оборудования лабораторной установки с помощью 3D-программ.

### **Разработка**

Исследуемая лабораторная работа, посвященная устройству трехфазного асинхронного двигателя и изучению методов и средств управления, часто вызывает проблемы в осмыслении студентами материала, такого как, работа электродвигателя, процесс преобразования энергии в электрических машинах, строение трехфазного асинхронного двигателя, принцип действия асинхронного и синхронного двигателей. Учитывая все вышесказанное, была сформулирована цель работы – разработка электронного методического пособия к лабораторной установке с принципом действия асинхронных двигателей и управления ими с помощью частотных преобразователей.

Сегодня для разработки интерактивного пособия применяются разные программные продукты, одним из лучших и современных является 3DVIA Composer. Это универсальный инструмент для создания интерактивной технической документации на проектируемые изделия. Благодаря удобной и функциональной системе разработки мультимедийного контента 3DVIA Composer автоматизирует процедуры сборки/разборки изделия, создания технических иллюстраций, интерактивных 3D-анимаций, обучающих руководств, каталогов продукции и

т.д. Также этот продукт позволяет быстрее обновлять и превращать существующие 3D-данные проектирования в высококачественную отчетную документацию, включающую тексты, технические иллюстрации, анимации и интерактивные 3D-опыты. Благодаря поддержке широкого диапазона форматов файлов, 3DVIA Composer позволяет работать с продуктом целиком, даже если он был создан в различных САД-системах.[1]

Среди огромного множества программных продуктов для разработки конструктивных элементов, сборки и изделий наиболее оптимальным средством проектирования является программный комплекс SolidWorks в силу удобства и доступности интерфейса пользователя, в котором создавалась компьютерная модель лабораторной установки. Основное назначение SolidWorks – это обеспечение сквозного процесса проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения, включая создание интерактивной документации и обеспечение обмена данными с другими системами.

Немаловажным также является тот факт, что оба программных пакета SolidWorks и 3DVIA Composer являются продуктами деятельности одной крупной компании Dassault Systems, ввиду чего обеспечивается максимально корректное взаимодействие трехмерного объекта, созданного средствами SolidWorks с пакетами приложений 3DVIA Composer. [2]

С помощью правильно реализованного лабораторного практикума в программе SolidWorks, а затем отредактированного в программном продукте 3DVIA Composer, студент сможет представить работу электродвигателя еще до начала работы со стендом, а это значит, что он сможет лучше изучить лабораторную установку, получить больше знаний и закрепить их.

Целью лабораторной работы является изучение принципа действия асинхронных двигателей и управления ими с помощью частотных преобразователей. [3]

Асинхронные двигатели - это простые в конструктивном отношении и в изготовлении, надежные и самые дешевые из всех типов электрических двигателей. Они не имеют щеточно-коллекторного узла, как у двигателей постоянного тока, либо узла скользящего токосъема, как у генераторов постоянного тока,

что помимо высокой надежности обеспечивает минимальные эксплуатационные расходы. В зависимости от числа питающих фаз различают трехфазные и однофазные асинхронные двигатели. [4]

На рисунке 1 представлена конструкция асинхронного двигателя.

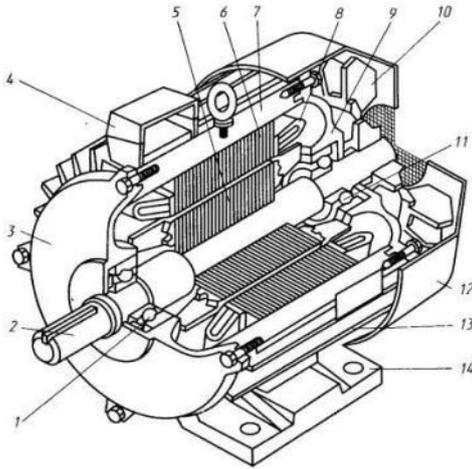


Рис. 1. Общий вид асинхронного двигателя

#### Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд включает в себя:

- ТРМ212 – измеритель – регулятор микропроцессорный;
- I/R – преобразователь нормирующий температуры программируемый НПТ1;
- ПЛК110 – программируемый логический контроллер ПЛК110-220.32.P/L;
- ПЧВ – преобразователь частоты векторный;
- АД – асинхронный двигатель;
- ЭП – эмулятор печи;
- ТСМ 50М - термосопротивление медное, градуировка 50М;
- SF1, SF2 – выключатель автоматический. [5]

На рисунке 2 представлена схема лабораторной установки.

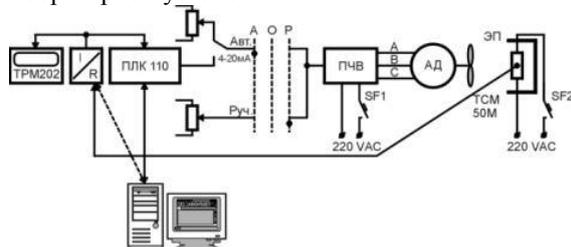


Рис. 2. Структурная схема лабораторного стенда

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- изучить существующее методическое пособие по данной лабораторной работе;
- изучить лабораторный стенд, подробно ознакомиться с принципом действия каждого элемента, компоновкой и назначением;

- изучить механизм создания 3D-моделей и работы с САПР SolidWorks в решении производственных задач;

- ознакомиться с инструментом для создания интерактивной технической документации – 3DVIA Composer;

- создать 3D-макет лабораторного стенда «Управление трёхфазным электроприводом изучение методов и средств управления»;

- спроектировать и реализовать электронное методическое пособие с применением 3DVIA Composer.

#### Заключение

В результате выполнения учебно-исследовательской работы была создана электронная версия лабораторного стенда в программе SolidWorks, затем в программном продукте 3DVIA Composer были созданы 3D-иллюстрации и демонстрационные ролики, показывающие, как работают те или иные части установки. Также, с помощью данных программных пакетов было создано методическое пособие по лабораторному стенду, по которому студенты будут пользоваться, вследствие чего им будет проще и интереснее разобраться с лабораторным стендом, с успехом выполнить лабораторную работу и улучшить свои знания по данному предмету.

Внедрение данного методического пособия в учебную программу студентов планируется в 2013 году. На сегодняшний день методическое пособие находится в стадии апробации.

#### Литература

1. 3DVIA Composer [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.3ds.com/ru/products/3dvia/3dvia-composer/portfolio/3dvia-composer/>, свободный.
2. DSS SolidWorks Russia [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.solidworks.ru/>, свободный.
3. Методическое указание к выполнению лабораторной работы «Управление трёхфазным электроприводом изучение методов и средств управления» ТПУ. Томск 2012 г.
4. Брускин Д. Э. и др. Электрические машины и электромшины. Учебное пособие для приборостроительных специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1971, 432 с. с ил.
5. Фарзани Н. Г., Ильясов Л. В., Азим-заде А. Ю. Технологические измерения и приборы: Учебник для студентов вузов по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств». – М.: Высшая школа, 1989. – 456 с.: ил.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ГРУЗОВ

Курганкин В.В., Замятин В.М.

Томский политехнический университет  
[kurgankin@sibmail.com](mailto:kurgankin@sibmail.com)

### Введение

Важной проблемой развития подъемно-транспортного машиностроения является повышение точности работы подъемно-транспортного оборудования, для решения которой требуется создание систем автоматического гашения колебаний груза и увеличение диапазона регулирования скоростей и т.п.

Управление подъемно-транспортным оборудованием осуществляется в основном тремя способами: оператором из кабины, с помощью проводного кнопочного пульта, а так же при помощи беспроводного пульта дистанционного радиоуправления.

В данной работе рассматривается интеллектуальное устройство позиционирования грузов, в котором используется принципиально новый способ управления перемещением грузов, основанный на принципе обезвешивания. Суть способа заключается в следующем. Оператор задает траекторию перемещения груза в пространстве при помощи усилия, приложенного непосредственно к грузу, направленного в сторону заданной траектории перемещения. Система управления, реализованная в устройстве, на основе данных о величине и направлении прикладываемого оператором усилия формирует управляющие сигналы на исполнительные механизмы устройства, тем самым, перемещая груз в пространстве по заданной траектории.

### Описание устройства

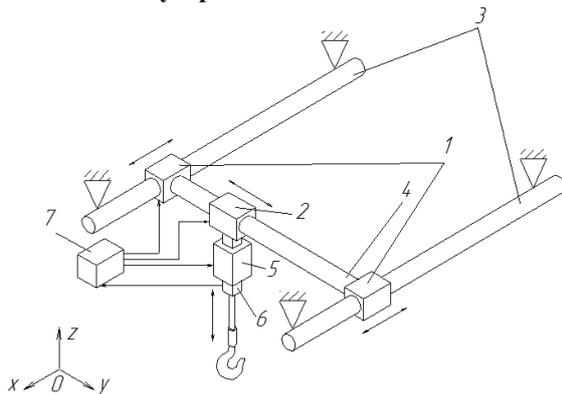


Рис. 1. Принципиальная схема устройства перемещения грузов

Принципиальная схема устройства перемещения грузов представлена на рис. 1. Блоки 1, 2, представляющие собой каретки с приводами, позволяют перемещать груз в горизонтальной плоскости по направляющим 3 и 4. Блок 5 представляет собой привод, который перемещает груз в вертикальном направлении.

Блок управления 7, на основе сигналов поступающих с блока датчиков 6, формирует управляющие воздействия на приводы устройства, тем самым, перемещая груз в пространстве. В состав блока датчиков 6 входят 2 датчика отклонения троса от вертикали и 1 датчик натяжения троса. Один из датчиков отклонения регистрирует отклонение троса от вертикали в плоскости  $xOz$ , второй – в плоскости  $yOz$ .

### Система управления устройством перемещения грузов

Оператор задает траекторию перемещения груза  $M$  (рис. 2) в пространстве при помощи усилия, приложенного непосредственно к грузу  $M$ , тем самым, изменяя углы  $\varphi$  и  $\psi$  отклонения троса от вертикали и силу натяжения троса  $T = |\vec{T}|$ .

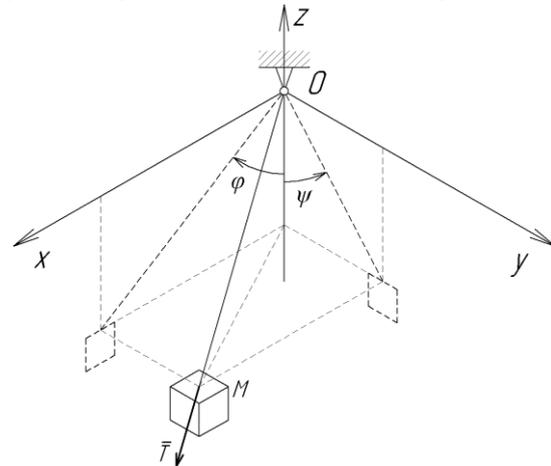


Рис. 2. Измеряемые параметры

Система управления, реализованная в устройстве, на основе данных о величине отклонения груза и величине натяжения троса формирует управляющие сигналы на приводы устройства, тем самым, перемещая груз в пространстве по заданной траектории в заданную точку.

Формально процедура перемещения груза устройством выглядит следующим образом:

- 1) груз цепляется к тросу;
- 2) груз перемещается системой управления в рабочую зону оператора, при этом формируется векторы входных и выходных данных объекта;
- 3) идентификация объекта управления в форме передаточных функций (ПФ) на основе векторов, полученных в п. 2;
- 4) система управления синтезирует регуляторы для управления перемещением груза;
- 5) оператор при помощи непосредственного приложения усилия к грузу позиционирует последний в заданную точку пространства;

б) трос отцепляется от груза.

Объект управления может быть представлен в виде структурной схемы (рис. 3).

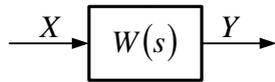


Рис. 3. Структурная схема объекта

Здесь 
$$X = \begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} \varphi(t) \\ \psi(t) \\ T(t) \end{bmatrix} -$$

матрицы входных и выходных сигналов объекта;

$$W(s) = \begin{bmatrix} W_{\dot{x}\varphi}(s) & W_{\dot{y}\varphi}(s) & W_{\dot{z}\varphi}(s) \\ W_{\dot{x}\psi}(s) & W_{\dot{y}\psi}(s) & W_{\dot{z}\psi}(s) \\ W_{\dot{x}T}(s) & W_{\dot{y}T}(s) & W_{\dot{z}T}(s) \end{bmatrix} -$$

матрица ПФ каналов.

Процедура идентификации (см. п. 3) происходит следующим образом. Система управления формирует тестовый сигнал, при котором груз перемещается в рабочую зону. В результате формируются векторы входных и выходных данных объекта. С помощью этих данных на основе метода вещественного интерполяционного преобразования (см. [1, 2]) происходит идентификация объекта – формирование матрицы ПФ  $W(s)$ .

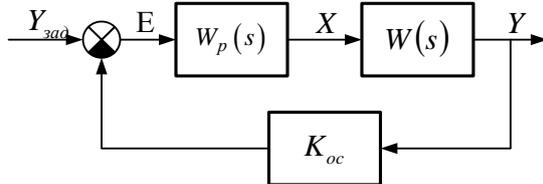


Рис. 4. Структурная схема системы управления

Система управления перемещением грузов может быть представлена в виде структурной схемы (рис. 4).

Здесь 
$$Y_{\text{зад}} = [\varphi_{\text{зад}}(t) \quad \psi_{\text{зад}}(t) \quad T_{\text{зад}}(t)]^T$$

– матрица задающих воздействий;

$$K_{\text{ин}} = [K_{\varphi} \quad K_{\psi} \quad K_T]^T - \text{матрица}$$

коэффициентов обратных связей;

$$E = [\Delta\varphi(t) \quad \Delta\psi(t) \quad \Delta T(t)]^T - \text{матрица}$$

сигналов ошибок;

$$W_p(s) = \begin{bmatrix} W_{\varphi\dot{x}}(s) & W_{\varphi\dot{y}}(s) & W_{\varphi\dot{z}}(s) \\ W_{\psi\dot{x}}(s) & W_{\psi\dot{y}}(s) & W_{\psi\dot{z}}(s) \\ W_{T\dot{x}}(s) & W_{T\dot{y}}(s) & W_{T\dot{z}}(s) \end{bmatrix} -$$

матрица ПФ регуляторов.

При функционировании системы  $\varphi_{\text{зад}}(t) = 0$ ,  $\psi_{\text{зад}}(t) = 0$  и  $T_{\text{зад}}(t) = T_0$ , где  $T_0$  – натяжение троса

в момент времени, когда система с грузом находится в покое.

Для выполнения необходимого условия функционирования системы  $E \rightarrow [0]$  проводится синтез регуляторов, основанный на принципе динамической компенсации, который в необходимом объеме изложен в [3]. Для решения задачи синтеза необходимо иметь математическую модель объекта управления  $W(s)$  и желаемые ПФ системы  $W_{\text{жс}}(s)$ .  $W(s)$  находится в результате решения задачи идентификации объекта. Алгоритмы формирования желаемых ПФ основаны на методе Коновалова-Огурка, который в необходимом объеме изложен в работе [4]. Желаемые ПФ системы  $W_{\text{жс}}(s)$  должны быть определены оператором перед началом работы на основе требований, предъявляемых к системе.

#### Заключение

В данной работе представлены общее описание интеллектуального устройства позиционирования грузов, в котором используется принципиально новый способ управления перемещением грузов, основанный на принципе обезвешивания, а так же методика построения системы управления для данного устройства. Важной отличительной особенностью предлагаемой системы управления является адаптация ее к изменяющимся параметрам груза (например, масса) и системы в целом (например, изменение длины и массы троса).

Реализация данного устройства позволяет облегчить оператору формирование траектории перемещения груза, а также повысить точность его позиционирования путем непосредственного контроля выполнения операций.

#### Литература

1. Вещественный интерполяционный метод в задачах автоматического управления / А. С. Алексеев, А. А. Антропов, В. И. Гончаров, С. В. Замятин, В. А. Рудницкий. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 217 с
2. Курганкин В.В., Замятин С.В., Алексеев А.С. Применение встраиваемых систем управления для решения задачи идентификации // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 5. С. 39–42.
3. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.3: Синтез регуляторов систем автоматического управления / Под ред. Пупкова К.А. и Пупкова Н.Д. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.
4. Анализ и оптимальный синтез на ЭВМ систем управления / Под ред. Воронова А.А. и Огурка И.А. М.: Наука, 1984.

## РАЗРАБОТКА МАКЕТА МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ В НЕИЗВЕСТНОЙ СРЕДЕ

Курганов С.М.

Томский политехнический университет  
[skurganov92@gmail.com](mailto:skurganov92@gmail.com)

### Цель работы

Одной из важных проблем современной робототехники, является полная автоматизация и автономность роботов и робототехнических систем.

В настоящее время актуальной задачей является создание автопилота для автомобилей. Изначально автопилоты разрабатывались исключительно для использования в авиации, но в дальнейшем системы автоматического управления перешли и на наземные транспортные средства (ТС).

Первоочередной задачей для бортовой системы ТС, является адаптация в условиях постоянно изменяющейся среды.

Особое внимание следует уделить разработке алгоритмов движения ТС при движении по шоссе, в городских условиях и при выполнении парковки.

### Постановка задачи

Основной задачей данного проекта является создание макета мобильного робота (МР), тестирование и отладка различных алгоритмов поведения МР в лабораторных условиях. Особое внимание в работе уделено алгоритмам перемещения робота в изменяющейся среде.

### Решение

#### Описание алгоритма

Для решения поставленной задачи в качестве мобильного робота было выбрано шасси Wild Thumper 6WD с контроллером коллекторного двигателя фирмы DAGU (рис. 1). Программирование алгоритмов будет осуществляться с использованием специальной операционной системы для роботов ROS (Robot Operating System), на языке C++ [1].



Рис. 1. Wild Thumper 6WD

В качестве датчиков для распознавания объектов внешней среды используются: сенсор Kinect фирмы Microsoft (рис 2) [2], несколько ультразвуковых датчиков (рис 3).

Для обработки информации получаемой с установленных на МР датчиков будет использоваться персональная вычислительная станция.



Рис. 2. Сенсор Kinect



Рис. 3. Ультразвуковой сенсор

Рассмотрим различные алгоритмы движения МР:

#### А) Движение по шоссе

Данный алгоритм является одним из самых простых для реализации.

Робот движется в указанном направлении либо вдоль прямой, основной сбор информации ведется с сенсора Kinect, полученная информация позволяет МР двигаться вдоль определенной траектории. Также, одновременно, идет получение данных с ультразвуковых датчиков расположенных по периметру шасси, позволяющих определять положение в полосах, и держаться крайней правой полосы, вблизи от бортов. Если Kinect определяет препятствие, находящееся на пути ТС, то подается команда на выполнение обгона, которая выполняется в том случае, если датчики, расположенные по периметру не обнаруживают никаких дополнительных препятствий. В противном случае, робот снижает скорость до момента пока дополнительные препятствия, не будут создавать каких-либо помех.

#### Б) Городские условия

Движение ТС в городских условиях является наиболее сложной задачей, но и самой необходимой в настоящее время.

Алгоритм движения в городских условиях не будет сильно отличаться от движения по шоссе. Поэтому мы просто улучшим его, добавив такие возможности как, невысокая скорость езды, распознавание дорожных знаков (Пример: снижение скорости перед пешеходным

переходом), определение типа препятствия на дороге (Полная остановке при распознавании человека или выполнение обгона при заторе) и много других важных деталей. Все эти функции, также будет выполнять Kinect.

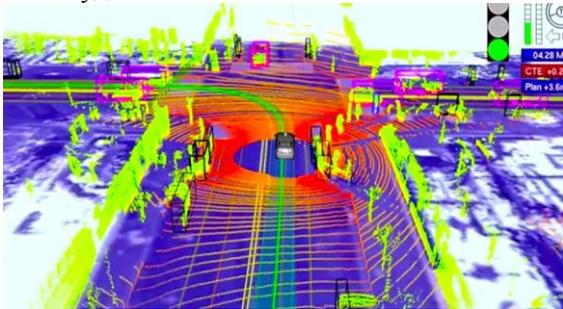


Рис. 4. Пример реализации алгоритма по перемещению в городе

#### В) Параллельная парковка

Существует множество полуавтоматических систем помогающих выполнить данное действие. Но в настоящее время ни одна крупная автомобильная компания не выпускает автомобили с полностью автоматической парковкой.

В данном проекте будет реализован метод выполнения маневра, основанный на переборе возможных траекторий в зависимости от угла поворота колес ТС рис. 4. Результатом работы будет являться реализованный алгоритм автоматической параллельной парковки для использования в реальных условиях. Реализуемый в системе ROS алгоритм минимизирует возможные ошибки о положении робота в пространстве [3].

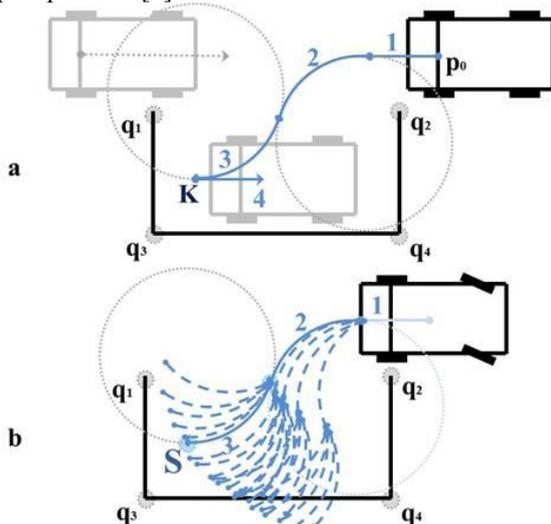


Рис. 5. Иллюстрация маневра парковки робота

#### Выводы:

Исследование проблем и разработка методов навигации мобильных роботов в незнакомой среде может внести большой вклад в развитие теории искусственного восприятия (техническое зрение и т.п.), распознавание образов, навигации и адаптивного управления движением мобильных роботов при наличии динамических ограничений и неизвестных препятствий.

Первоочередной задачей является создание именно автопилота для транспортных средств передвигающихся в городских условиях, но в дальнейшем, в отличие от узкоспециализированных разработок Google и автопроизводителей, в данном проекте будет поставлена более широкая задача — создать универсальный «мозг», способный управлять не только легковыми автомобилями, но и самой разнообразной техникой. Существует огромное множество применений: автомобильная техника, которая используется на угольных и рудных карьерах, сельскохозяйственную технику, машины-роботы, которые перевозят грузы на складе или где-то на производстве и многое другое.

#### Литература:

1. Сайт поддержки разработчиков по ROS [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ros.org/wiki/>, свободный.
2. Kinect — продвинутый датчик для роботов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/108927/>, свободный.
3. Параллельная парковка задним ходом [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://autoshpilka.ru/forum/viewtopic.php?t=1073>, свободный.

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЛИВА КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ

Лугина О.А., Ефимов С.В., Курганкин В.В.

Томский политехнический университет  
[LOA1301@yandex.ru](mailto:LOA1301@yandex.ru)

### Введение

Растения составляют неотъемлемую часть бытового окружения человека. И постоянно требуют внимания и ухода. Для того чтобы они всегда радовали глаз человека помогут устройства автоматического полива.

Автоматическая система полива – это инженерно-технический комплекс, позволяющий выполнять автоматический полив растений по заданному графику более качественно и профессионально, чем при ручном поливе. Задача человека сводится к выбору требуемого режима автоматического полива и своевременному наполнению резервуара. Основная работа же осуществляется системой управления. Это приводит к сокращению трудозатрат человека, направленных на ухаживание за комнатными растениями, а также созданию наиболее благоприятных условий для их существования.

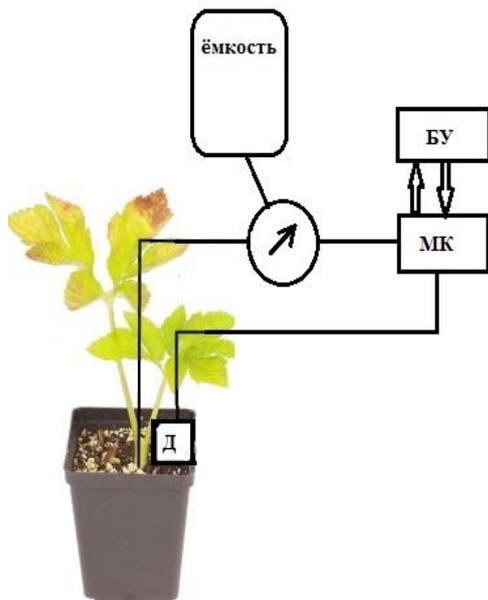


Рис. 1. Структурная схема автоматического полива

Структурная схема системы управления, включающая механизм своевременной подачи воды в горшки с цветами при снижении уровня влажности почвы ниже заданного значения, приведена на рис. 1. Система полива растений состоит из следующих узлов

- ёмкости для воды;
- электрического насоса;
- микроконтроллера (МК);
- датчика влажности (Д);
- блока управления (БУ).

Исполнительным механизмом является электрический насос, а основным элементом автоматизации – датчик влажности почвы. Первоначально построение системы управления обеспечивалось за счет использования таймера, обеспечивающего подачу дозированной порции воды. Однако такое построение системы управления не обеспечивает корректировку графика полива. Однако влияние таких факторов как снижение температуры воздуха или изменение его влажности ведет к необходимости более частого полива растений.

В промышленности используют три типа датчиков влажности: емкостные, резистивные и теплопроводящие. Каждый из этих видов датчиков имеет как преимущества, так и недостатки. Например, принцип действия емкостных датчиков основан на том, что при изменении влажности изменяется диэлектрическая константа. К преимуществам таких датчиков можно отнести их стойкость к появлению конденсата, также возможно взаимозаменяемость при лазерной обработке. Принцип действия теплопроводящих датчиков основан на изменении теплопроводности между сухим воздухом и воздухом, содержащим водяные пары. Достоинством этих датчиков является возможность работы при высокой температуре и коррозионной среде, однако, эти датчики имеют наиболее высокую стоимость. Если вести речь о резистивных датчиках влажности, то его действие основано на изменении величины сопротивления при изменении влажности. К достоинствам подобных датчиков стоит отнести невысокую стоимость, возможность проведения удаленного измерения и взаимозаменяемость [2].

На основе проведенного анализа предпочтение отдано резистивному датчику измерения влажности.



Рис. 2. Схема резистивного датчика влажности

На рис. 2 изображена его схема. Резистивный датчик влажности состоит из двух электродов нанесенных на подложку, а сверху этих электродов наносится слой материала с достаточно низким сопротивлением – это сопротивление сильно зависит от влажности.

Таким материалом может являться оксид алюминия. Этот материал хорошо поглощает воду, отчего меняется его удельное сопротивление. В итоге общее сопротивление этого датчика будет зависеть от влажности, а по величине протекающего тока судят об уровне влажности [3].

При уменьшении влажности сопротивление между электродами увеличивается, и микроконтроллер вырабатывает сигнал на электронасос, который качает необходимый объем воды из резервуара.

Для решения поставленной задачи используется автомобильный насос стеклоомывателя, напряжение питания которого составляет 12 В [1].

Блок управления состоит из дисплея и клавиатуры, и его основное назначение задание программы полива растений, выбор режимы полива и т.д.

Главным органом управления является микроконтроллер. На сегодняшний день существует более 200 модификаций. Однако все эти виды можно разделить на три основных типа:

- 8 – разрядные микроконтроллеры;
- 16 и 32 – разрядные микроконтроллеры;
- Цифровые сигнальные процессоры (DSP).

В 8-разрядных микроконтроллерах присутствуют все необходимые ресурсы (память, устройства ввода-вывода и т.д.). Основное назначение таких микроконтроллеров обеспечение программируемого управления объектами и связь с внешними устройствами с помощью недорогих средств. Эти микроконтроллеры не предназначены для реализации комплекса сложных функций, но они способны обеспечить эффективное управление во многих областях применения [4].

16 и 32 – разрядные микроконтроллеры используют только внешнюю память. Применение этих микроконтроллеров обычно требует большого объема памяти и небольшого количества устройств ввода/вывода. Внешняя память дает возможность такому микроконтроллеру работать с более

высокой скоростью, чем встраиваемый 8 – разрядный микроконтроллер [4].

Назначение DSP состоит в том, чтобы получать текущие данные от аналоговой системы и формировать соответствующий отклик. Процессоры DSP часто используются в активных микрофонах [4].

Из ряда представленных микроконтроллеров целесообразно выбран 8-разрядный микроконтроллер STM8. Данный выбор обусловлен, низкой стоимостью, доступностью и дальнейшей пригодностью. Задача этого контроллера вырабатывать управляющие воздействия на электрический насос.

#### **Заключение**

В работе рассмотрены принципы построения системы автоматического управления поливом растений. Проведен сравнительный анализ оборудования: датчиков влажности и микроконтроллеров, позволяющих решить поставленную задачу. На базе выбранного оборудования построена система управления.

Следующий шаг, направленный на модернизацию разработанной системы управления – разработка удаленного интерфейса управления системой полива комнатных растений.

#### **Литература**

1. Автомат полива домашних растений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.s-led.ru/966-avtomat-poliva.html#>
2. Как выбрать датчик влажности [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sensorica.ru/docs/art3.shtml>
3. Датчики измерения влажности (гигрометры) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.devicesearch.ru/article/datchiki-vlajnosti#rezistivnie>
4. Микроконтроллеры [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://epu.ref.nstu.ru/~mikerin/private/Predko\\_HTML/GL\\_1.htm#паз\\_тип\\_микр](http://epu.ref.nstu.ru/~mikerin/private/Predko_HTML/GL_1.htm#паз_тип_микр)

## **ВНЕДРЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Макеева В.А.

Томский политехнический университет  
[makeevavi@gmail.com](mailto:makeevavi@gmail.com)

В настоящее время, технологии беспроводной передачи данных получают все большую популярность, как в области потребительской электроники, так и в области промышленных систем. Такие технологии связи, как Wi-Fi и Bluetooth теперь являются неотъемлемой частью повседневной жизни. Высокоскоростные технологии Wi-Fi, Wi-Max, Bluetooth, Wireless

USB предназначены в первую очередь для обслуживания компьютерной периферии и мультимедиа устройств. Они оптимизированы для передачи больших объемов информации на высоких скоростях, при этом они энергозатратны и плохо применимы для решения промышленных задач, в частности задач автоматизации производства.

Наиболее актуальной проблемой комплексной автоматизации промышленности сегодня, является организация обмена информацией на основе единой масштабируемой и высокопроизводительной сети.

При выборе беспроводной технологии для сетей промышленного применения важную роль играют следующие факторы:

- интенсивность обмена данными на полевом уровне;
- возможность использования автономных источников электропитания большой емкости;
- топологию построения радиосети. [1]

Для внедрения беспроводных сенсорных сетей в область автоматизации производства относительно недавно был разработан стандарт беспроводной связи ZigBee. Данный стандарт изначально разрабатывался с ориентацией на промышленные применения с учетом основных требований к сетям передачи данных [статья мсит].

Сегодня разработка сенсорных сетей является одним из наиболее перспективных направлений развития технологий связи в промышленности.

Беспроводная сенсорная сеть – это распределённая, самоорганизующаяся сеть множества миниатюрных вычислительно-коммуникационных устройств – мотов (сенсоров), объединенных между собой посредством радиоканала. Мот представляет собой плату размером, обычно, не более одного кубического дюйма. Благодаря развитию современной микроэлектроники появилась возможность размещения на плате процессора, памяти (оперативной и постоянной), цифроаналоговых и аналого-цифровых преобразователей, радиочастотного приемопередатчика, источника питания и датчиков. Датчики могут быть самыми разнообразными, например: температуры, давления, влажности, освещенности, вибрации и т.д.; они подключаются через цифровые и аналоговые коннекторы. Набор применяемых датчиков зависит от функций, выполняемых беспроводными сенсорными сетями. Питание мота осуществляется от небольшой батареи.

Беспроводные сенсорные сети отличаются от других типов сетей более низкой скоростью передачи данных, поскольку предназначены для передачи небольших объемов трафика и характеризуются сверхнизким энергопотреблением устройств, большую часть времени находящихся в «спящем» режиме.

Следует выделить некоторые особенности сенсорных сетей:

- способность к самовосстановлению и самоорганизации,
- способность передавать информацию на значительные расстояния при малой мощности передатчиков (путем ретрансляции),

- низкая стоимость узлов и их малый размер,
- минимальные ограничения по размещению беспроводных устройств,
- низкое энергопотребление и возможность электропитания от автономных источников,
- простота установки, отсутствие необходимости в прокладке кабелей для электропитания и передачи данных (благодаря полностью беспроводной технологии и питанию от батарей),
- возможность установки таких сетей на уже существующий и эксплуатирующийся объект без вмешательства в процесс функционирования,
- надежность и отказоустойчивость всей системы в целом, при нарушении отдельных соединений между узлами сети.

- низкая стоимость монтажа, пусконаладки и технического обслуживания.[2]

Данные преимущества беспроводных сенсорных сетей перед имеющимися проводными сетями передачи данных обуславливают высокий интерес ученых и различных компаний, работающих в сферах автоматизации, телеметрии и т.д.

#### **Внедрение беспроводных сенсорных сетей**

В настоящее время в России внедрением беспроводных систем на базе сенсорных сетей, занимается институт точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева РАН - научно-исследовательский институт в области информационных технологий, вычислительной техники и микроэлектроники (ИТМиВТ).

ИТМиВТ разрабатывает законченные коммуникационные комплексы, основанные на использовании беспроводных сенсорных сетей. Данные комплексы создаются для решения задач по автоматизации и мониторингу технологических процессов в предприятиях нефтяной отрасли. Они размещаются на участке между управляющей системой заказчика SCADA и технологическим процессом, над которым необходимо осуществлять мониторинг.

Основным компонентом предлагаемых беспроводных систем, является узел беспроводной передачи данных (УБПД). Из таких узлов можно разработать сеть любого масштаба. Возможность подключения УБПД к различным видам датчиков делает систему универсальной. В состав типовой системы с использованием УБПД входит:

- координатор сенсорной сети – главный элемент сенсорной сети, в который стекается информация со всех датчиков и через который поступает в SCADA-систему;
- узел беспроводной передачи данных УБПД;
- OPC – сервер сенсорной сети.[3]

Основным назначением УБПД является сбор и первичная обработка информации, обмен

данными с вышестоящим уровнем, создание беспроводной среды приема-передачи данных.

ИТМиВТ предлагает следующие области применения сенсорных сетей в нефтяной промышленности:

- Автоматизация объектов цеха добычи нефти и газа (ЦДНГ) на базе УБПД
- Автоматизация нефтяных скважин на основе УБПД
- Автоматизация АГЗУ
- Автоматизация и телемеханизации цеха поддержания пластового давления (ЦППД)
- Автоматизация нагнетательных станций
- Автоматизация установок предварительного сброса воды
- Контроль утечек трубопроводов;

Помимо ИТМиВТ на Российском рынке разработкой беспроводных сенсорных сетей занимается компания «МешЛоджик». Данная компания является не только разработчиком, но и производителем оборудования и программного обеспечения для построения беспроводных систем связи и телеметрии на основе собственной аппаратно-программной платформы MeshLogic.

Разработчики компании MeshLogic создали пилотные версии беспроводных систем для ряда актуальных задач. Например, был создан беспроводной узел, к которому подключаются счетчики холодной и горячей воды с импульсным выходом. Он используется для организации автоматизированного сбора показаний с индивидуальных счетчиков воды.

Также разрабатываются беспроводные сенсорные сети для систем «Умный дом». Обосновано это тем, что часто на этапе проектирования точное месторасположение датчика неизвестно либо после проведения отделочных работ заложенные кабели

оказываются поврежденными, поэтому во многих случаях оправдано применение беспроводной связи. [4]

#### Заключение

Беспроводные сенсорные сети имеют множество преимуществ перед уже существующими проводными сетями. Именно поэтому сегодня многие компании, работающие в области автоматизации промышленных объектов задумываются о применении такой технологии передачи данных. Однако это стремление во многом сдерживается недостатком информации о возможности беспроводных сетей и о современных коммерческих решениях в этой области.

Однако постоянное совершенствование беспроводных сетей в скором времени вытеснит устаревшие технологии.

#### Литература

1. Технология сенсорных сетей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ipmce.ru/custom/sensornetworks/technology/>, свободный.
2. Беспроводные системы мониторинга [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ipmce.ru/custom/sensornetworks/>, свободный.
3. Беспроводные сенсорные сети в системах промышленной автоматизации [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://isca.su/eng/index.php?option=com\\_content&task=view&id=62&Itemid=68](http://isca.su/eng/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=68), свободный
4. MeshLogic. Интеллектуальные беспроводные сенсорные сети [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.meshlogic.ru/data/publications/ML-Module-Z\\_App.pdf](http://www.meshlogic.ru/data/publications/ML-Module-Z_App.pdf), свободный

## СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ ВИДЕОКАМЕРЫ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРА.

Мороз Ю.С., Тутов И.А.

Томский политехнический университет  
[moroz\\_yurii@sibmail.com](mailto:moroz_yurii@sibmail.com)

#### Введение

В современной робототехнике востребовано наличие у робота умения ориентироваться в окружающей среде (например, распознавание объектов) наравне с человеком или лучше его. Реализовать эту возможность позволяет открытая библиотека компьютерного зрения под названием **OpenCV** (*Open Source Computer Vision Library*). Библиотека обладает развитым и удобным функционалом. Её использование позволяет решить широкий круг задач по обработке изображений с минимальными временными затратами на разработку приложения.

#### Описание работы системы

На рисунке 1 представлена схема взаимодействия элементов системы.

Главным вычислительным центром служит компьютер (см. поз. 2 на рис. 1), чьей задачей является считывание визуальной информации (видеопотока с веб-камеры (поз. 1)) и дальнейшая её обработка. Компьютер вычисляет координаты необходимого нам объекта, которые передаются на микроконтроллер (поз. 3), который в свою очередь управляет вращением веб-камеры в 2-ух степенях свободы (состоящий из приводов (4), подвижной платформы (5), камеры (1)), чьей

задачей является наведение на найденный по шаблону объект (центр масс объекта должен совпасть с главной оптической осью камеры).

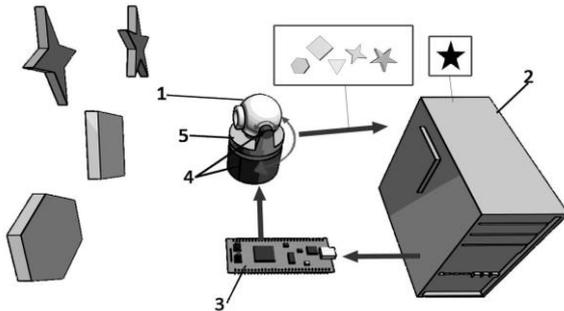


Рис. 1.Схема системы

Под обработкой подразумевается первичная обработка изображения различными фильтрами (например такими как, размытие Гаусса-Gaussian Blur и преобразование в серый тона (рис. 3) для уменьшения шума и выделения признаков, необходимых для поиска объекта на изображении по заданному шаблону (рис. 2).

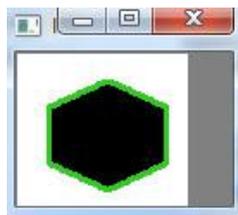


Рис. 2.Окно с шаблоном

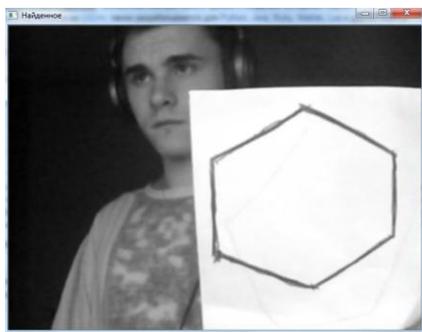


Рис. 3.Кадр видео, преобразованный из RGB в серый оттенок и обработанный размытием по Гауссу

Далее показаны стадии обработки изображения для метода сравнения моментов контуров исходного изображения с контуром шаблона.

Предварительно на изображении выделяются контуры по алгоритму Кенни (Canny), и изображение становится бинарным (рис. 4).

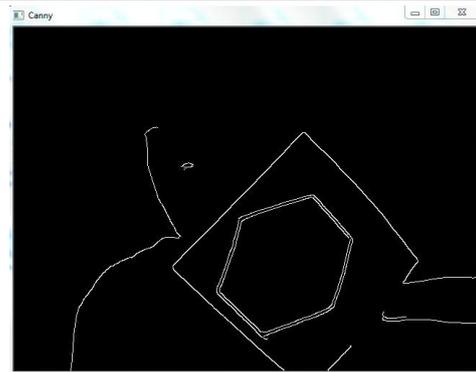


Рис. 4. Кадр видео, обработанный алгоритмом Кенни

После чего можно приступить к поиску контуров и выделению их в отдельные объекты (В коде, написанном на C++, они представляют собой структуры - CvSeq).



Рис. 5.Выделение найденного объекта

На рис. 5 программа автоматически закрашивает площадь внутри контура, наиболее подходящего под контур шаблона.

Следующей задачей стал поиск способа наведения камеры на цель. В итоге был выбран алгоритм, при котором на микроконтроллер не требовалось передавать координаты объекта, а всего лишь информацию о том, в какое направление двигаться и когда останавливаться.

В основе этого метода лежит условие того, что главная оптическая ось камеры должна совпадать центром масс объекта. Главной оптической оси соответствует центр изображения с веб-камеры, тем самым достаточно сделать так, чтобы камера поворачивалась по направлению к объекту, пока центр масс объекта не попадет в некую область в центре изображения.

В таком случае в качестве приводов можно будет использовать сервоприводы. Всего их будет два, один отвечает за вращение в горизонтальной плоскости, другой в вертикальной (рис. 1).



Рис. 6. Упрощённый алгоритм работы системы.

Идёт считывание кадра из видеопотока, его обработка, вычисляется центр масс найденного по шаблону объекта. Затем программа сверяет совмещён ли центр масс объекта с центром изображения, если «да» - останавливаем (не запускаем) привода и переходим к считыванию следующего кадра из видеопотока, «нет» - программа высчитывает направление, в котором нужно вращаться камеры для совмещения центров изображения и объекта, подаёт команду на контроллер, и тот запускает приводы, после

чего программа переходит к считыванию следующего кадра из видеопотока.

#### Заключение.

В результате проделанной работы была достигнута её цель - создание автоматической системы наведения видеокамеры на основе интегрирования компьютерного зрения и микроконтроллера. В дальнейшем планируется усовершенствование алгоритма распознавания объектов, добавление приспособлений для взаимодействия с окружающей средой (например манипулятор), перенесение всей системы на мобильную платформу.

#### Литература.

1. Gary Bradski, Adrian Kaehler «Learning OpenCV».
2. Noonv. Статьи по OpenCV [Электронный ресурс]  
URL: <http://robocraft.ru>
3. BigObfuscator. Статьи по OpenCV [Электронный ресурс]  
URL: <http://habrahabr.ru>
4. Статьи по микроконтроллеру stm32 [Электронный ресурс]  
URL: <http://easystm32.ru>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГРАФОВ СВЯЗЕЙ

Николаева А.С., Воронин А.В.

Томский политехнический университет  
[alisoid@yandex.ru](mailto:alisoid@yandex.ru)

Развитие и совершенствование машин и механизмов во многом зависит от используемых приводов и в частности от их исполнительных органов. Гидравлические приводы по сравнению с другими имеют небольшие габариты и малую инерционность, что позволяет осуществлять бесступенчатое регулирование скорости исполнительных органов машин и получать достаточно высокий КПД. Главное достоинство гидроприводов в возможности работы в динамических режимах при частых включениях, остановках, реверсах движения или изменениях скорости, причем качество переходных процессов можно контролировать и изменять в нужном направлении [1]. Этим и объясняется обширная область применения гидравлики от строительно-дорожных, землеройных и подъёмно-транспортных машин до авиации, космонавтики и робототехники. Также гидроприводы используются в таких технических машинах, как станки с возвратно-поступательным движением рабочего органа (металлорежущие, шлифовальные, протяжные, строгальные, долбежные, хонинговальные) и кузнечно-прессовые машины.

Исполнительным органом гидропривода является гидравлический цилиндр (или по-другому гидравлический двигатель). Основными деталями гидроцилиндра являются корпус, включающий цилиндр и крышки, поршень со штоком или плунжер, внутренние поверхности этих деталей образуют рабочую камеру. Процесс внутри гидроцилиндра основан на попеременном заполнении его рабочей камеры рабочей жидкостью и вытеснении ее, при этом осуществляется перемещение выходного звена (штока или плунжера). Гидроцилиндры различают по конструкции рабочей камеры: поршневые и плунжерные, по направлению действия рабочей жидкости: одностороннего и двустороннего действия, у которых движение выходного звена под воздействием рабочей жидкости возможно, соответственно, в одном или двух направлениях [1].

Проведем исследование переходных процессов в поршневом гидроцилиндре двустороннего действия с односторонним штоком. Воспользовавшись методом графов связи, построим модель данного гидравлического объекта, по нему составим операторно-структурную схему и построим графики

переходных процессов, которые происходят внутри гидроцилиндра. Для этого необходимо изложить суть метода графов связей и его участие в моделировании объектов.

Исследование различных технических систем невозможно представить без применения моделирования. При рассмотрении физических систем различной физической природы (электрических, механических, гидравлических и др.) с сосредоточенными параметрами удобной моделью является граф связи. Такая модель позволяет установить наглядную связь между структурой (топологией) системы и её количественными (энергетическими, мощностными и др.) характеристиками, а также демонстрирует единство природы и протекающих в ней физических процессов [2].

Метод графов связей основан на представлении о том, что любые физические процессы состоят из актов преобразования энергии таких, как накопление, диссипация (потери) энергии и преобразование энергии без потерь. Граф связи представляет собой совокупность элементов, соответствующих основным типам преобразования энергии и изображаемых в качестве вершин графа, соединенных связями – дугами графа. Связь изображается линией с полустрелкой, показывающей положительное направление передачи энергии, принимаемое при моделировании. Каждая связь графа характеризуется шестью величинами, а каждый элемент графа – уравнением или системой уравнений, включающих переменные его связей.

Основные переменные связи – усилие  $e(t)$  и поток  $f(t)$ , которые являются функциями времени и называются переменными мощностями связи. Остальные четыре переменные вычисляются через основные по формулам:

- 1) мощность  $N(t) = e(t) \cdot f(t)$ ,
- 2) энергия  $E(t) = E(t_0) + \int_{t_0}^t N(\tau) \cdot d\tau$ ,
- 3) перемещение  $q(t) = q(t_0) + \int_{t_0}^t f(\tau) \cdot d\tau$ ,
- 4) момент  $p(t) = p(t_0) + \int_{t_0}^t e(\tau) \cdot d\tau$ .

Величина  $E(t) - E(t_0)$  – полезная энергия, передаваемая через связь в направлении, определенном полустрелкой [3].

Элементы графов связей делятся на четыре группы: источники энергии, аккумуляторы энергии, элемент рассеивания (потери) энергии – R и преобразователи энергии без потерь. Группа аккумуляторов включает в себя инерционность I и емкость C. В гидравлических системах элемент I

моделирует инерционные эффекты вязкости и является аккумулятором кинетической энергии. Емкость C является аккумулятором потенциальной энергии (напора) и моделирует резервуарные эффекты (скопление жидкости). Не менее важными для формирования графа являются также два типа узлов, моделирующие разветвление энергетических потоков. Узел общего усилия (0-узел) объединяет связи с общим усилием (давлением). Узел общего потока (1-узел) объединяет связи, имеющие общий поток (объемный расход).

Для систем различной физической природы переменные связи имеют различную физическую интерпретацию. Для механических систем усилием является сила  $F(t)$ , потоком – линейная скорость  $v(t)$ , момент интерпретируется как количество движения, а перемещение – как механический сдвиг. Для гидравлических систем, исследование которых необходимо провести, усилием является давление  $P(t)$ , потоком – объемный расход  $Q(t)$ , момент интерпретируется как импульс давления, а перемещение – как объем  $V(t)$  [2].

В статье [4] предложен граф связи для поршневого гидроцилиндра двустороннего действия с односторонним штоком, его принцип работы схематически показан на рисунке 1 в виде прямого и обратного хода, а упрощенный вид графа связи представлен на рисунке 2.

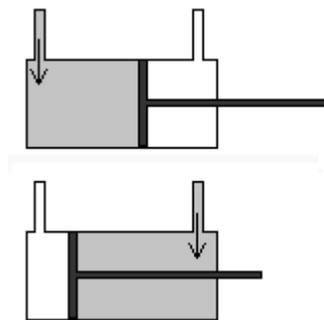


Рис. 1. Принцип действия гидроцилиндра двустороннего действия

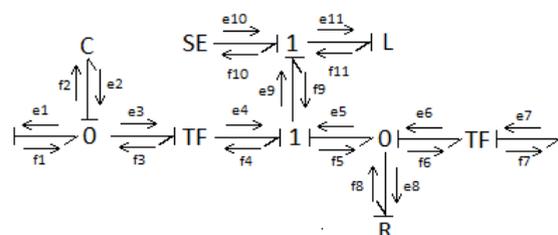


Рис. 2. Граф связи гидроцилиндра

Непосредственно возле входа в систему располагается аккумулирующая энергию емкость, которая демонстрирует сжимаемость жидкости и, благодаря заявленной причинности, отвечает за перемещение потока в направлении к элементу

потерь –  $R$ . Этот элемент в свою очередь определяет предел перемещения поршня в камере гидроцилиндра, при достижении поршнем своего максимального положения значение элемента потерь не позволяет потоку протекать дальше.

Источник усилия отражает эффект от действия силы тяжести на систему в целом.

Используемые в графе связи трансформаторы показывают, как гидравлическое давление преобразуется в механическое перемещение поршня, которое в свою очередь обратно преобразуется в гидравлическое давление.

Согласно полученному графу связи составим операторно-структурную схему, показанную на рисунке 3.

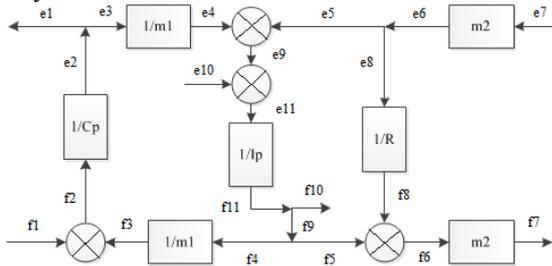


Рис. 3. Операторно-структурная схема

Преобразуем данную операторно-структурную схему (ОС) к виду с обратными связями, изображенную на рисунке 4.

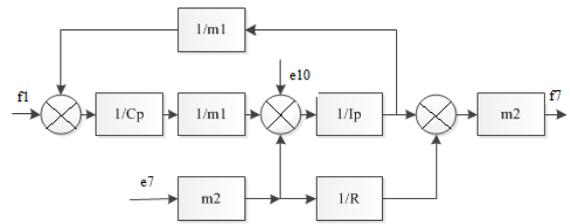


Рис. 4. Преобразованная ОС

Для дальнейшего анализа переходных процессов, происходящих в системе гидроцилиндра, необходимо найти передаточную функцию между входным и выходным объемными расходами, смоделировать данную систему и найти интересные показатели качества системы.

### Литература

1. Оксененко А.Я. Цилиндры гидравлические. Выбор, монтаж, эксплуатация. Методические рекомендации. ИПК Минстанкопрома СССР. - М.: ВНИИТЭМР, 1988. - 56 с.
2. Применение теории графов связей в технике: пер. с англ. / Под ред. Д. Кэрнопа; Р. Розенберга. — М.: Мир, 1974. — 95 с.: ил. — (Наука для техники).
3. Воронин А.В. Моделирование мехатронных систем: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.
4. Romero G. Simulation of the hydraulic circuit of a wheel loader by using the bond graph technique.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ НИЗКОУРОВНЕВОЙ СВЯЗИ

Очоа Бикэ А.О., Цапко С.Г.

Томский политехнический университет  
[anthonob@tpu.ru](mailto:anthonob@tpu.ru)

### Введение

Движимое серьезными изменениями в технологии производства цифровых датчиков, использование рентгена получило широкое распространение не только в области медицинской диагностики, но и национальной безопасности, неразрушающего тестирования, исследования материалов и других. При помощи рентгеновских лучей можно «просветить» человеческое тело, в результате чего можно получить изображение костей, а в современных приборах и внутренних органов. Также рентген применяется при выявление дефектов в изделиях, для выяснения структуры веществ на атомном уровне, может быть определен химический состав вещества. В аэропортах активно применяются

рентгенотелевизионные интроскопы, позволяющие просматривать содержимое ручной клади и багажа в целях визуального обнаружения на экране монитора предметов, представляющие опасность. Из-за широкого охвата областей рентген используется во многих ведущих ВУЗах мира в научных целях. В рамках сотрудничества России и Германии с июня 2010 года началось выполнение проекта «UFO – Ultra-fast X-ray Imaging of Scientific Processes with On-line Assessment and Data-driven Process Control»[1], который направлен на получение рентгеновских изображений с большой скоростью. Экспериментальная станция (рис. 1), предназначенная для проведения рентгеновских экспериментов по получению изображений, была

установлена на синхротроне ANKA (Карлсруэ, Германия).

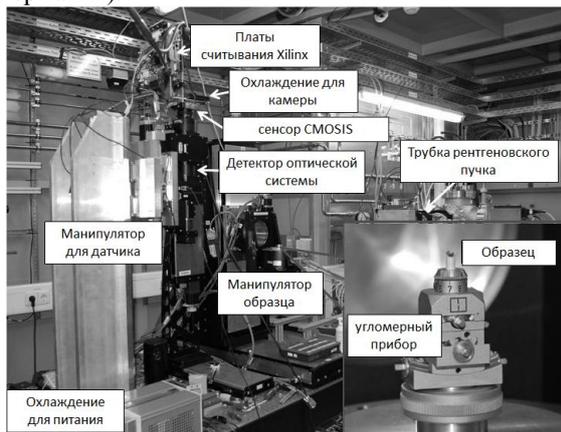


Рис. 1. Экспериментальная станция

Задача Томского Политехнического Университета заключалась в том, чтобы развить подходящие алгоритмы контроля, которые используя результаты анализа данных и стадии оценки, автоматизировали типовое регулирование и осуществляли изменения экспериментальных условий автономно. Но в процессе выполнения задачи возникла проблема, связанная с несвоевременным получением необходимых томографических данных из-за многостадийности этого процесса (рис. 2) и необходимостью получения позиций двигателя в процессе поворота образца.



Рис. 2. Последовательность получения томографий

Была поставлена цель, направленная на повышение эффективности получения томографических данных при помощи низкоуровневой связи. Поэтому было решено «поделить» это код на 2 части:

- получение изображений;
- получение радиограмм.

Для реализации поставленной цели были следующие задачи:

- разработать программы для контроллера AEROTECH Ensemble для получения изображений и радиограмм [2];
- разработать программы на Python для получения позиций двигателя;
- разработать макросов на SPEC для подключения программ [3, 4].

#### Настройка и получение томографий

Автоматическая пошаговая томография управляется контроллером Ensemble HLe. Совместно со SPEC использует низкоуровневый электрический сигнал для управления получения томографий. Чтобы программы работали без

ошибок требуется следующие аппаратное обеспечение (рис. 3):

1. Ensemble HLe контроллер;
2. ABRT 150 AS вращающаяся станция;
3. PCO.4000 камера;
4. Горизонтальный двигатель, управляемый SPEC;
5. аппаратное обеспечение для генерации TTL сигнала и считывания TTL сигнала, управляемый SPEC.

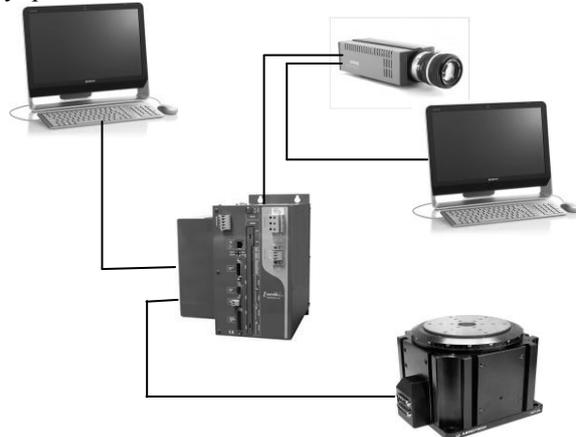


Рис. 3. Схема соединения аппаратной части

Соединение:

- Камера и HLe секция на министойке:
  - соединить exp. out камеры с exp. out на HLe министойке;
  - соединить acq. enable камеры с ac. en. на министойке.
- TomoTable и HLe секция на министойке:
  - соединить trig. in на TomoTable с exp. trig. in на министойке;
  - соединить trig. out на TomoTable with busy out на министойке.

Процесс получения данных:

Процесс получения данных проходит путем включения камеры в режим записи и последующим запуском макроса SPEC на терминале. Макрос служит подпрограммой, которая передает информацию о количестве данных, которых необходимо получить, на контроллер (рис. 4).

```
365. TOMOTABLE> qdo /home/ankatoto/Macros/aerorot_take_radiograms.mac
Reading file "/home/ankatoto/Macros/aerorot_take_radiograms.mac".
366. TOMOTABLE> aerorot_take_radiograms 10 0 180
Test of the AEROTECH Ensemble HLe
Date: Fri Aug 17 14:04:46 2012

Number of projections: 10
Total initialisation time before opening shutter: 0.148318 (s)
waiting for start signal from Ensemble
received start signal from Ensemble
clearing signal from Ensemble
opening shutter
waiting ten seconds to warm up scintillator
Time to open shutter: 10.004776 (s)
moving sample into field of view

micross
-0.0095
notifying Ensemble that sample is in field of view
waiting for Ensemble to acquire radiograms
moving sample to flatfield position

micoss
-0.4995
Just time making radiograms (between opening and closing shutters): 8.815097 (s)
closing shutter
clearing signal from ensemble
Total time of acquiring flat images: 20.470106 (s)
Total time: 20.618768 (s)
```

Рис. 4. Получение радиограмм

Так же передает сигнал на открывание/закрывание задвижки трубки рентгеновского пучка и сигнал на управление плоского двигателя, на котором расположена вращающаяся станция (это необходимо, чтобы устанавливать или убирать образец от действия рентгеновского луча). В случае некорректного запуска макроса, выдается ошибка, и система не запустится, пока не будут внесены изменения (рис. 5).

```
372. TOMOTABLE> aerorot_take_radiograms

Error! Please provide missing parameters: number of radiograms, duplicity, scanrange
```

Рис. 5. Ошибка

Краткий план по получению данных:

- начать делать запись;
- запустить макрос SPEC, необходимый для коммуникации с HLe и плоским двигателем;
- запустить макрос SPEC, необходимый для получения данных о позиции двигателя;

## СПОСОБЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЛИЦ В ЧЕЛОВЕКОПОТОКЕ

Пантюхин А.Р., Александрова Т.В.

Томский политехнический университет  
[sanyapantuyukhin@gmail.com](mailto:sanyapantuyukhin@gmail.com)

### Введение

При решении задачи распознавания лиц возникают две проблемы.

Во-первых, любая картинка представляет собой массив пикселей. В то же время один пиксель картинки ничего не значит (его цвет можно изменить, и никто не заметит разницы). Это делает такое представление картинок избыточным и неэкономичным. Таким образом, для эффективного распознавания лиц необходимо разработать некоторый компактный и удобный формат представления картинок. На сегодняшний день известно множество способов сжатия изображений с потерями, но используемый в нем формат не удобен для классификации фотографий людей, хотя бы, потому что для решения задачи

- после того как программа выполнится, остановить запись на камере.

### Результат:

В ходе выполнения работы, поставленные задачи были выполнены. Написанные программы для контроллера AEROTECH Ensemble HLe работают корректно, макросы обеспечивают взаимодействие между аппаратной частью установки, получение томографических данных стало быстрее (рис. 6).

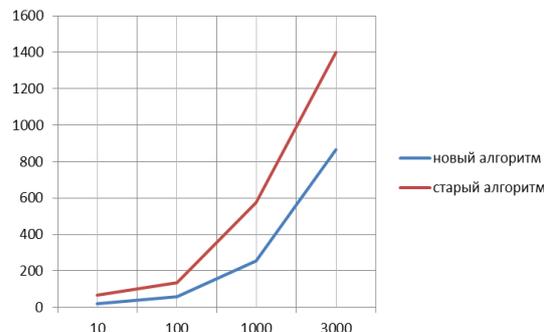


Рис. 6. График зависимости получения томографии от времени

### Литература

1. Ultra-fast X-ray Imaging [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ufo.kit.edu/>, свободный.
2. Справка по работе на контроллере AEROTECH Ensemble HLe.
3. Certified Scientific Software [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.certif.com/>, свободный.
4. Randolph Butzbach. SPEC Short Manual, 2003.-43с.

распознавания лиц требуется, опять-таки, гораздо меньше информации.

Это связано в первую очередь с тем, что нет необходимости определять, как выглядит данный человек из коллекции, а требуется решить обратную задачу: какой человек из коллекции выглядит данным образом.

Вторая проблема заключается в том, что одно и то же лицо может быть сфотографировано при различных внешних факторах, таких как свет, поза, эмоции.

### Этапы алгоритма распознавания лиц

На первом этапе алгоритм выделяет из общего изображения лицо. Затем происходит нормализация изображения. К нормализации изображения относятся следующие действия:

1. Изменение разрешения изображения до 100 x 100.
2. Преобразование цветов к 256 оттенкам серого.
3. Изменение суммарной яркости изображения до некоторого среднего значения.

Для некоторых алгоритмов требуется, чтобы лицо на картинке располагалось как можно более вертикально. В таком случае поворот лица на нужный угол происходит именно при нормализации.

Следующим этапом алгоритма распознавания является выделение характеристик имеющегося лица. Выделяемые характеристики сильно зависят от алгоритма распознавания, поэтому их примеры будут приведены позже. Заметим, что после выделения характеристик картинка больше не нужна.

Последним этапом распознавания является применение классификатора, который по имеющимся характеристикам выдает ответ на задачу

#### **Создание “единого портрета”**

У всех людей отношения расстояния между глазами к высоте носа примерно одинаковы. Поэтому, целесообразно выделить на лице некоторые контрольные точки, такие как нос, глаза, брови, рот, скулы, щеки, подбородок. После этого для идентификации того или иного человека, достаточно считать значения фильтров Габора именно в контрольных точках.

Выделим на произвольном лице некоторые контрольные точки. Для того, чтобы определить, где у заданного человека находятся эти точки, необходимо иметь некоторые представления о их расположении. Для этого построим “единый портрет”.

Зафиксируем набор интересующих нас контрольных точек (именно этот этап определяет качество алгоритма распознавания). Затем для каждого изображения из коллекции укажем, где находится каждая из контрольных

точек, и посчитаем значения 40 фильтров Габора в этих точках. Вектор, состоящий из 40 значений фильтров Габора, посчитанных в конкретной точке называется *jet*'ом этой точки. Теперь усредним расстояния между контрольными точками. Также усредним *jet*'ы.

Итого, мы получили некоторый граф, в котором вершинам соответствуют контрольные точки, а длины ребер равны средним расстояниям между данными контрольными точками. Кроме того, в каждой вершине хранится один “средний” *jet*.

Полученный таким образом граф называется “единым портретом”.

#### **Нахождение контрольных точек**

После получения на вход нового лица прежде всего надо найти положение контрольных точек на нем. Стоит пояснить, в каком смысле мы ищем

положение контрольных точек. Для каждой контрольной точки известен ее *jet*. Мы хотим найти такой вектор точек, чтобы *jet* каждой точки вектора был как можно ближе к *jet*'у соответствующей контрольной точки. При этом, мы также хотим, чтобы расстояния между выбранными точками были как можно более пропорциональны длинам ребер графа “единого портрета”. Таким образом, можно ввести некоторую вектора от набора точек, и затем ее минимизировать (найти вектор, на котором достигается минимальное значение).

Имеется довольно много методов минимизации различных функций. Для данного случая подходит очень простой метод. Сначала большими шагами параллельно перемещаем решетку “единого портрета” и сравниваем получающиеся *jet*'ы контрольных точек с эталонными. После того, как мы выяснили примерное расположение решетки, поворачиваем и порастягиваем ее. Затем начнем независимо перемещать каждую контрольную точку на незначительное расстояние. Этот метод находит не полностью минимизирующий набор точек, но в задаче распознавания лиц эти точки можно считать контрольными точками изображения.

#### **Классификация**

После того, как мы нашли контрольные точки изображения, мы имеем вектор нового изображения, являющийся набором *jet*'ов всех контрольных точек. Требуется определить, какому лицу (человеку) соответствует данный вектор. Для этого применяются стандартные методы классификации, например, метод *k* соседей.

#### **Преимущества**

Метод классификации графов обладает рядом преимуществ:

Прежде всего, он легко обучаем, т.е. для достижения хороших результатов ему необходима маленькая исходная коллекция

Во-вторых, он обладает хорошей устойчивостью к позам

#### **Гибкие контурные модели лица**

В данных методах распознавание производится на основе сравнения контуров лица. Контур обычно извлекается для линий головы, ушей, губ, носа, бровей и глаз. Контур представлен ключевыми позициями, между которыми положение точек, принадлежащих контуру вычисляются интерполированием. Для локализации контуров в различных методах используется как априорная информация, так и информация полученная в результате анализа тренировочного набора. В работе [Flex] (*Flexible Models*) ключевые точки размещались вручную на наборе тренировочных изображений. Затем извлекалась информация об интенсивности пикселей, лежащих на линии, перпендикулярной контуру для каждой точки контура. При поиске

контуров нового лица использовался метод симуляции отжига с целевой функцией из двух составляющих. Первая из них максимизировалась при соответствии интенсивностей пикселей, извлечённых на перпендикулярной контуру линии аналогичным пикселям из тренировочной выборки. Вторая – при совпадении контура с формой контуров тренировочных примеров. Таким образом, извлекался не просто контур, а контур черт лица. Как должен выглядеть типичный контур черт лица, процедура поиска знала из тренировочных примеров. Для сравнения изображений использовались значения главных компонент, вычисленных на наборе векторов, представляющих собой координаты ключевых точек. В данной работе контурная модель использовалась вместе с полутоновой моделью, совместное их использование повышало точность распознавания. Существуют так же другие работы, использующие аналогичные принципы извлечения контуров. Например, в работе [EyeGA] использовался генетический алгоритм для получения контуров глаз. Хромосомы представляли собой параметры контура, которые инициализировались таким образом, чтобы начальная область содержала изображение глаза. При этом в функцию оценки пригодности так же была заложена информация о том, как выглядит типичный глаз. Главной задачей при распознавании по контурам является правильное

выделение этих контуров. В общем виде эта задача по сложности сравнима непосредственно с распознаванием изображений. Кроме того, использование этого метода самого по себе для задачи распознавания недостаточно.

#### Литература:

1. Самаль Д.И., Старовойтов В.В. Выбор признаков для распознавания на основе статистических данных // Цифровая обработка изображений. - Минск:ИТК, 1999.-С.105-114.
2. Самаль Д.И. Построение систем идентификации личности на основе антропометрических точек лица // Цифровая обработка изображений. - Минск:ИТК, 1998.-С.72-79.
3. Хорн Б.К.П. Зрение роботов. - М:Мир, 1989. - 488 с.
4. Eickeler S., Muller S., Rigoll G. High performance face recognition using Pseudo 2-D Hidden Markov Models // Gerhard-Mercator-University Duisburg, Germany, 1998. - 6 p.
5. Eickeler S., Muller S., Rigoll G. Recognition of JPEG Compressed Face Images Based on Statistical Methods // Gerhard-Mercator-University Duisburg, Germany, 1999. - 17 p.

## СИНТЕЗ ПИД-РЕГУЛЯТОРА МЕТОДОМ КОЭФФИЦИЕНТНЫХ ОЦЕНОК ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Пушкарев М.И., Гайворонский С.А.

Томский политехнический университет  
[pushkarev@tpu.ru](mailto:pushkarev@tpu.ru)

### Введение

В широком смысле задача синтеза САУ заключается в определении состава, структуры, параметров ее устройств и технических средств реализации из условия удовлетворения заданному комплексу технических требований.

Задачей синтеза по заданным показателям качества является рациональный выбор вспомогательных элементов, параметров и структуры системы при известном динамическом описании объекта управления в целях обеспечения необходимых значений показателей качеств (запас устойчивости, вид переходного процесса, точность и др.) [1].

Одним из широко используемых при проектировании САУ критериев является максимальная степень устойчивости системы. Системы, синтезированные по этому критерию, обладают более высоким быстродействием, меньшим перерегулированием и большим запасом устойчивости, а также сохраняют устойчивость во всем диапазоне действующих на

систему возмущений в реальных условиях эксплуатации [2].

Предлагается разработать методику синтеза линейного ПИД-регулятора по критерию максимальной степени устойчивости и заданной точности системы при ограничении на ее колебательность.

Передаточная функция ПИД-регулятора имеет вид

$$W_p(s) = \frac{k_2 s^2 + k_1 s + k_0}{s} \quad (1)$$

Системы регулирования с ПИД-регуляторами сочетают в себе достоинства П-, И-, и ПД-регуляторов. В таких системах отсутствует статическая ошибка, и они обладают высоким быстродействием.

### Постановка задачи

Рассмотрим линейную стационарную непрерывную системы с характеристическим полиномом

$$A(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0, \quad a_n > 0. \quad (2)$$



системы в секторе  $\pi \pm \varphi \leq 60^\circ$ ) и требуемую добротность  $D=3$ .

На основании (10) и (11) характеристическое уравнение системы будет иметь вид

$$d_3 s^4 + d_2 s^3 + (b_0 k_2 + d_1) s^2 + (b_0 k_1 + d_0) s + b_0 k_0 = 0$$

Из (8) определим первый коэффициент ПИД-регулятора  $k_0 = 3$  и, подставляя в (10) численные значения коэффициентов передаточной функции объекта управления, получим следующие коэффициенты характеристического полинома САУ  $a_0(k) = 3, a_1(k) = k_1 + 1, a_2(k) = k_2 + 0,61, a_3 = 0,056, a_4 = 5 \cdot 10^{-4}$ .

На основании (6) необходимо составить набор  $\delta_i$ , и из  $\delta_3$  выразить второй коэффициент регулятора  $k_1 = 2,526$ .

Далее, с учетом определенных коэффициентов регулятора, необходимо сформировать выражения для показателей устойчивости  $\lambda_i(\bar{k}, \eta)$  и записать системы условий (8). Решив ее  $(n-2)$  раз, приравнявая каждое  $\lambda_i(\bar{k}, \eta)$  ее максимальному значению 0,465.

В результате решения полученных систем установлено, что при условии  $\lambda_1(\bar{k}, \eta) = 0,465$   $\eta_1 = 0,7$ , а при условии  $\lambda_2(\bar{k}, \eta) = 0,465$   $\eta_2 = 0,03$ . Сравнивая полученные результаты, очевидно,

что условие  $\lambda_1(\bar{k}, \eta) = 0,465$  дает искомое решение  $\eta^* = \eta_1 = 0,7$  и соответствующий ему третий коэффициент регулятора  $k_2 = 3,507$ .

Полученные результаты проверены путем определения полюсов синтезированной системы:

$$s_1 = -55,271 + 55,272j, s_2 = -55,271 - 55,272j, \\ s_3 = -0,729 + 0,671j, s_4 = -0,729 - 0,671j.$$

Проверка показала, что полюсы располагаются левее оценочной границы  $\eta^* = 0,7$  и входят в сектор  $\varphi = 45^\circ$ . На основании проверки можно сделать вывод, что поставленная задача решена корректно.

### Список литературы

3. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. И доп. Т.3Ж Синтез регуляторов систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 616 с.; ил.

4. Петров Б.Н., Соколов Н.И., Липатов А.В. и др. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.: ил.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ

Пякилля Б.И., Гончаров В.И.

Томский политехнический университет  
pakillaboris@gmail.com

### Введение

В данной работе рассмотрена задача идентификации объекта управления с помощью вещественного интерполяционного метода (ВИМ) [1]. Основное внимание уделено влиянию помех на результаты идентификации при решении конкретной задачи.

### Постановка задачи идентификации

Пусть дан объект управления, относящийся к классу линеаризуемых, стационарных, непрерывных систем. Требуется получить его математическое описание по реакции  $y(t)$  на ступенчатое воздействие  $u(t) = U \cdot 1(t)$ . Положим также, что реальный выходной сигнал содержит аддитивную помеху  $\xi(t) \in N(m_\xi; \sigma_\xi^2)$ . Сказанное иллюстрируется на рисунке 1.

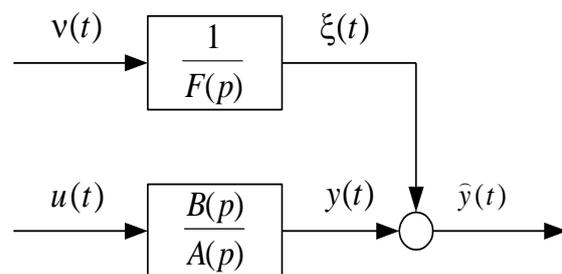


Рис. 1. Структурная схема исследуемой системы  
Наблюдаемый выходной сигнал  $\hat{y}(t) = y(t) + \xi(t)$  регистрируется цифровым датчиком в виде последовательности  $\hat{y}[k] = y[k] + \xi[k]$ . Найденная модель будет отличаться, по ряду причин, от точного математического описания объекта, величину отличия будет оценивать с помощью чебышевской нормы [4]

$$\|\hat{y}[k] - y_M[k]\|_\infty = \max_{1 \leq k \leq n} |\hat{y}[k] - y_M[k]|, \quad (1)$$

где  $\hat{y}[k]$ ,  $y_M[k]$  - реакции объекта и модели.

Решение задачи идентификации будет искать в виде:

$$W_M(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + b_{m-2} p^{m-2} + \dots + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + a_{n-2} p^{n-2} + \dots + 1}, \text{ где } n > m.$$

Решение задачи на основе ВИМ связано с формированием вещественной передаточной функции (ВПФ)

$$W(\delta) = \frac{b_m \delta^m + b_{m-1} \delta^{m-1} + b_{m-2} \delta^{m-2} + \dots + b_0}{a_n \delta^n + a_{n-1} \delta^{n-1} + a_{n-2} \delta^{n-2} + \dots + 1}, \quad (2)$$

смысл которой раскрывается интегральным соотношением

$$\begin{aligned} \hat{W}(\delta) &= \frac{\delta}{U} \int_0^{\infty} \hat{y}(t) \exp(-\delta t) dt = \frac{\delta}{U} \left( \int_0^{\infty} y(t) \exp(-\delta t) dt + \right. \\ &\left. + \int_0^{\infty} \xi(t) \exp(-\delta t) dt \right) = W_0(\delta) + W_{\xi}(\delta), \end{aligned}$$

где  $W_0(\delta)$  - ВПФ объекта,  $W_{\xi}(\delta)$  - составляющая, вызванная  $\xi(t)$ . Дискретная форма ВПФ будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} \hat{W}(\delta) &= \frac{\delta}{U} \sum_{k=1}^n \hat{y}[k] \exp(-\delta k T) = W_0(\delta) + \hat{W}(\delta) = \\ &= \frac{\delta}{U} \sum_{k=1}^n y[k] \exp(-\delta k T) + \frac{\delta}{U} \sum_{k=1}^n \xi[k] \exp(-\delta k T). \end{aligned}$$

На основании (1) необходимо вычислить элементы численной характеристики (ЧХ)  $\{\hat{W}(\delta_1), \dots, \hat{W}(\delta_{\eta})\}$ , где  $\eta = m + n + 1$ . На основе ЧХ решается СЛАУ:

$$\begin{cases} \hat{W}(\delta_1) = \frac{b_m \delta_1^m + b_{m-1} \delta_1^{m-1} + b_{m-2} \delta_1^{m-2} + \dots + b_0}{a_n \delta_1^n + a_{n-1} \delta_1^{n-1} + a_{n-2} \delta_1^{n-2} + \dots + 1}; \\ \dots \\ \hat{W}(\delta_{\eta}) = \frac{b_m \delta_{\eta}^m + b_{m-1} \delta_{\eta}^{m-1} + b_{m-2} \delta_{\eta}^{m-2} + \dots + b_0}{a_n \delta_{\eta}^n + a_{n-1} \delta_{\eta}^{n-1} + a_{n-2} \delta_{\eta}^{n-2} + \dots + 1} \end{cases}$$

решением которой является вектор коэффициентов модели:

$$\hat{\theta} = (a_n, a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_1, b_m, b_{m-1}, \dots, b_0)^T \in \mathbf{R}^n.$$

Теперь можно сравнить реакции объекта и модели на одно и то же воздействие. Для этого необходимо переход от  $W_M(\delta)$  к  $W_M(p)$ , найти  $y_M(t)$  и воспользоваться критерием (1). Имеется возможность, используя последний узел  $\delta_{\eta}$  как инструментальную переменную, организовать итерационный процесс уменьшения погрешности идентификации.

#### Расчетный пример

Пусть дан незашумленный вектор значений переходной характеристики (ПХ)  $y \in \mathbf{R}^n$ , изображение которой представлено на рисунке 2.

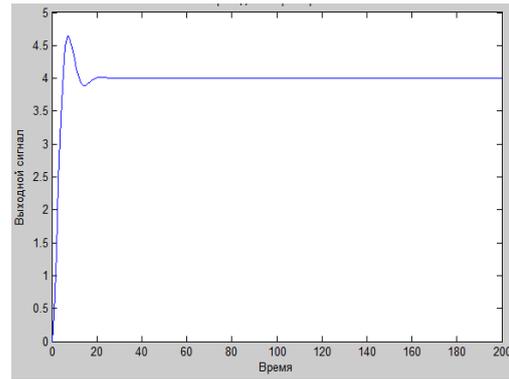


Рис. 2. Переходная характеристика объекта

По данной ПХ, используя алгоритм ВИМ с поиском последнего интерполяционного узла на отрезке  $[0, 1 \dots 0, 2) W(\delta_1)]$ , получим передаточную функцию следующего вида:

$$1) \quad W(p) = \frac{4}{4.167 p^2 + 2.029 p + 1},$$

$$2) \quad \ell_{\infty} = \max |y - y_M| = 0.0605.$$

Далее введем помеху в измеренные данные, путем сложения векторов  $y$  и  $\xi \in N(m_{\xi}; \sigma_{\xi}^2)$ , где для начала примем величину дисперсии  $\sigma^2 = 0.01$ .

Результат идентификации следующий:

$$1) \quad W(p) = \frac{3.983}{3.463 p^2 + 2.444 p + 1},$$

$$2) \quad \ell_{\infty} = \max |\hat{y} - y_M| = 0.4300.$$

Несмотря на отсутствие помех, этой ПФ соответствует  $y_M(t)$  отличающаяся от исходной по ряду причин: ошибки округления, структурное ограничение, указанное несоответствие отражено оценкой (1). Подобные эксперименты были проведены для сигналов с различной дисперсией, результаты представлены на рисунке 3. Очевидно, что необходимо разработать меры для повышения помехоустойчивости алгоритма.

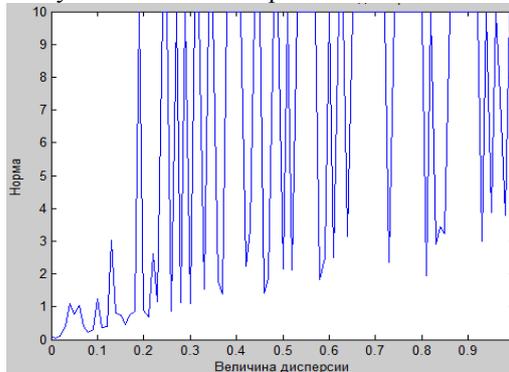


Рис. 3. Зависимость величины чебышевской нормы от величины дисперсии

#### Заключение

Рассмотрено влияние аддитивных помех на результаты идентификации объектов одного

класса. Установлена работоспособность метода и необходимость повышения помехоустойчивости, к примеру, использованием априорной информации о виде помехи [2,3].

#### Литература

1. Гончаров В.И. Вещественный интерполяционный метод синтеза систем автоматического управления.- Томск: Изд-во ТПУ, 1995.-108 с.

2. Капустинскас А., Немура А. Идентификация линейных случайных процессов. Вильнюс: Моклас, 1983.

3. Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации. – М.: Наука, 1995.

4. Isermann R., Münchhof M. Identification of dynamic systems. An introduction with applications.– Springer, 2011.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБНАУЖЕНИЕ УТЕЧЕК НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА РАЗНОСТИ ВО ВРЕМЕНИ ДАВЛЕНИЯ

Репин Д.Н., Мамонова Т.Е.

Томский политехнический университет  
[tyubis@mail.ru](mailto:tyubis@mail.ru)

Для транспорта нефти и газа актуальной является проблема обеспечения надёжности магистральных трубопроводов. Например, по данным, взятым из [1], по оценке экспертов объемы воровства нефтепродуктов из трубопроводов России достигают фантастических размеров: 2-3% от общего объема транспортируемой нефти. Причинами утечек также являются: физический износ, коррозия металла, экологические катастрофы, такие как оползни и сейсмическая активность и другие причины.

При возникновении утечки по любой причине необходимо в кратчайшие сроки обнаружить сам факт существования утечки, определить место её возникновения и расход нефтепродукта. Сокращение времени от момента возникновения утечки до момента обнаружения с установлением её координаты позволяет максимально быстро принять меры по локализации аварии, сокращая её масштабы и затраты на ликвидацию. Для удовлетворения перечисленным требованиям трубопроводный транспорт должен быть оснащён автоматическими работающими системами обнаружения утечек.

В настоящее время существует более двадцати методов обнаружения утечек. С ними можно ознакомиться в [2]. Задачей данной работы является создание расчётной модели параметров утечки, используемой в системе обнаружения утечек.

Принцип работы моделируемой системы основан на измерении изменения давления в трубе от времени  $\Delta P(t)$  при помощи устройства, описанного в [3].

Система состоит из отдельных измеряющих станций, размещённых вдоль трубопроводной трассы в промежутках от 10 до 30 км.

В состав станции входят:

- 1) непосредственно датчики разности во времени давления;
- 2) коммутационные устройства;

3) батареи аварийного питания, для поддержания работоспособности системы.

Моделирование системы было выполнено в пакете Simulink/MatLab на основе алгоритмов, взятых из [4], где было также выполнено исследование их эффективности. При этом Simulink - модель системы можно представить как графически, так и аналитически. Структурная схема расчётной модели системы обнаружения утечек представлена на рис. 1.

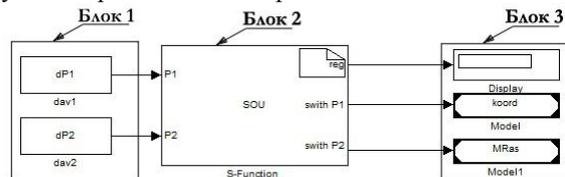


Рис. 1. Структурная схема системы обнаружения утечек

Данная схема состоит из трёх исполнительных блоков, каждый из которых несёт в себе набор строго определённых математических функций.

1. Блок 1 является возмущающим блоком, где переменные  $dP1(t)$  и  $dP2(t)$  – это результат изменения давления в местах установки датчиков по длине трубопровода.

2. Блок 2 – это логический блок. Данный блок имеет два входа ( $input1$ ,  $input2$ ),  $P1$  и  $P2$  соответственно. Внутри блока помещена функция, сравнивающая разность значений параметров  $dP1(t)$  и  $dP2(t)$  с эталонным значением, равным величине более 1,2 кПа, что соответствует уровню шумов в трубопроводе при перекачивании нефти и нефтепродуктов [4]. Если величина разности меньше эталонного значения, то задействован выход  $reg$  ( $output1$ ) направляющий информацию о полученном результате вычисления в регистрирующий блок 3, в противном случае задействуются выходы  $switch P1$ ,  $switch P2$  ( $output2$  и  $output3$  соответственно).

3. Блок 3 – регистрирующий блок, где  $Display$  – экран для наблюдения за расчётами,  $koord$  – модель функции определения координаты места

утечки, представленная на рис. 2, *MRas* модель функции определения массового расхода, представленная на рис. 3.

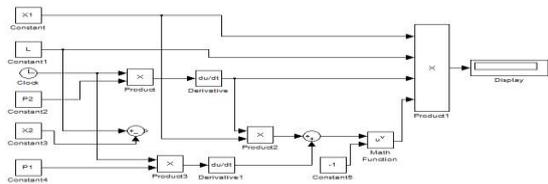


Рис. 2. Simulink-модель функции, определяющей координату места утечки

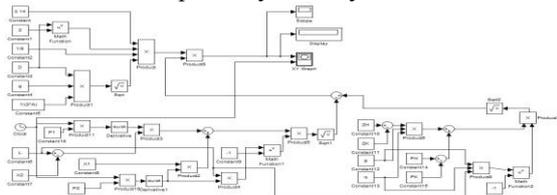


Рис. 3. Simulink-модель функции, определяющей массовый расход утечки

При этом для расчётов используются следующие параметры:  $q$  – плотность транспортируемой жидкости [ $\text{кг}/\text{м}^3$ ];  $g$  – ускорение свободного падения [ $\text{м}/\text{с}^2$ ];  $X1, X2$  – координата места установки датчиков давления [ $\text{м}$ ];  $D$  – длина и внутренний диаметр трубопровода [ $\text{м}$ ];  $A$  – коэффициент сопротивления трубопровода;  $ZH, ZK$  – высота трубопровода по отношению к горизонту в начале и конце трубопровода [ $\text{м}$ ];  $PH, PK$  – давления, соответственно, в начале и на конце участка трубопровода [ $\text{Па}$ ];  $P1$  и  $P2$  – изменение давления в местах установки датчиков по длине трубопровода [ $\text{Па}$ ].

Simulink-модели функции, рассчитывающей координаты места утечки и функции определяющей массовый расход содержат блоки *Display*, которые осуществляют наблюдение за результатами расчётов, а также блок для построения графика расхода жидкости от времени при утечке.

Таким образом, в данной работе представлен один из возможных вариантов построения расчётной Simulink-модели для системы обнаружения утечек, основанной на показаниях датчиков разности во времени давления. При использовании системой разработанной модели, последняя не только своевременно сообщает о нарушении целостности трубопровода, но и рассчитывает координату, массовый расход жидкости. В дальнейшем будет выполнена доработка представленной модели добавлением портов и каналов связи для передачи данных между измерительными станциями и центральной станцией (диспетчерским пунктом). Так же целесообразно произвести расчёты быстродействия системы на расстояниях 10, 30, 50 [ $\text{км}$ ].

#### Литература.

1. Официальный сайт газеты «Экономика и Жизнь» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.eg-online.ru/> свободный. Дата обращения 02.07.2012.
2. Гольянов А.А., Шаммазов А.М. Обеспечение безопасности и экологической защиты магистральных нефтепроводов // НИС, ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ. «Транспорт и хранение нефтепродуктов». 2002. – С. 15-18.
3. Степанченко Т.Е., Шкляр В.Н. Способ измерения изменения давления в нефтепроводе транспортировки жидкости и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2426080. Патентообладатель: ГОУ ВПО НИ ТПУ, дата выдачи 10.08.2011.
4. Мамонова Т.Е. Модифицированный метод гидравлической локации места утечки из нефтепровода//XIII Всероссийской научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых с международным участием "Химия и химическая технология в XXI веке". - Томск, 14-17 мая 2012. - Томск: ТПУ, 2012. - С. 18-21

## КОНТУРНЫЙ АНАЛИЗ В РАСПОЗНАВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рудь М.Н.

Томский политехнический университет  
[rudmax13@gmail.com](mailto:rudmax13@gmail.com)

Статья описывает теоретические основы контурного анализа и аспекты его практического применения для распознавания изображений.

КА позволяет описывать, хранить, сравнивать и производить поиск объектов, представленных в виде своих внешних очертаний – контуров. Предполагается, что контур содержит всю необходимую информацию о форме объекта. Внутренние точки объекта во внимание не принимаются. Это ограничивает область применимости алгоритмов КА, но рассмотрение только контуров позволяет перейти от двумерного

пространства изображения – к пространству контуров, и тем самым снизить вычислительную и алгоритмическую сложность. КА позволяет эффективно решать основные проблемы распознавания образов – перенос, поворот и изменение масштаба изображения объекта. Методы КА инвариантны к этим преобразованиям. *Контур* – это граница объекта, совокупность точек (пикселей), отделяющих объект от фона. В системах компьютерного зрения используется несколько способов кодирования контура – наиболее известны код

Фримена, двумерное кодирование, полигональное кодирование. Но все эти способы кодирования не используются в КА. Вместо этого, в КА контур кодируется последовательностью, состоящей из комплексных чисел. На контуре фиксируется точка, которая называется начальной точкой. Затем, контур обходится (допустим – по часовой стрелке), и каждый вектор смещения записывается комплексным числом  $a+ib$ . Где  $a$  – смещение точки по оси X,  $b$  – смещение по оси Y. Смещение берется относительно предыдущей точки.

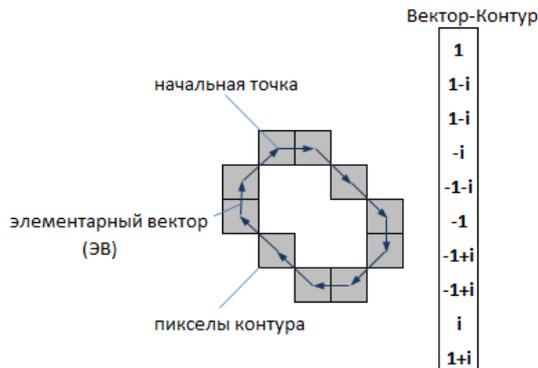


Рис. 1 Основные понятия

В силу физической природы трехмерных объектов, их контуры всегда замкнуты и не могут иметь самопересечения. Это позволяет однозначно определить путь обхода контура (с точностью до направления – по или против часовой стрелки). Последний вектор контура всегда приводит к начальной точке. Каждый вектор контура будем называть *элементарным вектором* (ЭВ). А саму последовательность комплексных чисел – *вектор-контуром*. Вектор-контур будем обозначать большими греческими буквами, а их элементарные вектора – малыми греческими буквами. Таким образом, вектор-контур  $\Gamma$  длины  $k$  можно обозначить как:

$\Gamma = (y_0, y_1, \dots, y_{k-1})$  В КА используется именно комплексное кодирование потому, что операции над контуром именно как над вектором комплексных чисел обладает замечательными математическими свойствами, по сравнению с другими способами кодирования. Комплексное кодирование близко к двумерному кодированию, где контур определяется как совокупность ЭВ, представленных своими двумерными координатами. Но разница в том, что операция скалярного произведения для векторов и для комплексных чисел – различны. Именно это обстоятельство и дает преимущество методам КА. Свойства контуров:

1. Сумма ЭВ замкнутого контура равна нулю. Это тривиально – поскольку элементарные векторы приводят в начальную точку, значит их сумма равна нуль-вектору.

2. Контур-вектор не зависит от параллельного переноса исходного изображения. Поскольку контур кодируется относительно начальной точки, то этот способ кодирования инвариантен сдвигу исходного контура.

3. Поворот изображения на определенный угол равносильно повороту каждого ЭВ контура на тот же угол.

4. Изменение начальной точки ведет к циклическому сдвигу ВК. Поскольку ЭВ кодируются относительно предыдущей точки, то понятно, что при изменении начальной точки последовательность ЭВ будет та же самая, но первым ЭВ будет тот, который начинается в начальной точке.

5. Изменение масштаба исходного изображения можно рассматривать как умножение каждого ЭВ контура на масштабный коэффициент.

Итак, решаем задачу распознавания образов на изображении. Общая последовательность действия при распознавании выглядит так:

1. Предварительная обработка изображения – сглаживание, фильтрация помех, повышение контраста.

2. Бинаризация изображения и выделение контуров объектов.

3. Начальная фильтрация контуров по периметру, площади, коэффициенту формы, фрактальности и так далее.

4. Приведение контуров к единой длине, сглаживание.

5. Перебор всех найденных контуров, поиск шаблона, максимально похожего на данный контур.

Сразу сделаем оценку быстродействия алгоритмов, основанных на КА. Пусть изображение уже бинаризовано и на нем выделены контуры. Поскольку в дальнейшем мы будем работать только с точками контуров, оценим общее их количество на изображении. Для этого, возьмем изображение размером  $n \times n$  пикселей. Затем покроем его равномерной сеткой с шагом  $s$ . Суммарная длина всех линий сетки составит  $L = 2n^2 / s$ . Получается, что переход от плоского двумерного изображения к контурам не уменьшает размерность задачи. Мы по-прежнему работаем в сложности  $O(n^2)$ .

1. Приведенная оценка является экстремальной. В реальном изображении далеко не все контуры имеют минимальный размер, и они не покрывают всю площадь изображения. Следовательно, число контуров и их суммарный периметр может быть значительно меньше  $2n^2/s$ .

2. Поскольку изображение в виде контуров уже имеет естественную сегментацию – разбито на контуры, то можно осуществлять фильтрацию частей изображения по простым признакам. Среди них – площадь контура, периметр,

отношение квадрата периметра к площади (коэффициент формы).

3. КА позволяет обрабатывать изображение в прогрессивном режиме. Это значит, что мы можем отсортировать контуры по какому-либо признаку (например, по площади или по градиенту границ, или по яркости и т.п.). А затем обработать первый контур, и выдать результат

Совокупность этих факторов существенно снижает константу вычислительной сложности, и при современном развитии компьютерной техники, КА вполне может использоваться как алгоритм реального времени.

КА имеет две группы факторов отрицательно влияющих на результаты распознавания. Первая группа факторов связана с проблемой выделения контура на изображениях. Контур – это строго определенная дискретная структура. Однако большое число реальных изображений имеют объекты, слабо выраженные на окружающем фоне. Объект может не иметь четкой границы, он может быть одинаков по яркости и цвету с фоном, он может быть зашумлен помехами и так далее. Все эти факторы приводят к тому, что контур либо невозможно выделить вообще, либо он выделяется неправильно, и не соответствует границе объектов. Таким образом, КА имеет

слабую устойчивость к помехам, не допускает пересечения или частичной видимости объекта. Такие случаи очень тяжелы для КА. Ведь КА имеет смысл, только в том случае, когда контур объекта определен однозначно правильно во всех своих точках. Вторая группа факторов, осложняющих КА, связана с принципами контурного анализа. Методы КА предполагают, что контур описывает весь объект целиком, и не допускает никаких пересечений с другими объектами или неполной видимости объекта. Таким образом, КА имеет слабую устойчивость к помехам, не допускает пересечения или частичной видимости объекта. Несмотря на недостатки, методы КА привлекательны своей простотой и быстродействием. При наличии четко выраженного объекта на контрастном фоне и отсутствии помех КА хорошо справляется с распознаванием.

#### Литература

1. Введение в контурный анализ. Под ред. Я.А. Фурмана, 2003.
2. Learning OpenCV. Gary Bradski, Adrian Kaehle, 2008.
3. HabraHabr.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ НЕУСТОЙЧИВОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Щелканова Т.А., Воронин А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: [3ene4ka@sibmail.com](mailto:3ene4ka@sibmail.com)

### Введение

Одной из основных задач, рассматриваемой в теории автоматического управления, является задача синтеза. Существует большое число методов синтеза регуляторов для различного рода объектов. Основными являются методы синтеза ПИД-регуляторов, модальный метод [1], частотный метод [2], метод синтез регуляторов по желаемой передаточной функции [3], вещественный интерполяционный метод [4].

При таком многообразии методов перед разработчиком часто встает вопрос, какую из вышеперечисленных методик использовать при синтезе того или иного объекта управления.

Если объект управления устойчивый, то существует ряд рекомендаций по выбору более подходящего метода синтеза регулятора. В случае неустойчивого объекта выбор значительно усложняется. Это связано с отсутствием информации по применимости некоторых методов к данному классу объектов, а также информации о результатах сравнения методов синтеза.

В работе представлен сравнительный анализ регуляторов, реализованных по основным

методам синтеза для неустойчивого объекта на примере перевернутого маятника.

### 1. Объект исследования

Рассмотрим возможности методов синтеза регуляторов на примере расчета регуляторов для неустойчивого объекта – перевернутого маятника, описываемого

линеаризованным дифференциальным уравнением  $\ddot{\varphi} = \frac{2}{3L} g\varphi + \frac{2}{3L} u$

. Здесь  $L$  - длина маятника,  $\varphi$  - угол отклонения маятника от вертикали,  $u$  - управляющее воздействие. Объект является структурно неустойчивым, так как характеристическое уравнение имеет два вещественных корня – положительный и отрицательный.

Передаточная функция (ПФ) объекта по управлению имеет вид

$$W_{iO}(s) = \frac{8.24}{s^2 - 82.42}.$$

### 2. Результаты синтеза регуляторов

В рамках проекта были построены регуляторы по четырем методам: по модальному методу, по методу синтеза регуляторов по виду желаемой передаточной функции синтезируемой системы,

по вещественному интерполяционному методу, а также по частотному методу.

В качестве требуемых показателей качества системы зададим следующие: время переходного процесса не более 2 секунд, перерегулирование не более 30%.

При синтезе регулятора для исследуемого объекта модальным методом получена следующая передаточная функция регулятора:

$$W_{P1}(s) = 67 \frac{s+9}{s+38.8}.$$

Процесс обработки начального отклонения 0.05 рад представлен на рис. 1.

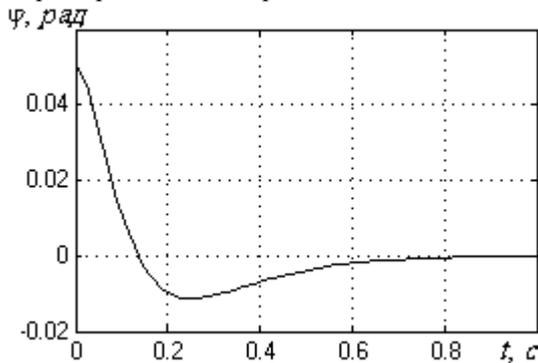


Рис. 1. Процесс обработки начального отклонения 0.05 рад в системе с модальным регулятором

При синтезе регулятора для исследуемого объекта по виду желаемой передаточной функции системы получена следующая передаточная функция регулятора:

$$W_{P2}(s) = \frac{41.18s + 401.15}{s + 29.1}.$$

Процесс обработки начального отклонения 0.05 рад представлен на рис. 2.

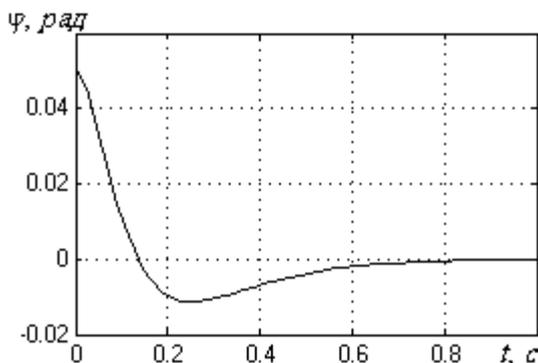


Рис. 2. Процесс обработки начального отклонения 0.05 рад в системе с регулятором, синтезированным по методу желаемой передаточной функции

При синтезе регулятора для исследуемого объекта по вещественному интерполяционному методу получена следующая передаточная функция регулятора:

$$W_{P3}(s) = \frac{0.8765s + 10.19}{0.0766s + 1}.$$

Процесс обработки начального отклонения 0.05 рад представлен на рис. 3.

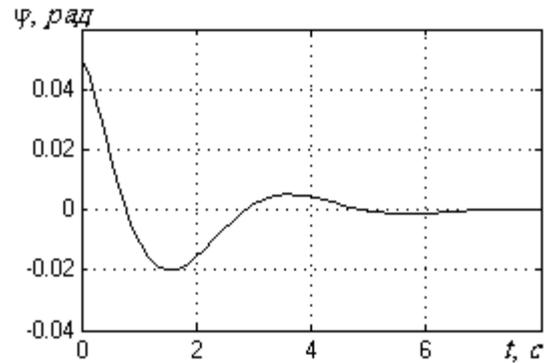


Рис. 3. Процесс обработки начального отклонения 0.05 рад в системе с регулятором, синтезированным по вещественному интерполяционному методу

Последний из исследуемых методов - частотный метод синтеза регулятора. В случае его применения к исследуемому объекту получаем, что регулятор имеет следующий вид:

$$W_{P4}(s) = 200 \frac{0.05s + 1}{0.001s + 1}.$$

Процесс обработки начального отклонения 0.05 рад представлен на рис. 4.

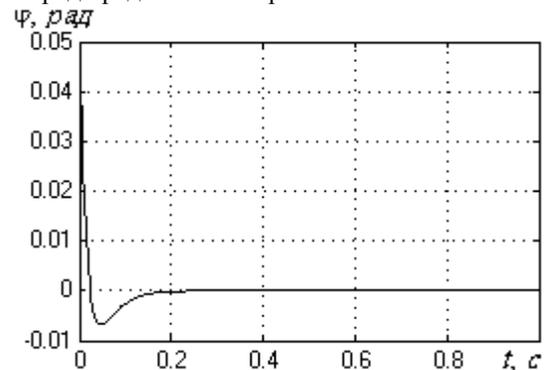


Рис. 4. Процесс обработки начального отклонения 0.05 рад в системе с регулятором, синтезированным по частотному методу

### 3. Сравнительный анализ методов синтеза регуляторов

1. Метод синтеза регуляторов по виду желаемой передаточной функции системы хорошо формализован, позволяет достаточно просто обеспечить желаемое качество замкнутой системы в сочетании с ее грубостью. Он прост в реализации, с его помощью можно получить регулятор минимального порядка.

2. Вещественный интерполяционный метод представляется для неустойчивых объектов плохо формализованным. Для решения задачи потребовалось привлекать дополнительную информацию.

3. Модальный метод синтеза регулятора для неустойчивых объектов представляется наиболее

оптимальным, так как при по нему можно построить регулятор минимального порядка, обеспечив хорошие показатели качества синтезируемой системы. Некоторую сложность может представлять синтез наблюдателя минимального порядка.

4. Частотный синтез дал неплохие показатели качества. Но сама процедура синтеза очень трудоёмкая.

5. Существующие методы синтеза ПИД-регуляторов не применимы к неустойчивым объектам.

#### Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что самыми удобными при работе с неустойчивыми объектами являются модальный метод синтеза регулятора и метод синтеза по регулятора по виду желаемой передаточной функции, т.к. при их применении получены системы с приемлемыми показателями качества. Применение вещественного метода на практике к неустойчивым объектам недопустимо,

т.к. это разновидность компенсационных методов. Частотный метод при работе с неустойчивыми объектами трудоёмок, в связи с чем на практике не используется.

#### Список литературы

1. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства.- М.: Машиностроение, 1976.- 184 с.

2. Никулин А.Е. Основы теории автоматического управления. – Санкт-Петербург, 2004, - 631 с.

3. Д.П. Ким. Синтез неминимально-фазовых систем управления с заданным временем регулирования // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2010. - №4. – С. 5-10.

4. Белихмайер М.Я., Гончаров В.И. Синтез корректирующих устройств систем автоматического управления на основе равномерного приближения // Автоматика и телемеханика. - 1997. - № 5. - С. 3-11

## ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗМАРКЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ MOTIONCAPTURE ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОВЕДЕНИЕМ РОБОТА

Шеломенцев Е.Е.

Научный руководитель: Александрова Т.В., ассистент кафедры ИКСУ

Томский политехнический университет

E-mail: [see4me@mail.ru](mailto:see4me@mail.ru)

#### Введение

В настоящее время в робототехнике наблюдаются процессы социализации, т.е. ориентации роботов нового поколения на взаимодействие с человеком. Одним из главных препятствий на пути социальной робототехники является определение состояний и намерений человека, которое необходимо роботам, чтобы адекватно реагировать на действия пользователя.

Для решения этой задачи необходимо найти способ получения информации о положении человека в пространстве, его движениях и т.д. Применение безмаркерной технологии MotionCapture позволяет получить необходимую информацию [1]. В отличие от других технологий захвата движения безмаркерная технология не требует дополнительного оборудования и создания особых условий окружающей среды робота, что является существенным для социальной робототехники.

#### Безмаркерная технология MotionCapture

Суть технологии заключается в применении специальных RGB-D сенсоров, которые получают данные о пространственном расположении предметов, попавших в рабочую зону этих сенсоров [2]. Применение алгоритмов технического зрения позволяет детектировать человека, находящегося в рабочей зоне сенсора (рис. 1).

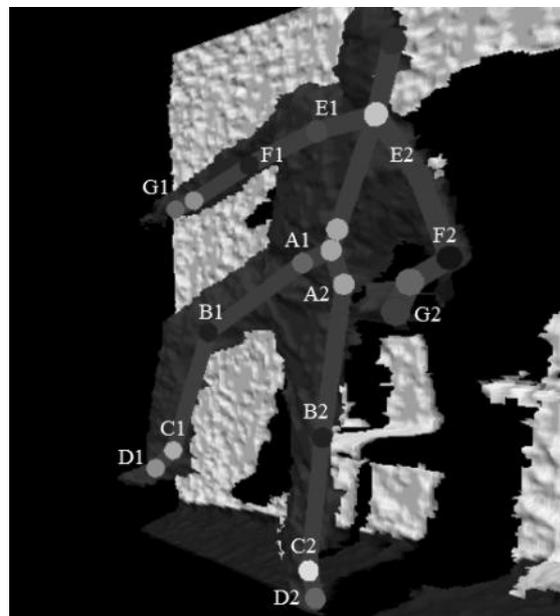


Рис. 1. Данные полученные с RGB-D сенсора

Полученную информацию о положении тела человека в пространстве необходимо преобразовать в более удобную для дальнейшей обработки структуру, содержащую численные значения углов сгиба конечностей в каждом суставе. Эти углы можно найти как углы между векторами «скелета» человека, считанного с

помощью программного обеспечения RGB-D сенсоров. Таким образом, получим информацию о текущем состоянии человека, которое можно использовать как управляющее воздействие на робота.

Для определения же намерений человека и формирования реакций робота на различные действия пользователя, используем алгоритм архитектуры HAMMER (Hierarchical Attentive Multiple Models for Execution and Recognition), разработанный в Imperial College London (рис. 2) [3,4].

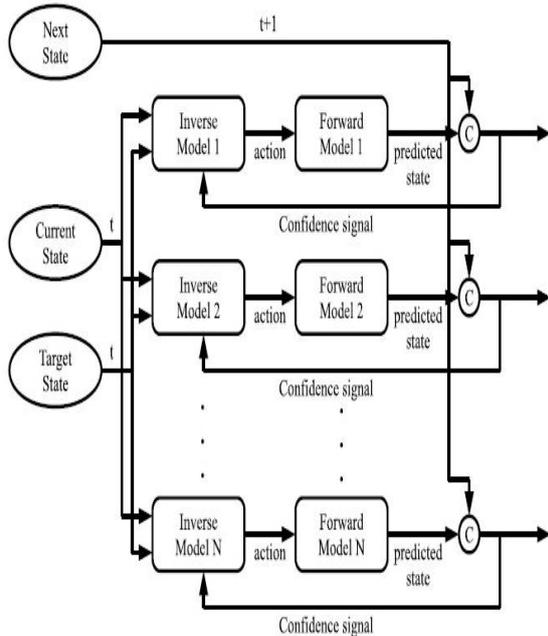


Рис. 2. Алгоритм архитектуры HAMMER

Данный алгоритм позволяет формировать множество моделей поведения, реализуемых на основании текущего положения человека. Также этот алгоритм позволяет просчитывать последующие действия человека и принимать решения о необходимости тех или иных действий робота.

В состав архитектуры HAMMER входят:

1. Текущее состояние окружающей среды для каждого момента времени.
2. Обратная модель.
3. Прямая модель.
4. Действия, пересылаемые из обратной модели в прямую.
5. Функция оценки степени схождения предсказанного и текущего положений.

Обратная модель – это функция, входом которой является состояние окружающей среды и целевое состояние, а выходом являются действия, необходимые для реализации целевого состояния. Прямая модель – это функция, выходом которой является состояние окружающей среды после выполнения действий, полученных на входе. Пары обратной и прямой моделей, в действительности, являются различными гипотезами дальнейшего развития событий.

Количество таких пар-гипотез является качественной характеристикой сложности поведенческой модели робота. Чем больше различных гипотез, тем более сложное поведение робота можно запрограммировать. Функция оценки является основным инструментом алгоритма, осуществляющим процесс принятия решения и выбора верной гипотезы. Именно от настройки функции оценки будет зависеть адекватность реакций робота на воздействия окружающей среды.

HAMMER использует данные о текущем состоянии человека, и сравнивает его с множеством целевых состояний. На основании разности целевого и текущего положений происходит процесс формирования выхода обратной функции данного целевого положения, которая используется для решения обратной задачи кинематики. После чего полученные в результате решения данные отправляются в прямую функцию данного целевого положения, с помощью которой получаем предсказуемое состояние человека в следующий момент времени.

Далее сравниваются предсказанное и реальное состояние человека в следующий момент времени для каждого целевого положения. Примером применения данного алгоритма является реализация имитации движений человека, распознанных с помощью RGB-D сенсора (рис. 3).



Рис. 3. Имитация движений оператора роботом

### Выводы

Таким образом, задача распознавания движения была решена с помощью безмаркерной технологии MotionCapture с применением алгоритмов технического зрения и архитектуры HAMMER. Это позволяет поднять уровень взаимодействия человека и робота, предоставляя последнему широкие возможности применения в социальной среде. Применение безмаркерной технологии MotionCapture позволяет формировать поток информации о человеке. Сенсоры, необходимые для реализации технологии, позволяют получать дополнительную информацию о других объектах окружающей среды робота, с помощью различных методов распознавания образов относящихся к области

технического зрения [5]. Архитектура HAMMER позволяет роботу осуществлять анализ поведения человека, делать выводы о его состоянии и намерениях, прогнозировать дальнейшие действия человека и на их основании выстроить соответствующую модель поведения робота.

Таким образом, описанный способ реализации системы взаимодействия робота с человеком, включающий в себя совершенно новые технологические разработки, позволяет решить проблему социализации робототехники.

#### Литература

1. Свободная энциклопедия Wikipedia [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture](http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture), свободный.

2. Arnaud Ramey, Víctor González-Pacheco, Miguel A Salichs. *Integration of a Low-Cost RGB-D*

*Sensor in a Social Robot for Gesture Recognition*. 6th international conference on Humanrobot interaction HRI 11, 2011

3. Miguel Sarabia, Raquel Ros, Yiannis Demiris. *Towards an open-source social middleware for humanoid robots*, 11th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 2011

4. Y. Demiris and B. Khadhour, *Hierarchical Attentive Multiple Models for Execution and Recognition (HAMMER)*, Robotics and Autonomous Systems, 2006

5. Y. Wu, Y. Demiris, *Learning Dynamical Representations of Tools for Tool-Use Recognition*, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2011

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГЕКСАПОДА В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ МАТЛАВ SIMULINK И САТИА

Воронин А.В., Шпякин И.К.

studenticsu@gmail.com

#### Введение

За последние несколько лет мы стали свидетелями резкого увеличения областей применения роботов в промышленном мире, это стало возможным во многом благодаря гибкости их использования. Тем не менее, традиционные типы роботов, применяемые в промышленности, не всегда подходят для решения конкретных прикладных задач, так как имеют ряд существенных ограничений:

- низкий показатель грузоподъемность/масса манипулятора, что обусловлено последовательной схемой соединения звеньев;

- погрешности в перемещениях всех шарниров суммируются на концевой точке манипулятора, что приводит к низкой точности позиционирования манипуляторов;

- относительно низкая жесткость манипуляционных роботов, так как упругое отклонение рабочего органа есть результат накопления деформаций по цепи по всем степеням подвижности робота.

Поэтому активно изучаются альтернативные типы структур, и их все чаще используют в производстве. Эта тенденция характерна и для нетрадиционных технологических машин с параллельной кинематикой. Механизмом с параллельной кинематикой называется такой механизм, основание которого связано с рабочим звеном несколькими приводными или жесткими кинематическими цепями, причем каждая цепь соединяется только с рабочим звеном и с основанием (рис. 1). Основными преимуществами таких машин являются [1]:

- высокая точность исполнения движения;

- высокие скорости и ускорения рабочего органа;

- отсутствие традиционных направляющих и станины, поэтому улучшенные массогабаритные параметры и низкая материалоемкость;

- высокая степень унификации мехатронных узлов, обеспечивающая технологичность изготовления и сборки машины и конструктивную гибкость.

Ключевой задачей в управлении механизмами с параллельной кинематикой является обратная задача кинематики – определение длин приводов для конкретного положения выходного звена и связанная с ней задача определения координат точек крепления управляемых стержней к подвижной платформе. С теоретической точки зрения эти задачи не представляют собой особой сложности, однако на практике, проведение кинематического анализа таких манипуляторов в аналитическом виде требует значительных трудозатрат.

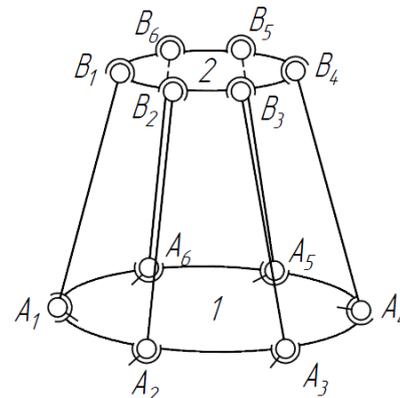


Рис. 1. Кинематическая модель механизма параллельной кинематики – гексапода

Более удобным и наглядным методом исследования таких структур является моделирование механизмов в специализированных программных комплексах, таких как Matlab Simulink и CATIA.

Сравним возможности данных пакетов для исследования манипуляторов плоскопараллельной кинематики на примере управления гексапода.

#### Моделирование манипулятора в CATIA

Линейка программных продуктов CATIA отвечает потребностям основных отраслей промышленности.

В результате сборки спроектированных деталей была получена модель манипулятора типа гексапод, представленная на рисунке 2.

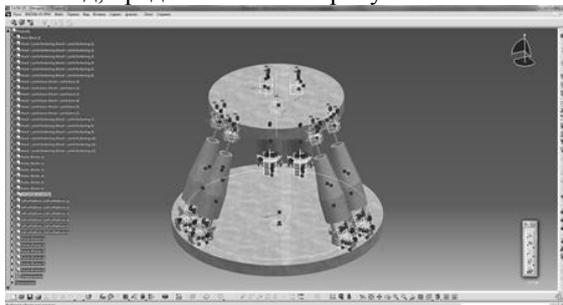


Рис. 2. Модель манипулятора в CATIA

Приложение CATIA имеет специальный набор средств для анализа конструкций: моделирования кинематики, процесса сборки и разборки изделия, пространственного анализа, обзора макета, геометрического анализа, просмотра результатов инженерного анализа [3].

В процессе симуляции модели в среде CATIA управление манипулятором осуществлялось по шести кинематическим парам линейного перемещения. Во время управления движением конструкции подвижная платформа изменяла свое положение по всем шести пространственным координатам. Пример такого перемещения показан на рисунке 3.

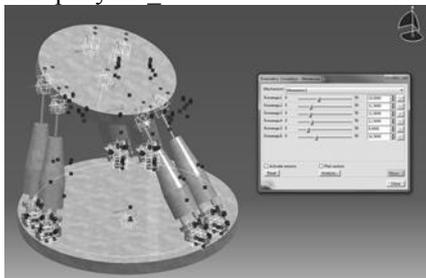


Рис. 3. Изменение положения манипулятора во время симулирования кинематических движений

#### Построение модели в Matlab Simulink

В среде Matlab для создания модели гексапода использовалось расширение пакета Simulink - SimMechanics. Пространственные координаты элементов конструкции, массы тел, тензоры

инерции были взяты из модели в программе CATIA. Измерение геометрических параметров и координат деталей проведено с помощью встроенных во все модули CATIA линейки и штангенциркуля.

Полученная модель гексапода в пакете SimMechanics приведена на рис. 4а. Для сравнения рядом изображена модель, созданная в приложении CATIA (рис. 4 б).

Для проверки эффективности и точности решения обратной задачи кинематики в среде MATLAB была написана программа управления линейными приводами [4].

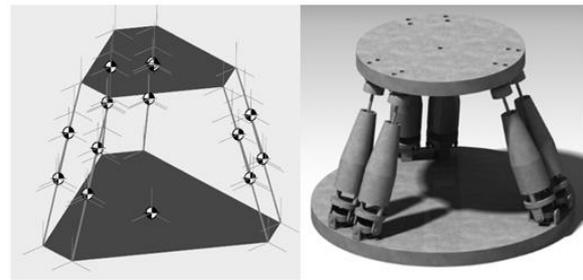


Рис. 4. Модели гексапода в:  
а) MATLAB; б) CATIA

#### Сравнение результатов моделирования

В вычислительном эксперименте рассмотрено движение подвижной платформы согласно исходным данным, представленным на рисунке 5. После завершения движения проведено сравнение координат верхних шарниров моделей в SimMechanics и CATIA с теоретическими расчетами в приложении MathCad. Результаты представлены в таблице 1.

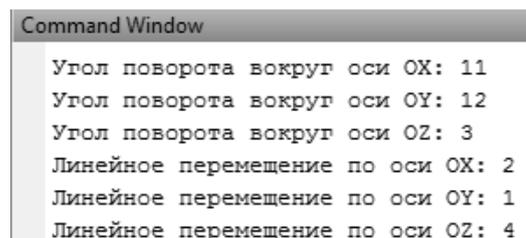


Рис. 5. Исходные данные: углы в град., перемещения в мм

Таблица 1. Результаты опыта

Шарнир	Теоретический расчет (мм)	Данные Matlab (мм)	Данные CATIA (мм)
1	(69.0839, -13.1778, 137.0706)	(69.0839, -13.1778, 137.0706)	(69.0820, -13.1770, 137.0700)
2	(65.8082, 22.0376, 143.7896)	(65.8082, 22.0376, 143.7896)	(65.8060, 22.0380, 143.7890)
3	(-21.5952, 65.6463, 135.2852)	(-21.5952, 65.6463, 135.2852)	(-21.5970, 65.6470, 135.2860)
4	(-50.4103, ...)	(-50.4103, ...)	(-50.4130, ...)

	46.4426, 125.4438)	46.4426, 125.4438)	46.4430, 125.4440)
5	(-41.4887, -49.4685, 107.1442)	(-41.4887, -49.4685, 107.1442)	(-41.4920, -49.4680, 107.1450)
6	(-9.3980, -65.4802, 110.2666)	(-9.3980, -65.4802, 110.2666)	(-9.4000, -65.4790, 110.2670)

#### Заключение

Сравнительный анализ созданных моделей показал, что точность симулирования в среде Matlab значительно выше. Также необходимо отметить, что среда Matlab позволяет подключать множество инструментов для изучения модели, создавать свои собственные модули и писать программы управления моделью. Однако наглядность результатов не всегда позволяет сделать выводы о свойствах и параметрах изучаемого объекта, одной из причин тому является необходимость задавать множество свойств используемых модулей.

Модель в САТІА показала менее точные результаты, однако визуализация результатов вычислений оказалась лучше. Среда САТІА позволила создать модель с фотографической

точностью, и многие физические данные деталей, полученные в данном пакете, позволили упростить параметризацию модели в Matlab. Несомненным достоинством данного пакета также является возможность выявить пересечение поверхностей деталей сборки и ограничить рабочую область модели.

Стоит отметить, что множество разработчиков пишут дополнительные модули к пакету САТІА, что позволяет расширить его функциональные возможности в изучении механических характеристик манипуляторов.

#### Литература

1. J.-P. Merlet. Parallel Robots. Second Edition. – Netherlands: Springer, 2006- 417 p.
2. Манипуляционные системы роботов / А. И. Корендяев, Б. Л. Саламандра, Л.И. Тывес и др. — М.: Машиностроение, 1989. — 472 с.
3. Басов К.А. САТІА V5. Геометрическое моделирование. – СПб.: Питер, 2008. – 269 с.
4. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в МАТЛАВ. Учебный курс. - СПб.: Питер, 2005. – 512 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА

Сидорова А.А., Королева Н.Р., Королева Е.Р.

Научный руководитель: Сидорова А.А.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: [sidorova@tpu.ru](mailto:sidorova@tpu.ru)

В данном докладе предлагается рассмотреть и проанализировать два метода настройки ПИД-регулятора, кардинально отличающихся друг от друга. Первый метод настройки основывается на аналитических вычислениях, второй – сводится к приближенным вычислениям по реакции объекта управления на ступенчатое воздействие. На основе этих методов будут рассчитаны настройки параметров ПИД-регуляторов, а также произведен сравнительный анализ на предмет сложности применения и оптимальности показателей качества настраиваемой системы управления.

Использование ПИД-регулятора в системе управления позволяет повысить быстродействие и точность. Однако это может быть достигнуто только при оптимальных настройках регулятора. Поэтому адекватная настройка параметров ПИД-регулятора является одной из основных задач в разработке САР (систем автоматического регулирования). На данный момент существует множество методов настройки ПИД-регуляторов, но многие из них либо чрезмерно трудоемки, либо не обладают необходимой точностью. Как правило, их применение позволяет обеспечить устойчивость системы управления, но не

гарантирует ее качественной работы. Поэтому важно не только корректно настроить ПИД-регулятор, но и в первую очередь выбрать наиболее подходящий для данного объекта управления метод настройки.

Рассмотрим первый из предложенных методов настройки ПИД-регулятора – амплитудный оптимум или бетрагсоптимум. Основной идеей метода является поддержание на уровне единицы величины передаточной функции замкнутого контура регулирования по управляющему воздействию [1].

При использовании метода, бетрагсоптимума как принципа проектирования САР, рассматриваются одноконтурные системы регулирования, в которых передаточная функция объекта по управляющему воздействию имеет вид [2]:

$$W(s) = k \frac{1 + b_1 s + b_2 s^2 + \dots + b_m s^m}{1 + a_1 s + a_2 s^2 + \dots + a_n s^n} e^{-s\tau},$$

где  $k$  – пропорциональный коэффициент передачи,  $\tau$  – время задержки.

Тогда операторно-структурная схема замкнутой системы будет иметь вид, представленный на рис. 1.

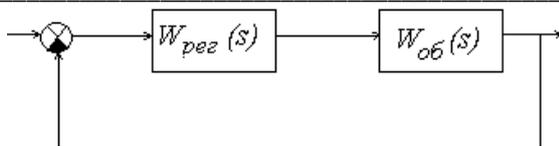


Рис. 1. Операторно-структурная схема системы

Передаточная функция ПИД-регулятора имеет вид:

$$W(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s,$$

где  $k_p$ ,  $k_i$ ,  $k_d$  – пропорциональная, интегральная и дифференциальная, соответственно, составляющие параметры ПИД-регулятора.

Искомые параметры могут быть найдены из матричного уравнения:

$$\begin{bmatrix} k_p \\ k_i \\ k_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_1 & A_0 & 0 \\ -A_3 & -A_2 & -A_1 \\ -A_5 & A_4 & -A_3 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Коэффициенты транспонированной матрицы могут быть найдены по следующим формулам, представленным в [2].

Рассмотрим данный метод на примере объекта управления с передаточной функцией вида:

$$W(s) = \frac{0.37}{1.4229s^2 + 1.56s + 1} e^{-0.2s}.$$

Тогда, применив вышеуказанные формулы в [2], найдем значения коэффициентов матрицы:

$$A_0 = 0.37, A_1 = 0.984, A_2 = 1.887, \\ A_3 = 3.223, A_4 = 5.204, A_5 = 8.153.$$

Решив матричное уравнение, найдем составляющие ПИД-регулятора:

$$k_p = 16.622, k_i = 6.757, k_d = 9.749.$$

Смоделировав систему с найденными параметрами ПИД-регулятора, получим переходный процесс, представленный на рис. 2.

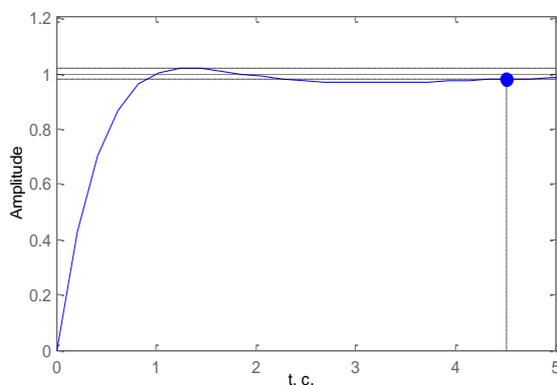


Рис. 2. Переходный процесс на выходе системы с ПИД-регулятором, настроенным по методу бетагсоптимума

Таким образом, с помощью метода амплитудного оптимума, были получены следующие

показатели качества системы управления:  $\sigma = 2\%$  и  $t_p = 4.51$  с.

Далее рассмотрим метод настройки ПИД-регулятора, основанный на реакции объекта управления на ступенчатое воздействие. Для этого размыкаем обратную связь и с помощью П-регулятора подаем на объект ступенчатое воздействие, уровень которого не вызовет нежелательных реакций объекта. Затем зафиксируем выходную реакцию объекта [1]. Будем рассматривать объект управления с той же передаточной функцией. Реакция данного объекта на ступенчатое воздействие представлена на рис. 3.

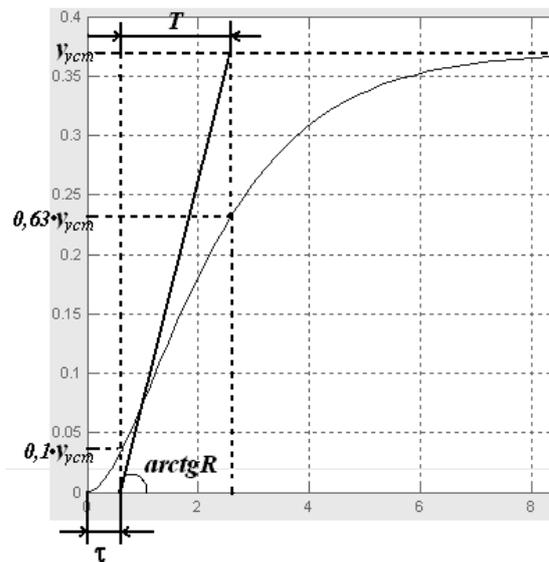


Рис. 3. Определение коэффициентов по переходной характеристике

Обозначив на графике переходного процесса уровни равные 10 % и 63 % от установившегося значения, найдем величины  $T$ ,  $\tau$  и  $R$ , где

$$R = \frac{y_{уст}}{T}.$$

Для нахождения параметров ПИД-регулятора рекомендуется использовать следующие формулы [3]:

$$k_p = \frac{1.2}{R\tau}, k_i = 2\tau k_p, k_d = \frac{0.4\tau}{k_p}. \quad (2)$$

По формулам (2) определим параметры настройки ПИД-регулятора на основании переходной характеристики объекта [4]:

$$k_p = 9.21, k_i = 11.05, k_d = 0.026.$$

На рис. 4 представлен переходный процесс на выходе системы управления с ПИД-регулятором, настроенным по реакции на ступенчатое воздействие.

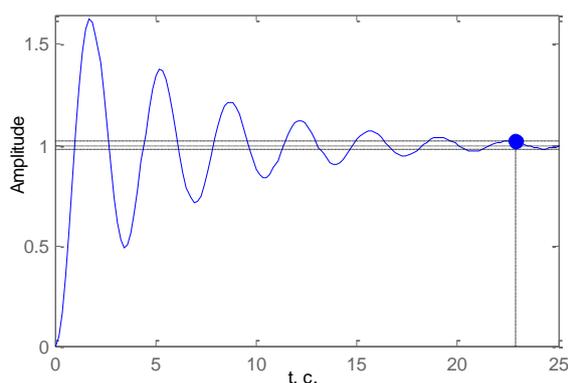


Рис. 4. Переходный процесс на выходе системы с ПИД-регулятором, настроенным по второму методу

Таким образом, с помощью метода настройки ПИД-регулятора по реакции объекта на ступенчатое воздействие, были определены следующие показатели качества:  $\sigma = 61\%$  и  $t_p = 22.5$  с.

Сравнивая два приведенных метода, можно сделать выводы о том, что метод бетагросоптима более трудоемкий в расчетах и подразумевает использование пакета вычислительных программ (Mathcad). Однако результаты вычисления позволяют получить на выходе системы управления переходный процесс практически без перерегулирования и с высоким быстродействием. Что касается второго

рассмотренного метода, то с помощью него, возможно, достаточно быстро найти нужные параметры ПИД-регулятора, используя аппарат идентификации. Недостатком данного метода настройки является наличие большого перерегулирования на выходе системы управления и низкое быстродействие. К тому же необходимо учитывать приближенное нахождение необходимых коэффициентов по графику.

#### Список литературы:

1. Марков А.А. Сравнительный анализ методов расчета параметров регуляторов электродвигателей. Донецкий национальный технический университет. URL: <http://masters.donntu.edu.ua/2004/-markov> (дата обращения: 10.07.2012).
2. Damir Vrani, Jus Kocijan, Stanko Strmnik. Rejection Tuning Method for PID Controllers. URL: <http://ascc2004.ee.mu.oz.au> (дата обращения: 18.08.2012).
3. Chien K.L., Hrones J.A., Reswick J.B. An automatic control of generalized passive systems// IEEE Intern. Conf. Robotics and Automation (1952). – San Diego, USA: IEEE Press, 1994 – P. 175–185.
4. Joao Chainho, Pedro Pereira, Silviano Rafael and A.J. Pires. A Simple PID controller with adaptive parameter in a dsPID // Information Sciences 169. – 2005. – № 3. – P. – 279–284.

## ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИЙ БЕЗБУМАЖНОГО ЭКРАННОГО РЕГИСТРАТОРА LOGOSCREEN 500CF

Скударнов А.Л., Михайлов В.В.

Томский политехнический университет  
Skudarnov.al@gmail.com

### Введение

Современное производство требует осуществления оперативного контроля большого количества технологических параметров, снимаемых с различных датчиков, которые могут быть разнесены на значительные расстояния и друг от друга, и от устройства сбора и обработки данных.

*Система сбора данных (ССД) — комплекс средств осуществляющий автоматизированный сбор информации о значениях физических параметров в заданных точках объекта исследования с аналоговых и/или цифровых источников сигнала, а также первичную обработку, накопление и передачу данных, кроме аналого-цифрового преобразования система должна обеспечить требуемый протокол связи с использованием заданного физического интерфейса*

В качестве таких систем использовались бумажные регистраторы, которые предназначены для измерения, длительной регистрации и

контроля температуры и других неэлектрических величин (частоты, давления, расхода, уровня и др.), преобразованных в электрические сигналы силы, напряжения постоянного тока и активное сопротивление постоянного тока. В данных регистраторах в качестве долговременного носителя информации используется бумага. Значения измеряемых величины наносятся на бумагу в виде графика при помощи специальных фломастеров. Регистраторы предназначены для использования в различных технологических процессах энергетики, металлургии, химической промышленности и т.д.

Переход от бумажных самописцев к электронным регистраторам вызван рядом очевидных преимуществ последних. Отсутствие подвижных частей обеспечивает большую надежность прибора, отсутствует необходимость проведения ремонта. Замена бумаги, чернил, перьев в бумажном самописце, это дополнительные затраты времени и средств, плюс к этому, присутствие «человеческого фактора» -

отсутствие бумаги или чернил в приборе. При использовании электронного регистратора все эти проблемы отсутствуют. Стоит отметить так же более короткий межповоротный интервал для бумажных самописцев. Эксплуатация электронного регистратора гораздо проще, а надежность прибора выше. Информацию электронного регистратора невозможно удалить, изменить или фальсифицировать.

Наличие в электронном регистраторе большого количества измерительных входов позволяет объединить функции нескольких самописцев в одном приборе. Кроме того, оператор может контролировать различные параметры тех. Процесса, не подлежащие обязательной регистрации, но в то же время важные для оценки исправности и эффективности работы агрегата. Универсальные входы прибора позволяют легко подключить прибор к уже существующим системам, а при монтаже новой – не ограничивает в выборе датчиков. Наличие в приборе реле, позволяет использовать его для управления исполнительными механизмами (например, клапаном, образующим перенаправленный поток в пастеризаторе) или для аварийной сигнализации. Аналоговые выходы прибора могут ретранслировать измеренное значение на счетчик, регулятор и пр.



Рис. 1. Безбумажный экранный регистратор LogoScreen 500cf

Помимо вышесказанного каждый день повышаются требования к вторичным приборам и вообще к системам сбора информации (управления). Можно сказать, что уже сформировался «идеальный» облик КИПа - это система «датчик + компьютер». Такие схемы реализованы с помощью SCADA-систем в различных вариантах и различными российскими фирмами. Единственный недостаток SCADA-систем - их высокая цена, которая складывается из стоимости компьютеров промышленного исполнения, стоимости цифрового сигнала, стоимости самих SCADA-программ и услуг квалифицированных фирм-подрядчиков. Так что, несмотря на улучшившееся положение с

финансированием, для большинства энергетиков SCADA-системы - пока мечта. Тем не менее, просто замена изношенного, устаревшего оборудования на такое же устаревшее, но новое мало кого устраивает.

Logoscreen 500cf - экранный самописец с носителем данных. Функционально подходит для поставленных задач в сфере сбора и хранения информации, а так же является одним из самых распространенных и надежных регистраторов. Рассмотрим характеристики и возможности данного прибора.

#### Возможности:

1. Представление данных измерений в виде вертикальных диаграмм (со шкалой или цифровым индикатором или столбиковой). Вывод шкал и отметок предельных значений каналов
2. Возможность получать на месте хранящиеся в ОЗУ данные типа FLASH. Сохранение данных даже после пропадания питания
3. Графическое представление всех сохраненных данных измерений в различном масштабе. Переход к определенному моменту времени. При записи в виде огибающей кривой индикация максимального или минимального значения может чередоваться в строке канала
4. Конфигурирование прибора с помощью клавиатуры или Setup-программы. Обработка архивированных данных с помощью программы для персонального компьютера. Конвертирование данных измерений в форматы программ электронных таблиц. Функция поиска для анализа последовательности событий

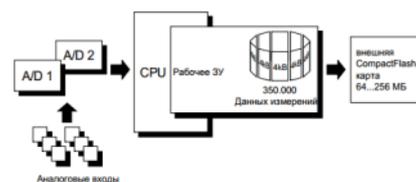


Рис. 3. общая схема работы регистратора с потоком данных от датчиков

5. Подключение различных типов датчиков с унифицированными сигналами тока, напряжения, сопротивления, а также терморпары типа L, J, U, T, K, E, N, S, RB, W3, W5. Начальное/конечное значение диапазона измерений свободно программируется внутри границ диапазона с шагом 0,1К.
6. Важные события отображаются на экране открытым текстом (отметки о срабатывании сигнализации, внешние тексты или сообщения системы)
7. Для считывания измерений используются интерфейсы RS 232 / RS 485, а так же протоколы MODBAS и JBAS



Рис. 3. Блок-схема прибора

8. Управление экраным регистратором осуществляется при помощи восьми клавиш. Три из этих клавиш обладают постоянными функциями, функции остальных пяти (программируемых) клавиш зависят от контекста меню.

В **Logoscreen 500cf** расчет измеренных величин осуществляется с помощью программы **Setup**. Это может сделать пользователь без специальных знаний. Результат математической обработки выдается в виде буквенно-цифрового значения или как кривая и архивируется так же, как стандартные результаты измерений. При необходимости обработки измеренных данных и результатов расчетов на ПК используется программа визуализации.

**Преимущества такого метода:**

- не требуется дополнительный счетчик расхода,
- измеренные значения выводятся на экран,
- измеренные значения архивируются с защитой от изменений.

Все выходы за установленные пределы аналоговых функций или логических функций вносятся в список событий в порядке их появления.

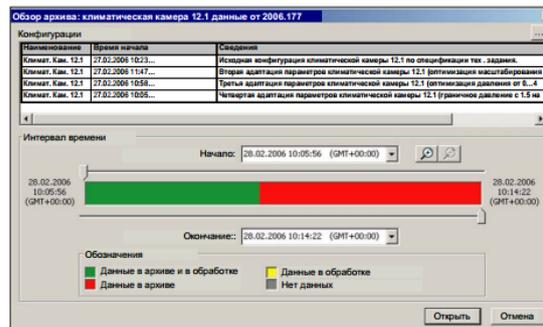


Рис. 4. ПО для просмотра архивных событий

Граничные значения для аналоговых функций, также как и для логических функций, устанавливаются на уровне конфигурации. Так же очень удобно просмотреть архивные данные, а так же события в любой момент на сохраненном участке времени. Немаловажную роль играет и возможность включения регистратора в состав SCADA-систем. Это позволяет в будущем построить на предприятии АСУ ТП, не тратя средства на техническое переоснащение.

**Заключение**

Как мы видим, данный регистратор показал себя как качественное и надежное вторичное оборудование, которое из-за высокой функциональности может применяться в различных промышленных отраслях.

Таким образом, по результатам изучения прибора можно сделать вывод об актуальности более глубокого его изучения: подключение к учебным стендам с термодатчиками, а так же создание SCADA-системы.

**Литература**

1. Типовой лист LOGOSCREEN500cf 70.6510
2. Продукция JUMO [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://jumo.ru/catalog/detail.php?ID=160>, свободный
3. Программно-методический комплекс для изучения Безбумажных регистраторов «метран-900» // Молодёжь и современные информационные технологии: Сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых– Томск, 25 февраля– 27 февраля 2009. – Томск: ТПУ, 2006. – С. 287.

**УСТРОЙСТВО СОПРЯЖЕНИЯ С ОБЪЕКТОМ ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

Таскаев Р.И., Рудницкий В.А.

Томский политехнический университет  
[taskayev@tpu.ru](mailto:taskayev@tpu.ru)

Для начала поясним, что представляет из себя идентификация объекта. Термин «идентификация» стал широко применяться в качестве одного из базовых разделов теории

управления около пятидесяти лет назад, хотя проблема моделирования является одной из основополагающих в теоретической сфере деятельности. Любая научная или инженерная

деятельность в разной степени использует формальное или содержательное описание процессов, явлений или устройств в той или иной области науки и техники. Итак, идентификация объекта — это определение его характеристик, а так же выявление приложенных к нему воздействий и его реакций с помощью наблюдения за его входами и выходами и статистической обработки полученных данных [1].

В настоящее время практически все системы управления оснащены компьютерами семейства IBM PC. В результате перед разработчиками и пользователями любой подобной системы встает задача адекватной стыковки устройств, воспринимающих информацию от объекта управления, а именно от датчиков различного типа с персональным компьютером, являющимся центральным узлом такой системы и выполняющим задачи обработки информации, построения требуемого закона управления и визуализации[2].

Программно-аппаратная идентификация включает в себя комплекс аппаратных платформ и программных продуктов для снятия характеристик с объекта управления, обработки получаемых данных, их дальнейшей передачи на ЭВМ, а так же предоставление полученных данных в удобной для оператора форме.

Трудности реализации данной задачи заключаются в том, что датчики в большинстве систем вырабатывают аналоговые сигналы (напряжение, заряд или ток), и для подключения к вычислительному оборудованию необходимо использовать и создавать специальные устройства для согласования и преобразования аналоговых сигналов в цифровые прежде, чем они могут быть введены в ЭВМ, микропроцессор, контроллер, находящиеся в контуре управления системы. Аналогичные проблемы возникают и при выводе информации. Устройство решающее данную проблему получило название «Устройства сопряжения с объектом» или просто УСО. Можно отметить, что к УСО должны предъявляться соответствующие требования по точности и быстродействию, и невыполнение этих требований приводит к снижению качества управления[2].

Для сборки устройства сопряжения с объектом необходимо выбрать подходящий для решения поставленных задач микроконтроллер с подходящими техническими и аппаратными характеристиками.

В последнее время, вследствие увеличивающейся информатизации и компьютеризации общества, появляется все больше одноплатных компьютеров, способных решать широкий спектр задач. Поэтому при выборе платы необходимо обратить особое

внимание на производительность и универсальность предлагаемых продуктов.

Для реализации УСО были выбраны 3 различные платы (Beagle board, Raspberry Pi, Arduino). и проведен их тщательный анализ не только по возможностям аппаратной части, но так же и программной реализации. Все эти устройства объединяют разрозненную информацию о программировании и заключают ее в простую в использовании сборку. Arduino, в свою очередь, тоже упрощает процесс работы с микроконтроллерами, однако имеет ряд преимуществ перед другими устройствами для преподавателей, студентов и любителей[3]. На рисунке 1 показан внешний вид платы Arduino Uno.

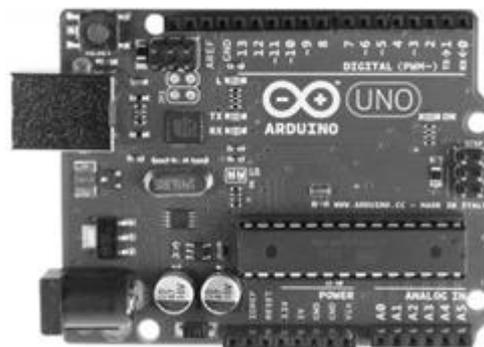


Рис. 1. Внешний вид Arduino Uno

Конструкторское решение на платформе Arduino является наиболее оптимальным по характеристикам описанным далее в тексте.

Низкая стоимость — платы Arduino относительно дешевы по сравнению с другими платформами. Самая недорогая версия модуля Arduino может быть собрана в ручную, а некоторые даже готовые модули стоят меньше 50 долларов.

Кросс-платформенность — программное обеспечение Arduino работает под ОС Windows, Macintosh OSX и Linux. Большинство микроконтроллеров ограничивается ОС Windows.

Простая и понятная среда программирования — среда Arduino подходит как для начинающих пользователей, так и для опытных. Arduino основана на среде программирования Processing, что очень удобно для преподавателей, так как студенты работающие с данной средой будут знакомы и с Arduino. Processing — это открытый язык программирования, основанный на Java. Представляет собой лёгкий и быстрый инструмент для людей, которые хотят программировать изображения, анимацию и интерфейсы. Используется студентами, художниками, дизайнерами, исследователями и любителями, для изучения, прототипирования и производства. Он создан для изучения основ компьютерного программирования в визуальном контексте и служит альбомным программным

обеспечением (имеется в виду то, что каждый \*.pde файл визуальной оболочки Processing'a представляет собой отдельное изображение или анимацию, и т. д.) и профессиональным производственным инструментом[3].

Программное обеспечение с возможностью расширения и открытым исходным текстом – ПО Arduino выпускается как инструмент, который может быть дополнен опытными пользователями. Язык может дополняться библиотеками C++. Пользователи, желающие понять технические нюансы, имеют возможность перейти на язык AVR C на котором основан C++.

Аппаратные средства с возможностью расширения и открытыми принципиальными схемами – микроконтроллеры ATMEGA8 и ATMEGA168 являются основой Arduino. Схемы модулей выпускаются с лицензией Creative Commons, а значит, опытные инженеры имеют возможность создания собственных версий модулей, расширяя и дополняя их. Даже обычные пользователи могут разработать опытные образцы с целью экономии средств и понимания работы[3].

Arduino позволяет компьютеру выйти за рамки виртуального мира в физический и взаимодействовать с ним. Устройства на базе Arduino могут получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков, а также могут управлять различными исполнительными устройствами[3].

Arduino является мощным и гибким инструментом для проектирования электронных устройств, обладает интуитивно понятным интерфейсом, а так же большим количеством подключаемых библиотек, увеличивающих функциональные возможности продукта.

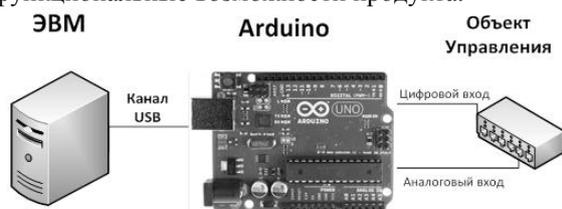


Рис. 2. Схема проекта

## Выводы

В результате проделанной работы было найдено оптимальное аппаратное решение для реализации Устройства сопряжения с объектом – платформа Arduino.

Arduino — это электронный конструктор и удобная платформа быстрой разработки электронных устройств для новичков и профессионалов. Платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Микроконтроллер на плате программируется при помощи языка Arduino (основан на языке Wiring).

Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно, либо же взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере. Устройство программируется через USB без использования программаторов. Платы могут быть собраны пользователем самостоятельно или куплены в сборе. Программное обеспечение доступно для бесплатного скачивания[3].

В дальнейшем стоит задача запрограммировать плату Arduino таким образом, чтобы аналоговые или цифровые сигналы, поступающие с датчиков на входы устройства, нужным образом проходили обработку и передавались в структурированной и понятной форме на ПК.

## Литература

1. Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2009.– 136 с.
2. С. В. Каменский, А. Б. Жуков Проектирование устройств сопряжения с объектом. – Новосибирск: НГТУ, 2006. - 24 с.
3. Аппаратная платформа Arduino. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://arduino.ru/>, свободный.

## ДИЗАЙН ОБОЛОЧЕК ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Топоркова А.П.

Научный руководитель: В.Ю. Радченко  
Томский политехнический университет  
[mess18@yandex.ru](mailto:mess18@yandex.ru)

## Введение

Сегодня производство интегральных схем шагнула далеко вперед: размеры микросхем, значительно уменьшаются, а производительность и характеристики увеличиваются, что без сомнения является положительной стороной электронной промышленности. Вместе с тем,

возникает один недостаток: микросхемы усложняются по своей структуре и функциональному предназначению, что влечёт за собой изменение способа их использования, а именно проблему в мобильном применении.

Электронные схемы базируются на дискретных компонентах, а также интегральных

схемах, которые могут объединять множество различных компонентов на одном полупроводниковом кристалле. Соединения между электронными компонентами (индуктивности, резисторами, конденсаторами, диодами, транзисторами и др.) могут осуществляться посредством проводов, однако в настоящее время чаще применяются печатные платы, когда на изолирующей основе создаются проводящие дорожки и контактные площадки, к которым припаиваются компоненты [1].

Микросхемы, электронные схемы на печатных платах и их элементы разрабатываются по принципу модульного конструирования, что обусловлено стандартизацией изготавливаемых элементов и потребностью в высокой точности размеров аппаратных устройств при их сборке.

Модульное конструирование - проектирование изделий на основе конструктивной и функциональной взаимозаменяемости составных частей конструкции - модулей.

Модуль (от лат. *modulus* - «маленькая мера») - предварительно заданная величина, размер, кратным которому принимаются остальные размеры при разработке или при оценке объекта.

Наименьшие элементы электронных схем имеют модульные свойства, относительно несущего основания или относительно наибольшего элемента общей конструкции. В свою очередь сама схема так же служит модулем для более сложных конструкций включающих в себя другие части.

Таким образом, модульный принцип конструирования предполагает разбивку электронной схемы на функционально законченные подсхемы (части), выполняющие определённые функции. В свою очередь эти подсхемы разбиваются на более простые и так до тех пор, пока электронная схема изделия не будет представлена в виде набора модулей разной сложности, а низшим модулем не окажется корпус. Модули одного уровня объединяются между собой в электронный аппарат на какой-либо конструктивной основе (несущей конструкции).

**Разработка цельного корпуса для микро-ЭВМ «Freeduino Through-Hole» и универсального модульного корпуса электронных схем для общей сборки.**

Как уже было сказано выше, из-за небольших габаритов, усложнения функционального предназначения и использования электронных схем как мобильно-модульных частей, возникает проблема разработки оболочек и корпусов для отдельных устройств состоящих их одной электронной схемы и для устройств, содержащих в себе несколько плат. Произвольно-собранные электронные устройства, как временные, так и окончательно-смонтированные не имеют общего

корпуса и эксплуатируются в открытом состоянии.

**Целью проекта** является разработка и создание универсальной оболочки для односхемных и многосхемных самостоятельно собранных электронных устройств.

Основным объектом, на который, направлена разработка внешней оболочки, является электронная схема устройства «Freeduino Through-Hole» (рис. 1) предназначенная для создания электронных устройств [5]. Это микро-ЭВМ с открытой электрической схемой, которая доступна как для подключения других электронных устройств, так и для изменения самой электрической схемы устройства.



Рис. 1. Микро-ЭВМ «Freeduino Through-Hole»

#### **Основные этапы проектной работы:**

1. Разработка концепции на основе собранной информации.
2. Эскизирование выбранных вариантов концепций.
3. Выбор программного обеспечения для создания 3D-моделей с учётом последующего изготовления оболочек на струйном 3D-принтере.
4. Изготовление разработанных концепций с помощью 3D-печати.

Первый вариант оболочки разработан для микро-ЭВМ «Freeduino Through-Hole». Оболочка представляет собой функциональный корпус, состоящий из двух цельных частей, внутрь которого помещается микроконтроллер. Две части корпуса (основание и крышка), фиксируются при помощи замка-защёлки – упругого элемента расположенного по бокам основания. Простой и функциональный дизайн корпуса, обеспечивает защиту от внешних воздействий и свободный доступ к портам устройства, а удобная система фиксации с помощью защёлки, располагает свободным доступом к схеме (рис. 2).

Основываясь на модульности элементов электронной схемы и непосредственно схемы как части устройства, был разработан ещё один вариант оболочки - универсальная оболочка-

конструктор, включающая в себя модульные и соединительные элементы.

В состав набора оболочки-конструктора входит: 1) 8 больших перфорированных панелей; 2) 16 маленьких перфорированных панелей; 3) 16 угловых соединительных элементов; 4) 32 крепёжных элементов основания. Элементы 2, 3, 4 формируют каркасный элемент в виде рамы, на который накладываются большие перфорированные панели и закрепляются при помощи крепёжных элементов основания. Большие и маленькие панели имеют перфорацию по всей своей поверхности в виде сетки, образующей квадраты, которые можно выборочно удалять при необходимости. Из всех деталей можно собрать 4 блока, которые соединяются между собой. В блок помещается схема, фиксируемая болтовыми соединениями. В зависимости от конструкции сборочного устройства и задач сборки, количество блоков и удаленных модульных элементов панелей может свободно варьироваться.

#### Заключение

Модульное конструирование применяется во всех отраслях промышленности, начиная от крупных архитектурных сооружений и конструкций, и заканчивая производством микросхем и мельчайших деталей. Универсальность модуля в том, что он может работать как на микро-, так и на макро-уровнях, сохраняя при этом точность построения в своей системе размеров [4].

В дизайне, модульный принцип разработки изделия является основой проектирования сложной формы и определяет её функциональность и назначение.

В проектной работе по разработке дизайна оболочки для действующего устройства, было спроектировано и создано два вида оболочки для электронных схем. Первая, из которых непосредственно разработана для микро-ЭВМ - электронного устройства на одной печатной плате с общими габаритами 68,5x53 мм, а другая для произвольной сборки различных электронных устройств, объединённых в одну систему.

Трёхмерное моделирование оболочек проходило в двух программных обеспечениях Autodesk 3ds Max и AutoCAD. Печать изделия на струйном 3D-принтере, основанная на технологии застывания термопластика при охлаждении [3], потребовала точного трёхмерного моделирования, что было осуществлено в программе AutoCAD. Затем файл был сохранён в формате STL (от

англ. *stereolithography*) для вывода на 3D-принтер [2].

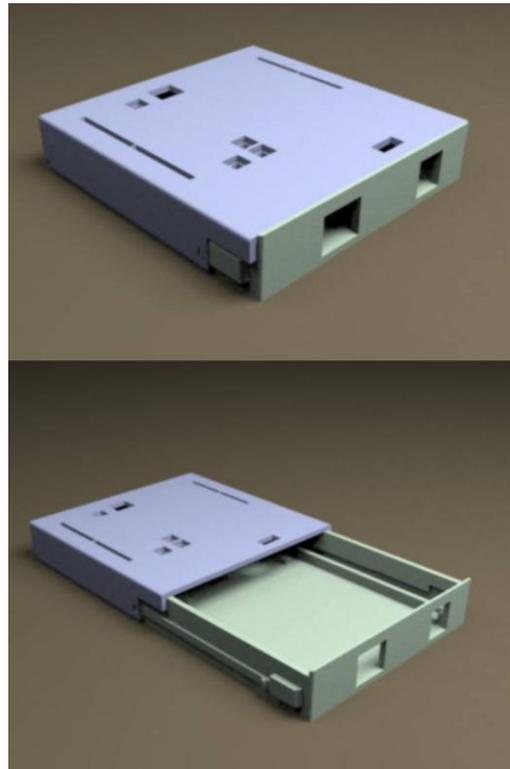


Рис. 2. Оболочка для Микро-ЭВМ «Freeduino Through-Hole»

#### Литература

1. Электронная схема [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный.
2. 3D-печать в Томске [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://3d.best70.ru>, свободный.
3. Информация о 3D-принтере UP [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://3printer.ru/index.php/3d-printery/opisanie>, свободный.
4. 3D-принтеры [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KSO/Files/TomskCAD/3DPrinters/3DPrinters.htm>, свободный.
5. «Микромодульные технологии» интернет-магазин микро-ЭВМ открытых платформ Freeduino и Arduino [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://freeduino.ru>, свободный.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ НАСОСА-ДОЗАТОРА ХИМРЕАГЕНТА

Тутов И.А., Михайлов В.В.

Томский политехнический университет  
ivantutov@tpu.ru

### Введение

Объекты нефтегазовой отрасли являются взрыво- и пожароопасными. Этот факт в сочетании с территориальной удаленностью районов Крайнего Севера от промышленных и населенных центров делает немислимым функционирование объектов отрасли без средств автоматизации. Внедрение компьютерных систем управления и контроля производства позволяет в значительной мере снизить риск возникновения аварийных ситуаций, исключает влияние человеческого фактора, обеспечивает безопасность обслуживающего персонала. Так же использование компьютерных систем управления интегрированных в технологический процесс позволяет: повысить эксплуатационную готовность объекта, непрерывно диагностировать оборудование и выявлять предаварийное состояние устройства, повысить эффективность управления и качество продукции.

### Узел дозирования химреагентов

Для придания необходимых свойств защиты, предупреждения дефектов трубопроводов и дальнейшей переработки добытой ГЖС (газо-жидкостной смеси) используются специализированные химические реагенты. Этими химреагентами являются ингибиторы коррозии, парафиноотложений и солейотложений, хранящиеся в ёмкостях.

Узел дозирования химреагента состоит из трех аналогичных установок, одна из которых представлена на рис. 1.

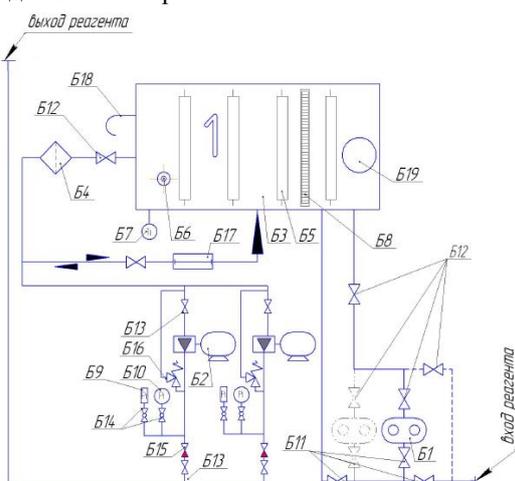


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема

На рис. 1 обозначено:

Б1 – насос НМШ 5/25 – 4/4Б – 1У;

Б2 – насос дозатор с датчиком числа ходов;

Б3 – ёмкость  $V_p=8,0 \text{ м}^3$ ;

Б4 – фильтр;

Б5 – блок электронагревателя;

Б6 – датчик уровня ПМП – 062;

Б7 – датчик температуры;

Б8 – указатель уровня;

Б9 – датчик избыточного давления (преобразователь Rosemount 3051S);

Б10 – манометр МПТ160;

Б11 – краны шаровые Ду50, Ру4,0 МПа;

Б12 – краны шаровые Ду25/32, Ру6,3 МПа;

Б13 – кран запорный;

Б14 – Вентиль;

Б15 – клапан обратный КК015-16-00;

Б16 – предохранительный клапан ПКМ-6-100;

Б17 – ёмкость мерная;

Б18 – клапан дыхательный КДМ-50М/Д1;

Б19 – люк.

Для контроля уровня жидкости в емкости, на ней установлены указатель уровня Б8 и датчик уровня Б6. При нулевом уровне жидкости блокируется запуск насосов-дозаторов (НД) и включение электрообогрева емкости.

Насос-дозатор Б2 предназначен для дозированного введения ингибиторов в добытую ГЖС (см. рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид блока насосов-дозаторов

Расход вещества определяется согласно габаритам плунжера, помноженным на число ходов вытеснителя. Управление приводом осуществляется частотным преобразователем Altivar, установленным в электрощитовой.

Датчиком обратной связи служит ТД1.100, подающий импульс при прохождении магнита, который закреплен на валу электродвигателя. Запуск НД можно производить как с локально установленной кнопки, так и с АРМ (автоматизированное рабочее место) оператора. Команды «пуск», «останов» на Altivar с АРМ поступают с дискретных выводов, а передача параметров состояния с Altivar на АРМ осуществляется по Modbus RTU.

Без средств автоматизации подсчёт закачиваемого количества химреагента осуществляется по изменению уровня в ёмкости за неделю. Данный способ обладает низкой точностью и неэффективен т.к. с его помощью только с задержкой можно определить количество закаченного химреагента, но не управлять расходом пропорционально дебиту ГЖС.

Технологу для эффективного использования химреагента необходимо знать его закачиваемое количество. Для этого необходимо произвести подсчет числа ходов плунжера в единицу времени. Подсчёт числа ходов выполняется с помощью датчика ТД1.100.

Сигнал с датчика передается в шкаф управления на модуль DO контроллера DeltaV. Датчик соединяется с соединительной клеммной коробкой посредством четырехжильного кабеля. Одна жила кабеля находится в резерве. С клеммной коробки кабель заводится в ПКУ (пункт контроля и управления) в шкаф управления. Сигнал проходит через искробезопасный барьер «Корунд» (UZ01 на рис. 3) и поступает на блок гальванической развязки (DD01 на рис. 3). Сигнал с блока гальванической развязки поступает на модуль DO системы DeltaV.

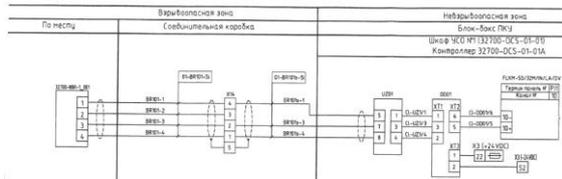


Рис. 3. Схема подключения проводов

При вводе в эксплуатацию данная система, несмотря на верность выполнения монтажа, была неработоспособной. По результатам выявления причин стало ясно, что допущена проектная ошибка организацией-разработчиком. Суть ошибки заключалась в том, что частота импульсов, передаваемых датчиком (при

номинальной скорости оборотов электродвигателя) была меньше частоты обновления данных модуля дискретного ввода системы DeltaV, что приводило к определению неверной скорости вала двигателя.

Для ввода системы в эксплуатацию во время выполнения пуско-наладочных работ была произведена модернизация канала измерения.

Для измерения частоты импульсов был применён имеющийся в наличии коммуникационный модуль ICPCON I-7080. Обмен с АРМ осуществлялся по интерфейсу RS-485 через модуль ввода последовательного интерфейса DeltaV.

Была разработана схема соединений устройств и проводок. Модуль ICPCON I-7080 обладает оптически изолированным входом, что позволяет исключить из схемы (рис. 3) блок гальванической развязки DD0x. Кроме того один модуль снабжен двумя частотомерами, что позволяет сократить количество модулей. Датчик работает следующим образом: при прохождении магнита вблизи сенсора выходной транзистор снижает напряжение на сигнальном проводе до 0 В. Этот строб фиксирует частотомер. Разработанная схема представлена на рис. 4.

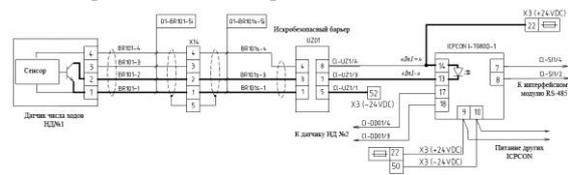


Рис. 4. Схема подключения датчика числа ходов и ICPCON

Проведенные испытания собранной на месте системы показали, что все параметры соответствуют нормам, указанным в техническом задании.

### Заключение

Результатом проделанной работы является разработка и испытание схемы взаимодействия устройств узла дозирования химреагента. Успешно реализован контур управления и настроен ПИД-регулятор во время проведения работ по пуску и наладке системы автоматизированного управления на кусте скважин Ванкорского нефтегазового месторождения. На текущий момент времени данная схема эффективно функционирует и используется на других объектах промысла.

## АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Васильев О.Е., Ефимов С.В.

Томский политехнический университет  
[CoreySF@mail.ru](mailto:CoreySF@mail.ru)

### Введение

Задача идентификации объектов, то есть определения структуры и параметров объектов по экспериментальным данным, является одной из основных задач современной теории и техники автоматического управления.

Повышение точности и надежности управления динамическими объектами во многих областях науки и техники требует развития и совершенствования методов их идентификации. Необходимость выдвигать научно-обоснованные предположения о поведении того или иного объекта требует разработки адекватных методов создания математических моделей, алгоритмов, методов и технологий прогнозирования, что позволило бы эффективней проектировать наукоемкие управляющие системы. В настоящее время наиболее востребованы такие методы оценки качества экспериментальных данных, которые обеспечивают высокие характеристики по быстродействию, надежности, экономии энергопотребления и объемам памяти, и т. п. В этих условиях от исследователей и инженеров, работающих в области создания систем обработки экспериментальных данных различного назначения и использования их в разных областях науки и техники, требуется глубокое понимание и знание основных закономерностей, присущих процессам обработки информации.[1]

Теоретические основы идентификации в нашей стране традиционно развиваются научным направлением «Идентификация систем», в создании которого активное участие принимали научные школы академика Я. З. Цыпкина и профессора Н. С. Райбмана. В научно-организационном плане лидирующая роль в создании, развитии и поддержке данного направления принадлежит Институту проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, на базе которого регулярно, начиная с 2000 года, начала проводиться специализированная Международная конференция «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO.

Развитие теории и методов идентификации за рубежом идет в основном в рамках организаций, объединяемых Международной федерацией автоматического управления (IFAC). Ведущими зарубежными специалистами в данной области являются П. Эйкхофф (Нидерланды), Э. П. Сейдж и Дж. Л. Мелса (США), Л. Льюнг (Швеция).[2]

**Общий подход и этапы предлагаемого метода идентификации**

Сущность предлагаемого подхода заключается в четком определении алгоритма задачи идентификации.

На первом этапе предлагаемого подхода необходимо определить примерную структуру идентифицируемого объекта, основываясь на характере переходного процесса, который бывает следующих видов:

- апериодический;
- колебательный;
- монотонный.

На основе характера переходной характеристике задаются вид нулей и полюсов объекта.

На следующем этапе предлагаемого подхода необходимо определить основные прямые показатели качества переходной характеристики идентифицируемого объекта, в которые входят такие показатели как (рис. 1):

- перерегулирование  $\sigma^{nx}$ ;
- время регулирования  $t_p^{nx}$  (точка 5);
- время нарастания  $t_n^{nx}$  (точка 1);

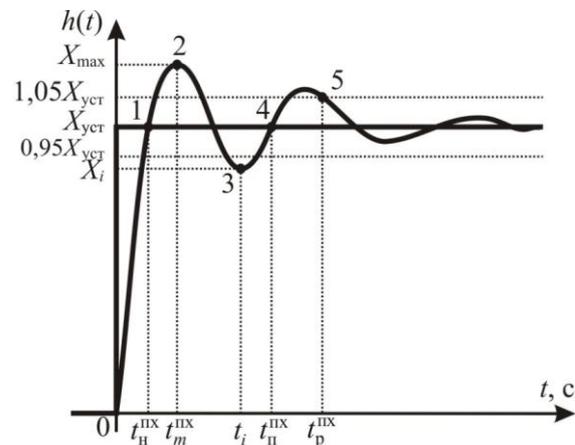


Рис. 1. Переходная характеристика, имеющая колебательный характер

Также могут быть взяты дополнительные точки для повышения точности идентификации, например, значение точки и времени первого минимума  $t_i^{nx}$  (точка 3), а также определено время максимума  $t_m^{nx}$  (точка 2).

На третьем этапе алгоритма идентификации предлагаемым подходом необходимо составить систему нелинейных уравнений, связывающую основные прямые показатели качества объекта с параметрами системы переходной функции, выраженной в системе уравнений (2.1).

$$\left\{ \begin{array}{l} f(\delta_1, \omega_1, s_3 \dots s_n, N_1 \dots N_m, k) = \sigma^{nx}, \\ h(t_p^{nx}, \delta_1, \omega_1, s_3 \dots s_n, N_1 \dots N_m, k) = X_{\max}, \\ \frac{dh(t_p^{nx}, \delta_1, \omega_1, s_3 \dots s_n, N_1 \dots N_m, k)}{dt} = 0, \\ h(t_n^{nx}, \delta_1, \omega_1, s_3 \dots s_n, N_1 \dots N_m, k) = X_{уст} \pm 0,05 X_{уст}, \\ \frac{dh(t_n^{nx}, \delta_1, \omega_1, s_3 \dots s_n, N_1 \dots N_m, k)}{dt} = X_{уст}, \\ \left| \frac{k \prod_{i=1}^m N_i}{(\delta_1^2 + \omega_1^2) \prod_{j=1}^n s_j} \right| = X_{уст}, \\ \operatorname{Re} N_k = \operatorname{Re} N_{k+1}, \\ \operatorname{Im} N_k = -\operatorname{Im} N_{k+1}, \\ \operatorname{Im} N_j = 0, \\ \operatorname{Im} s_i = 0, \\ h(t_i, \delta_1, \omega_1, s_3 \dots s_n, N_1 \dots N_m) = X_i, \\ \frac{d^2 h(t_p^{nx}, \delta_1, \omega_1, s_3 \dots s_n, N_1 \dots N_m)}{dt^2} = 0. \end{array} \right. \quad (2.1)$$

### Методика разработанного алгоритма идентификации

Систематизируя предлагаемый подход идентификации линейного динамического объекта управления, получим методику действия проектировщика: [3]

5. Получение кривой переходной характеристики  $h(t)$ , реакции объекта управления на ступенчатое воздействие на его вход.

6. Оценка характера переходного процесса.

7. Задание структуры идентифицируемого объекта управления: количества нулей и полюсов.

8. Определение прямых показателей качества по полученному графику переходного процесса: перерегулирование, время регулирования, время нарастания, время достижения максимума.

9. На основе определенных прямых показателей качества и заданной структуры объекта управления записывается система уравнений (2.1).

10. Решение системы уравнений.

11. Проверка полученных результатов. В том случае, если погрешность найденного решения меньше заданной  $\delta_{зад}$ , то задача идентификации решена. Иначе возможны два варианта:

12. Добавление соотношений, связывающих ключевые точки кривой переходного процесса с нулями и полюсами идентифицируемого объекта;

13. переход к пункту 3, изменение структуры объекта управления (добавление нулей или полюсов).

### Блок-схема разработанного алгоритма идентификации

Составление блок-схемы разработанного алгоритма идентификации (рис. 2).

1. Ввод матрицы данных – проектировщик задает матрицу входных значений, включающая точки со значениями и временами переходной характеристики, такими как  $X_{уст}$  и  $t_p$ ,  $X_{\max}$  и  $t_{\max}$  и т.д.

2. Расчет основных показателей качества – подсчитываются основные показатели, например, перерегулирование.

3. Ввод заданной погрешности и вид нулей и полюсов объекта – проектировщиком вводится заданная ошибка идентификации в процентах и вид нулей и полюсов (вещественные, комплексно-сопряженные).

4. Формирование системы уравнений (2.1).

5. Решение системы уравнений.

6. Вычисление ошибки идентификации – по вычисленным параметрам объекта строится идентифицированная переходная характеристика и по определенным моментам времени подсчитывается погрешность.

7. Определенная ошибка меньше заданной – производится сравнение заданной ошибки и полученной ошибки идентификации, если найденная ошибка больше заданной, то программа переходит к блоку 3. Если найденная ошибка меньше заданной, то программа переходит к блоку 8.

8. Построение переходных характеристик в одних осях – В одних осях строятся заданная и идентифицированная переходная характеристика.

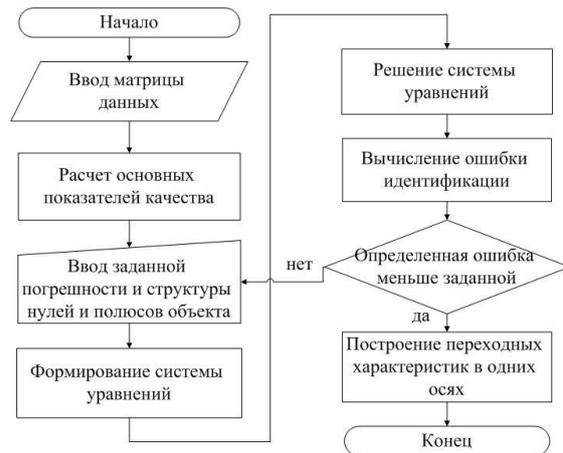


Рис. 2. Блок-схема предложенного подхода к идентификации

### Заключение

Разработанный алгоритм идентификации линейных динамических объектов позволяет проектировщику решить задачу идентификации с заданной точностью, а для ее достижения интерфейс разработанного программного обеспечения позволяет проектировщику задавать различную структуру идентифицируемого объекта управления.

### Литература

1. Трошина Г. В. Активная идентификация линейных динамических дискретных стационарных объектов во временной области: диссертация кандидат технических наук – Новосибирск, 2007. – 171с.

2. Маркова Т.Н. Идентификация линейных динамических систем в задачах стохастического

оптимального квадратичного управления: диссертация кандидат технических наук – Тула, 2000. – 142с.

динамических объектов: диссертация кандидат технических наук – Томск, 2011. – 157с.

3. Ефимов С.В. Идентификация линейных

## РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПОИСКА И СОРТИРОВКИ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНЫХ LEGO РОБОТОВ

Воронин А.А.

Научный руководитель Т.В. Александрова ассистент кафедры ИКСУ  
Томский политехнический университет  
[aleksandr\\_av@bk.ru](mailto:aleksandr_av@bk.ru)

### Постановка задачи

Одной из важных проблем существующих современных мобильных роботов (МР), является определение формы объектов и различные действия над ними. Для успешного определения объекта и дальнейшей сортировки бортовая система робота должна уметь правильно распознать объект, и при этом совершить необходимые действия для сортировки полученных данных.

Важными свойствами системы управления мобильным роботом (МР) является способность к обучению и адаптации, т.е. способность генерировать последовательность действий для решения поставленной цели, а также подстраивать свое поведение под изменяющиеся условия окружающей среды.

При решении задачи сортировки особое внимание следует уделить вопросу обеспечения устойчивости конфигураций при наличии динамических ошибок, а также ограничений на ресурсы управления. Обеспечение устойчивости конфигурации является разработкой надежного алгоритма поведения МР при езде по линии, при распознавании объектов и при их сортировке.

### Цель работы

Дано поле (рис. 1), робот должен выйти из старта и прибыть в зоны расположение шариков, где он должен распознать и с помощью захвата поднять шарик на борт, который нужно расположить в специальные корзинки (рис. 2). Объекты для сортировки могут относиться к трем цветам (синий, красный и желтый), которые нужно отсортировать к заранее заданному положению.

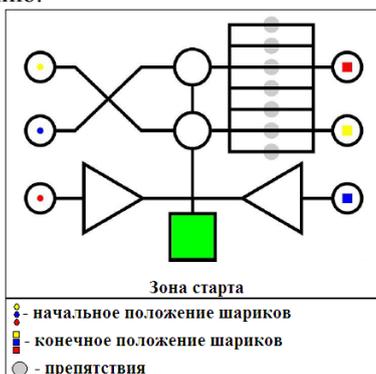


Рис. 1 Поле

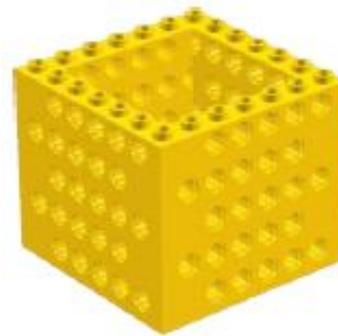


Рис. 2 Внешний вид корзинки

Необходимые условия при разработке алгоритмов для езды по линии, распознавания объектов и для их сортировки.

- Автономность
- Быстродействие системы
- Точность
- Плавность хода
- Надежность
- Простота

### Решение

Мобильный робот собран из кибернетического конструктора LEGO Mindstorms NXT 2.0. Программирование разработанных алгоритмов осуществлялось с использованием программной платформы Vgicx NXC.

В качестве примера мобильного робота была создана модель сортировщика (рис. 3) с использованием 3-х серводвигателей, 2-х датчиков света (для езды по линии) и RGB (для определения цвета шариков) датчика.

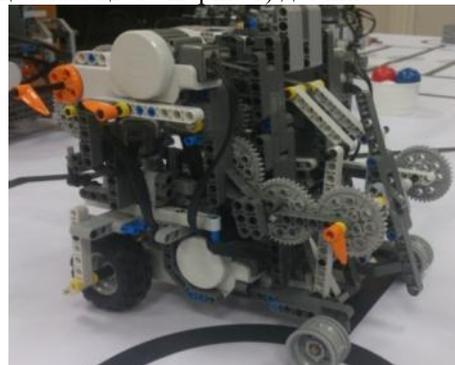


Рис. 3 Модель мобильного робота

Основной проблемой конструирования МР было создание захвата и сброс шариков, ведь эта конструкция должны обладать как захватом, так и спуском шариков в корзинки на одном двигателе. Это осуществляется с помощью так называемого переключателя. Он меняет захват с направление вращения (рис. 4).



Рис. 4 Переключатель

Езда по линии – разработка алгоритма движения, основана на Р – регуляторе, вследствие этого обеспечивается высокая надежность и высокая скорость перемещения МР по полю.

Алгоритм распознавания объектов включается строго в заданных местах, и представляет собой определение определения цвета шарика.

После определения цвета шарика в заданной точке, происходит сравнение с заранее измеренными значениями и далее робот приступает к сортировке

Плюсы:

Программа подходит для компиляции в NXT контроллер, что позволяет модели работать автономно, без использования компьютера.

Быстродействие системы и высокая точность.

Более высокая точность работы, не желе с другими языками программирования.

Высокая надежность выполнения алгоритма программы.

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ КИНЕМАТИКИ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ МАНИПУЛЯТОРОВ

Яковлев А.С.

Научный руководитель: Малышенко А.М., д.т.н., профессор  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: alexyakovlev90@gmail.com

Одной из характеристик современного производства является широкое применение автоматических и автоматизированных систем управления. Автоматизация основной части технологического процесса оставляет человеку выполнение лишь несложных, но однообразно повторяющихся утомительных вспомогательных ручных операций. Очевидно, что для решения проблемы комплексной автоматизации производства нужно создание принципиально новых машин, имитирующих действия человека в

Минусы:  
Различные значения при различной освещенности.

```
perek(Power,1,1,1);
if ( Sensor (DT_4)==1 || Sensor (DT_4)==2 ) {
  ForwardID(70,0);
  RotateMotors(OUT_AC);
  Turn(150,50) //пазарот
  RotateMotors(OUT_AC,Power,40);
  perek(1,1,1,1);
  RotateMotors(OUT_AC,70,700);
  RotateMotors(OUT_B,40,50);
  RotateMotors(OUT_AC,Power,-50);
  perek(Power,1,1,1);
  RotateRotationCount(OUT_AC);
  Turn(90,50) //пазарот
  ForwardID(100,0);
  perek(Power,1,1,1);
  RotateMotors(OUT_AC,Power,70,-100,true,true);
  ForwardID(100,0);
  RotateMotors(OUT_AC,Power,70,100,true,true);
  Turn(150,50);
  ForwardID(80,0);
  RotateID(100,0);
  perek(1,1,1,1);
}
else {
  Turn(150,50);
  ForwardID(80,0);
  RotateID(100,0);
  Turn(150,50);
  RotateID(100,0);
  perek(1,1,1,1);
}
}
for(i=0;i<10;i++){
  switch ( Sensor (DT_4) )
  case 0: //.....пазарот
    perek(Power,1,1,1);
    Turn(90,20);
    RotateMotors(OUT_AC,70,400);
    perek(1,1,1,1);
    RotateMotors(OUT_B,40,50);
    RotateMotors(OUT_AC,Power,-70);
    perek(Power,1,1,1);
    Wait(100);
    RotateRotationCount(OUT_AC);
    Turn(90,50);
    ForwardID(80);
    perek(Power,1,1,1);
    Turn(90,50);
    break;
  case 1: //.....пазарот
    if (Turn==Turn(90,50) ){
      else Turn(90,50);
      RotateMotors(OUT_AC,70,400);
      perek(1,1,1,1);
      RotateMotors(OUT_B,40,50) //пазарот пазарот
      RotateMotors(OUT_AC,Power,-70);
      perek(Power,1,1,1);
      Wait(100);
      RotateRotationCount(OUT_AC);
      Wait(100);
      if ( Sensor (DT_4)==1 || (i==3) || Sensor (DT_4)==2 ) Turn(90,50);
      else Turn(90,50);
      break;
    }
  }
}
```

Рис. 5. Пример программы в Brick NXC по распознаванию и сортировке

Алгоритм сортировки – наиболее сложная часть программы. Алгоритм стартует после того как МР соберёт все шарики, после этого, происходит определение цвета первого шарик. Далее МР сортировка.

Выводы: данная задача была полностью выполнена в рамках вторых Сибирских соревнований по робототехнике "РобоROOM 2012", МР показал наилучшее время и наилучший алгоритм определения и сортировки объектов.

Литература

1. Дональд Кнут Искусство программирования, том 3. Сортировка и поиск = The Art of Computer Programming, vol.3. Sorting and Searching — 2-е изд. — М.: «Вильямс», 2007.

2. Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн Алгоритмы: построение и анализ = INTRODUCTION TO ALGORITHMS — 2-е изд. — М.: «Вильямс», 2006.

трудовых процессах. Именно промышленные роботы являются таким классом производственных машин. Исполнительными устройствами в них стали многосвязные манипуляторы с управляемыми приводами по каждой степени подвижности.

Автоматизация сложных ручных операций с помощью серийно выпускаемых промышленных роботов практически невозможна. Поэтому необходима разработка специальных

промышленных роботов применительно к узкому классу технологических задач.

Таким образом, в процессе разработки отличающихся по конструктивному исполнению моделей манипуляторов возникает необходимость формализованного способа описания их кинематических цепей, позволяющего компактно и полно отображать всю необходимую совокупность данных о структурах и параметрах описываемого механизма. Подобный способ описания должен быть удобным для решения всей совокупности задач, связанных с формированием банков данных о манипуляторах, их структурным и кинематическим анализом на ЭВМ.

В данной работе, на основе ранее предложенного в [1] способа формализованного описания кинематических цепей манипуляционных механизмов разработано алгоритмическое и программное обеспечение для автоматизированного формирования моделей кинематики открытых кинематических цепей описываемых механизмов.

Как было упомянуто выше, актуальность решения данной проблемы связана с разработкой различных моделей манипуляционных механизмов, для которых необходимо проводить кинематический анализ.

Алгоритм разработан как для формирования уравнений кинематики по исходным данным в виде формализовано описанных элементов, так и для определения положения любой характеристической точки (центра сочленения или рабочего органа) кинематической цепи относительно абсолютной системы координат. Параметры, используемые при описании элементов кинематических цепей, являются позиционными, т. е. последовательность их записи строго определена. В связи с этим, каждый элемент (звено и сочленение) кинематической цепи имеет индивидуальный набор конструктивных параметров, по которым формируется однородная матрица размерностью  $4 \times 4$ , определяющая переход между ортогональными трехгранниками осей, связанными с характеристическими точками.

Ниже представлены наборы конструктивных параметров для основных элементов кинематических цепей, которые были подробно рассмотрены в [1] (звенья и одноподвижные сочленения), а также двухподвижных кинематических пар, которыми было дополнено исходное формализованное описание.

1. Сочленения. Идентификаторы сочленений начинаются с символа  $S$  (сочленение). Их структура имеет вид  $StY$ , где  $t$  – число степеней относительной подвижности звеньев кинематической пары, образуемой данным сочленением;  $Y$  – символ, указывающий на тип сочленения.

1.1. Неподвижное сочленение. Для него формализованное описание имеет вид  $SON(i, j, k, \gamma)$ .

1.2. Сочленение вращательного типа 5-го класса. Для этого типа сочленений формализованное описание имеет вид  $S1W(i, j, k, \gamma_0, \gamma, \gamma_m)$ .

1.3. Сочленение поступательного типа 5-го класса. Отличительная особенность кинематических пар с сочленениями данного типа – изменение длины оси одного из звеньев кинематической пары при их относительном смещении. Формализованное описание для данного сочленения:  $S1P(i, j, k, q, q_m)$ .

1.4. Сочленение цилиндрического типа 4-го класса. Подобное сочленение может быть представлено как совокупность двух сочленений вращательного и поступательного типа с промежуточным звеном нулевой длины. Исходя из этого, формализованное описание для данного сочленения:  $S2C(i, j, k, \gamma_0, \gamma, \gamma_m, q_0, q_m)$ .

1.5. Сочленение типа шарнира Гука. Данная кинематическая пара является двухподвижной и может быть описана путем представления ее как совокупности двух сочленений вращательного типа 5-го класса с промежуточным звеном нулевой длины. Описание для данного типа сочленения:  $S2G(i, j, k, \gamma_{01}, \gamma_1, \gamma_{1m}, \beta, \gamma_{02}, \gamma_2, \gamma_{2m})$ .

2. Звенья. Идентификаторы всех типов звеньев начинаются с символа  $Z$  (звено) и имеют структуру вида  $ZOY_1, Y_2, \dots, Y_l F$ . При этом вместо  $l$  символов в идентификатор вводятся символы тех сочленений, в которые входит данное звено. Символ  $O$  используется лишь в тех случаях, когда оно является основанием, а символ на позиции  $F$  – лишь тогда, когда оно является конечным звеном кинематической цепи манипулятора.

2.1. Звенья-основания манипуляторов. В кинематических цепях манипуляторов чаще всего это звенья-однополюсники с идентификаторами типа  $ZOY$ , где  $Y \in \{W, P, N, G, \dots\}$ . Учитывая все необходимые параметры формализованное описание основания:  $ZOY(k, i, L_x, L_y, L_z, \alpha, \beta)$ .

2.2. Подвижные звенья. Они характеризуются, прежде всего, типом сочленений, в которые входят, а также числом связанных с ними характеристических точек манипулятора (числом символов, стоящих в их идентификаторах после  $Z$ ). Для подвижных звеньев конструктивные параметры – это совокупность, данных, необходимых для однозначного определения переходов между трехгранниками осей, жестко связанными с этим звеньями в их характеристических точках, что в дальнейшем позволяет формировать матрицы однородных преобразований для перехода из одной характеристической точки в другую. Описание звена, соединяющего два сочленения имеет вид:  $ZWQ(k, i, m, \beta, L, \gamma, \alpha)$ , где  $Q \in \{W, P, N, G, \dots\}$ .

При формализованном описании всех элементов кинематической цепи манипулятора основная сложность заключается в правильном расположении трехгранников осей во всех характеристических точках цепи, учитывая параметры переходов между трехгранниками всех звеньев.

Получаемые модели кинематики являются результатом перемножения однородных матриц от каждого формализованного описанного элемента кинематической цепи. Для каждого элемента формируется одна или несколько элементарных матриц, к которым относятся три матрицы поворота [2]:

1. матрица, описывающая поворот вокруг оси X на произвольный угол  $\alpha$ :

$$T_{x,\alpha} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

2. матрица, описывающая поворот вокруг оси Y на произвольный угол  $\beta$ :

$$T_{y,\beta} = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

3. матрица, описывающая поворот вокруг оси Z на произвольный угол  $\gamma$ :

$$T_{z,\gamma} = \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Параллельный перенос системы координат между двумя характеристическими точками может быть выполнен с использованием однородной матрицы переноса:

$$T_L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_x \\ 0 & 1 & 0 & L_y \\ 0 & 0 & 1 & L_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где  $L_x, L_y, L_z$  – переносы по осям координат  $x, y, z$  соответственно.

Модели кинематики могут формироваться как от звена-основания до характеристической точки конечного звена, так и для любого участка открытой кинематической цепи, т.е. начальная и конечная характеристические точки могут быть любым (желаемым) сочленением.

Программное обеспечение реализовано на языке Object Pascal в среде объектно-ориентированного программирования Delphi 7.0. В основе разработки приложения в среде Delphi лежит проект. Центральной частью проекта является форма, на которую помещаются необходимые для решения конкретной задачи компоненты. В такой последовательности: проект – форма – компоненты, и выполнено программное обеспечение, реализующее поставленную задачу, что делает его интерфейс предельно понятным и удобным для использования.

В качестве дальнейшего развития данной проблемы программа, решающая задачи формирования моделей кинематики для открытых кинематических цепей, может быть адаптирована для решения указанных задач в манипуляторах с параллельной кинематикой, таких как трипод, гексапод, и т.д. Такие манипуляторы имеют более высокий показатель грузоподъемности, высокую точность позиционирования рабочего органа и относительно высокую жесткость.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Малышенко А.М. Формализованное описание структур и параметров кинематических цепей манипуляторов// Известия АН СССР. Машиноведение № 4, 1989 г.
2. Фу К., Гонсалес Р. Робототехника: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 624 с.
3. Mitrouchev P. Kinematic design and description of industrial robotic chains. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.intechopen.com/source>, свободный.
4. Пестриков В.М., Маслобоев А.Н. Delphi на примерах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 496 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ДЕНАВИТА–ХАРТЕНБЕРГА И ФОРМАЛИЗОВАННОГО СПОСОБА ОПИСАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КИНЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МАНИПУЛЯЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Яковлев А.С.

Научный руководитель: Малышенко А.М., д.т.н., профессор  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: alexyakovlev90@gmail.com

В настоящее время автоматические манипуляторы с программным управлением (манипуляционные роботы) и манипуляторы с ручным управлением включают в себя сотни отличающихся по конструктивному исполнению моделей, причем их число продолжает интенсивно нарастать. Несмотря на то, что

простые по сложности движения на сегодняшний день могут быть выполнены с использованием серийно выпускаемых промышленных роботов, автоматизация сложных ручных операций является весьма трудоемкой задачей, и связана с проектированием специальных манипуляционных

механизмов применительно к узкому классу технологических операций.

На определенных этапах разработки новых моделей манипуляторов, а в дальнейшем и для управления ими необходимо проводить кинематический анализ механизмов, заключающийся в аналитическом описании пространственного расположения многозвенной структуры манипулятора. В случае если для конкретного манипулятора при заданных геометрических параметрах звеньев и известному вектору присоединённых углов необходимо определить положение и ориентацию схвата манипулятора относительно абсолютной системы координат задана кинематики называется прямой. Для обратной задачи все в качестве исходных данных определено требуемое положение и ориентация рабочего органа, а нахождению подлжит вся совокупность значений вектора присоединённых координат, удовлетворяющих требуемому положению.

Наиболее популярным на сегодняшний день аппаратом для решения прямых и обратных задач кинематики открытых кинематических цепей манипуляторов (КЦМ) являются параметры Денавита–Хартенберга (в литературе их называют ДХ-представление) [1]. Однако использование данного метода сопровождается некоторыми неудобствами, которые будут рассмотрены далее. Другим методом решения задач кинематического анализа является применение формализованного способа описания (ФО-метода) КЦМ, предложенного профессором Малышенко А. М. и подробно описанном в [2]. Опишем подробно оба метода, параллельно анализируя их различия.

### 1. Используемый математический аппарат.

При решении задач кинематики манипуляторов оба способа ориентированы на использование матричного метода, смысл которого заключается в формировании однородной матрицы преобразования, имеющей размерность  $4 \times 4$  и описывающей положение системы координат каждого звена относительно системы координат предыдущего звена. Это дает возможность последовательно преобразовать координаты схвата манипулятора из системы отсчета, связанной с последним или произвольным выбранным звеном, в базовую систему отсчета, являющуюся инерциальной системой координат для рассматриваемой динамической системы.

2. **Описание геометрии механизма.** Для описания связей между соседними звеньями оба метода основываются на последовательном построении систем координат, центры которых жестко связаны с выбранными характеристическими точками КЦМ. В ДХ-представлении каждая система координат формируется следующим образом (рис. 1).

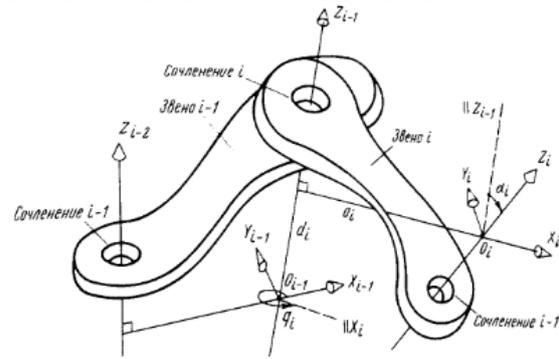


Рис. 1. Построение трехгранников осей в ДХ-представлении

Для расстановки осей придерживаются следующих правил: 1) располагаем ось  $z_i$  каждого трехгранника в направлении оси  $i$ -го сочленения; 2) началом  $i$ -й системы координат может являться либо точка пересечения осей  $z_{i-1}$  и  $z_i$  ( $z_i$  направлена вдоль оси  $i$ -го сочленения), либо точка пересечения общей нормали к этим осям с осью  $z_i$ , если оси сочленений не пересекаются (как показано на рис. 1); 3) ось  $x_i$  строится вдоль общей нормали к осям; 4) ось  $y_i$  дополняет построенные оси и должна своим направлением образовывать правостороннюю систему координат  $O_i x_i y_i z_i$ . Основным недостатком изложенного способа является отсутствие прямой связи между центрами трехгранников осей с центрами сочленений, в результате чего характеристические точки могут располагаться на расстоянии от КЦМ. Это накладывает некоторые ограничения на структуру робота, т.к. данный способ удобно использовать только для случаев, когда оси соседних сочленений взаимно ортогональны или коллинеарны.

Очевидно, что более удобным размещением трехгранников является случай, при котором их центры будут совпадать с центрами сочленений. Именно это условие является ключевым при расстановки систем координат по методу ФО, т.к. характеристические точки изначально определяются в центре каждого сочленения (последняя точка может определять как центр системы координат схвата, так и систему координат произвольного звена цепи) (рис. 2).

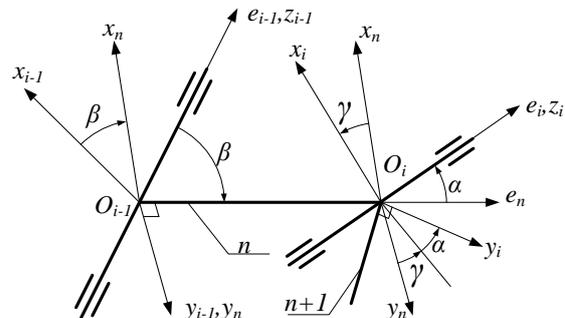


Рис. 2. Переходы трехгранников в ФО-методе

Порядок расстановки осей систем координат следующий: 1) ось  $z_i$  каждого трехгранника традиционно располагаем в направлении оси  $i$ -го сочленения; 2) ось  $y_i$  должна быть ортогональна  $(n + 1)$ -му звену; 3) ось  $x_i$  располагаем в соответствии с правосторонней системой координат.

3. **Используемый набор параметров.** Из рисунков 1,2 не трудно заметить, что относительное расположение двух звеньев друг относительно друга описывается различным набором параметров для рассматриваемых способов представления КЦМ. При использовании метода ДХ любое вращательное или поступательное движение полностью описывается четырьмя параметрами, включающие в себя два линейных смещения и два поворота вокруг осей: 1)  $a_i$  – линейное смещение – расстояние от  $z_{i-1}$  до  $z_i$  вдоль  $x_{i-1}$ ; 2)  $\alpha_i$  – угловое смещение – угол, на который надо повернуть ось  $z_{i-1}$  вокруг оси  $x_i$ , чтобы она стала коллинеарной с осью  $z_i$ ; 3)  $d_i$  – расстояние от оси  $x_{i-1}$  до оси  $x_i$ , отсчитываемое вдоль оси  $z_i$ ; 4)  $\theta_i$  – присоединенный угол – угол, на который надо повернуть ось  $x_{i-1}$  вокруг оси  $z_i$ , чтобы она стала коллинеарной с осью  $x_i$ . Заданное количество параметров является минимальным для описания любой кинематической цепи, содержащей лишь сочленения вращательного и поступательного типа. Недостатком является только то, что описание ДХ одновременно вбирает в себя параметры двух связанных элементов (звена и сочленения), и позволяет использовать только два присоединенных параметра (переноса и поворота) для одной кинематической пары. Отсюда появляется невозможность применения параметров ДХ для описания кинематических цепей, содержащих некоторые пары 3-х и 4-х классов, в частности сочленение типа шарнир Гука, сферическое сочленение и двухподвижное сочленение сферического типа с движущимся в прорези пальцем.

На этот случай ФО-метод предусматривает описание каждого отдельного элемента КЦМ – звена или сочленения. Этот способ предусматривает использование наборов данных, легко определяемых по конструкторской документации на манипулятор. Углы поворота систем координат, показанные на рисунке 2,

определяют переходы трехгранников осей для определения положения относительной системы координат связанной с выбранной характеристической точкой в абсолютной системе отсчета. Для преобразования координат здесь используется также четыре параметра, три из которых углы поворота, необходимые для совпадения трехгранников двух соседних сочленения, а четвертый параметр переноса центра систем координат от одного сочленения к другому представляет собой длину звена.

4. **Данные о структуре.** Структурная информация в ДХ-представлении отсутствует, т.к. параметры данного описания предназначены только для решения задач кинематики и никакой другой информации не несут. Здесь, в качестве описания механизма более привлекательным является метод ФО, т.к. ориентирован на подробное представление информации о кинематике манипулятора в краткой форме, по которой можно получить все необходимые данные о КЦМ. Часть параметров, используемая в ФО, для описания произвольного элемента отражает структурные связи в кинематической цепи.

5. **Идентификация элементов.** Еще одним отличительным удобством использования ФО-метода является наличие идентификатора для каждого элемента КЦМ, позволяющего определить тип сочленения или звена (каждое звено определяется типом соединений с соседними звеньями).

Таким образом, преимущества использования ФО, определены более простым описанием геометрии кинематической цепи с целью последующего кинематического анализа, более подробным представлением данных о механизме, а также возможностью получения кинематической модели механизма с сочленениями 3-х и 4-х.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Фу К., Гонсалес Р. Робототехника: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 624 с.
2. Малышенко А.М. Формализованное описание структур и параметров кинематических цепей манипуляторов// Известия АН СССР. Машиноведение № 4, 1989 г.

## РЕАЛИЗАЦИЯ БПФ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ С АРХИТЕКТУРОЙ ARM CORTEX M3

Буй Б.З.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
sainvct@gmail.com

В последнее десятилетие происходит бурное развитие такого направления в микроэлектронике,

как микропроцессорная техника. На смену громоздким и дорогостоящим устройствам

приходят современные быстродействующие компактные цифровые устройства на миниатюрных микропроцессорах. Микропроцессор это устройство, отвечающее за выполнение арифметических, логических операций и операций управления. Совершенствование технологии изготовления электронных компонентов привело к появлению весьма дешевых и эффективных в вычислительном плане устройств. На рынке представлено множество микропроцессоров отличающихся как ценой, так и характеристиками производительности. Среди микропроцессоров для встроенных систем одними из самых перспективных и быстродействующих являются микропроцессоры построенные на ядре ARM. Среди этих устройств лидирующее место занимают 32-разрядные микропроцессоры Cortex M3 [1] выделяющиеся оптимальной ценой и производительностью. На выпуске этих микропроцессоров специализируются многие известные фирмы, такие как Atmel, Texas Instruments, ST Microelectronics, NXP, и др.

Перечислим основные достоинства микроконтроллеров ARM Cortex-M3 [1, 2].

- Полностью 32-битная архитектура: все регистры 32-битные, арифметические операции работают с 32-битными данными; операция умножения 32-разрядных чисел выполняется за 1 такт, деление за 2-12 тактов. За счет высокой разрядности эти микропроцессоры отличаются высоким быстродействием по сравнению с 8-ми и 16-битными микроконтроллерами

- Характерное для архитектуры RISC большое количество (от 16) регистров общего назначения.

- Поддержка режимов энергосбережения.

- Наличие 24-битного системного таймера (SysTick) позволяющего задавать интервалы срабатывания в широких пределах. Это неоспоримое достоинство при реализации конечных автоматов и планировщика RTOS.

- Полноценная поддержка специализированного аппаратного интерфейса на базе стандарта IEEE 1149.1 (Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture). Интерфейс предназначен для подключения сложных цифровых микросхем или устройств уровня печатной платы к стандартной аппаратуре тестирования и отладки.

- Встроенный контроллер прерываний (Nested Vectored Interrupt Controller (NVIC)) поддерживает до 240 прерываний и до 256 приоритетов, при этом обеспечивает высокоскоростную реакцию на прерывания.

- Полноценная поддержка и реализация прямого доступа к памяти (Direct Memory Access) реализована на специализированном контроллере DMA, позволяющем периферийным устройствам со следующими интерфейсами: UART, SPI, I2C

отправлять/записывать данные в оперативную память микроконтроллера без его непосредственного участия, что значительно повышает быстродействие устройства.

- Специализированный набор инструкций Thumb-2 [2] позволяет создавать весьма компактный исполняемый код.

- Разработанный набор инструкций ориентирован на работу с популярным компилятором языка высокого уровня C.

- Продвинутое средство разработки и отладки программного кода.

Рассмотренные микроконтроллеры Cortex M3 находят широкое применение в устройствах цифровой обработки сигналов (ЦОС). Cortex M3 имеют производительность в десятки MIPS, низкое потребление энергии и, как правило, наличие разнообразных периферийных устройств, выполненных на кристалле, что делает данный тип микроконтроллеров подходящим средством для реализации цифровой обработки сигналов в недорогих устройствах.

Одной из наиболее распространенных задач ЦОС является задача расчета спектрального состава сигнала. Среди существующих алгоритмов расчета спектрального состава сигналов наиболее известен и легко реализуем алгоритм Кули-Гюки [3]. Это весьма эффективный алгоритм вычисления дискретного преобразования Фурье (ДПФ), получивший название быстрого преобразования Фурье (БПФ). Основным недостатком этого алгоритма является ограничение к размеру выборки сигнала:  $N = 2^n$ , где  $n$  – целое положительное число больше 1. Алгоритмы БПФ [4] позволяют сократить общее количество вычислительных операций и, тем самым, повысить эффективность программных продуктов на их основе.

#### Алгоритм БПФ

$N$ -точечное дискретное преобразование Фурье – это  $N$  взвешенных сумм, каждая из которых состоит из  $N$  слагаемых. Каждое конкретное слагаемое получается комплексным умножением одной из входных точек на один из известных коэффициентов. Таким образом, прямое вычисление ДПФ требует около  $2N^2$  операций комплексного умножения и сложения.

Быстрое преобразование Фурье – это способ эффективного вычисления ДПФ позволяющий получить тот же результат за меньшее число вычислительных операций. Если  $N=A \cdot B$  – составное число, то результат можно получить, сделав  $A$   $B$ -точечных и  $B$   $A$ -точечных преобразований. Общее количество вычислительных операций при этом составит  $N \cdot \log_2 N^2$ . Основной эффект от использования этого способа вычисления будет проявляться при значительном размере выборки дискретизированного сигнала. При использовании данного алгоритма основное время выполнения

преобразования Фурье будет определяться временем вычисления двухточечного преобразования, которое принято называть “бабочкой” [5]. Эта базовая операция записывается следующим образом:

$$y_1 = x_1 + x_2 \cdot w, \quad y_2 = x_1 - x_2 \cdot w,$$

где  $x_1, x_2$  – исходные точки,  $y_1, y_2$  – результат,  $w$  – комплексный коэффициент.

#### Реализация

Далее рассмотрена задача вычисления БПФ на микроконтроллере Cortex M3, исходя из условий, что разрядность исходных данных составляет 16 бит и разрядность коэффициентов должна быть не менее 16 и, при этом, не происходило потери точности.

Ниже приведен листинг программного кода функции реализующей двухточечное преобразование “бабочка”, написанный на языке C для процессоров с архитектурой ARM Cortex M3.

```
void core_fft_i16 (fft_context_i16_t * context,
fft_i16_t * dest, fft_i16_t * src, int sign){
    int n, k, m;
    int half_N;
    int k2;
    int twiddle;
    int twiddle_jump;
    int twiddle_max;
    int n_jump;
    int n_start;
    fft_i16_t tmp_product;
    fft_i16_t twiddle_factor;
    fft_i16_t tmp;
    for (n=0; n < context->N; n++)
    {
        m = bit_reversal (n,context->order);
        dest[n] = src[m];
    }
    half_N = context->N >> 1;
    for (k=0; k < context->order; k++)
    {
        n = 0;
        k2 = (1<<k);
        twiddle_max = (1<< (context-
>order - 1));
        twiddle_jump = (1<< (context-
>order - k - 1)); //equals 2^(kmax - k)
        n_jump = k2<<1;
        n_start = 0;
        for (twiddle = 0; twiddle <
twiddle_max; twiddle += twiddle_jump)
        {
```

```
twiddle_factor.real =
context->twiddle_table[twiddle].real;
twiddle_factor.imag =
context->twiddle_table[twiddle].imag * sign;
for (n=n_start; n < context-
>N; n+= n_jump)
    {
        m = n+k2;
        tmp_product =
mult_i16 (dest[m], twiddle_factor);
        tmp =
scale_add_i16 (dest[n], tmp_product, context->scale);
        dest[m] =
scale_subtract_i16 (dest[n], tmp_product, context-
>scale);
        dest[n] = tmp;
    }
    n_start++;
    }
}
```

#### Заключение

Применение микропроцессоров ARM Cortex M3 в устройствах цифровой обработки сигналов позволяет избежать использования специализированных и имеющих большую стоимость устройств.

Благодаря 32-битной архитектуре и высокому быстродействию вычислительного ядра, микропроцессор ARM Cortex M3 обеспечивает эффективность вычислений.

На основе рассмотренного микропроцессора ARM Cortex M3 планируется разработка базового устройства обработки цифровых сигналов. Созданные алгоритмы также будут использоваться при разработке портативного прибора обнаружения утечек в трубопроводах.

#### Литература

1. Yiu J. The definitive guide to the ARM Cortex-M3. Elsevier Inc., Oxford, 2007. – P. 380.
2. Martin T. The insider's Guide To the STM32 ARM Based Microcontroller. Hitex (UK) Inc., Coventry, 2009. – P. 106.
3. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. 2-е изд. – М.: Вильямс, 2008. – 992 с.
4. Нуссбаумер Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления свертки. – М.: Радио и связь, 1985. – 248 с.
5. Л. Рабинера и Б. Гоулда Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М.: Издательство «Мир», 1978 г. – 847 с

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЙ ПЛАВИЛЬНЫМИ ПЕЧАМИ

Колпащиков К.В., Ефимов С.В.

Томский политехнический университет  
Kos\_bad\_boy@inbox.ru

### Введение

В данное время все больше предприятий переходят к механизации производственных процессов. Под механизацией производственных процессов понимают частичную или полную замену ручного труда машинным, тем самым добиваются повышения качества производства и уменьшение экономических затрат. При этом функции управления и контроля выполняются рабочим. Автоматическая система управления алюминий плавильными печами представляет собой комплекс программных решений, который обеспечивает полную или частичную автоматизацию производственного процесса на предприятии. Система управления позволит следить за процессом, и управлять технологическим процессом плавления алюминия в ручном и автоматическом режиме. В целом, система управления представляет собой комплект программного и аппаратного оборудования – это датчики температуры (термопары), контроллер, модули ввода/вывода, рабочую станцию, исполнительные устройства. Управление выполняет оператор на рабочей станции, куда поступают все сведения о технологическом процессе, данные ошибок и информация о состоянии исполнительных устройств. Данная система управления позволяет следить за 8 алюминий плавильными печами одному рабочему, и обеспечивать наиболее точное управление процессом плавления, чем локальное. На рисунке 1 представлены модели локального и автоматического управления.

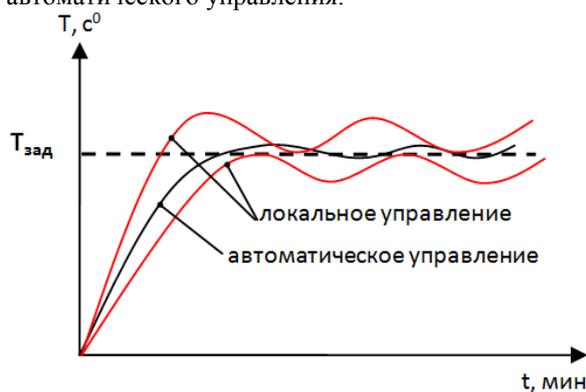


Рис. 1. Модели управления

Целью работы является разработка системы управления алюминий плавильными печами для обеспечения требуемого качества технологических процессов плавления алюминия, отслеживания и контроля потребляемой мощности при получении конечного продукта, а

значит, повышения качества выпускаемой продукции.

Система включает в себя:

- программируемый логический контроллер (ПЛК150-220.А-М);
- модуль дискретного вывода (МУ110-224.8Р);
- модуль аналогового ввода (МВА8)
- модуль дискретного ввода (МВ110-224.8ДФ);
- анализатор параметров электрической сети (N14 Lumel);
- блок питания на 24 В;
- выключатели автоматические, реле, клеммники;
- источник бесперебойного питания (UPS);
- рабочая станция;
- мастер Scada (MSRT-500-Net);
- корпус АВВ напольный, ВШГ 1870x570x360;

Структурная схема приведена на рис. 2.

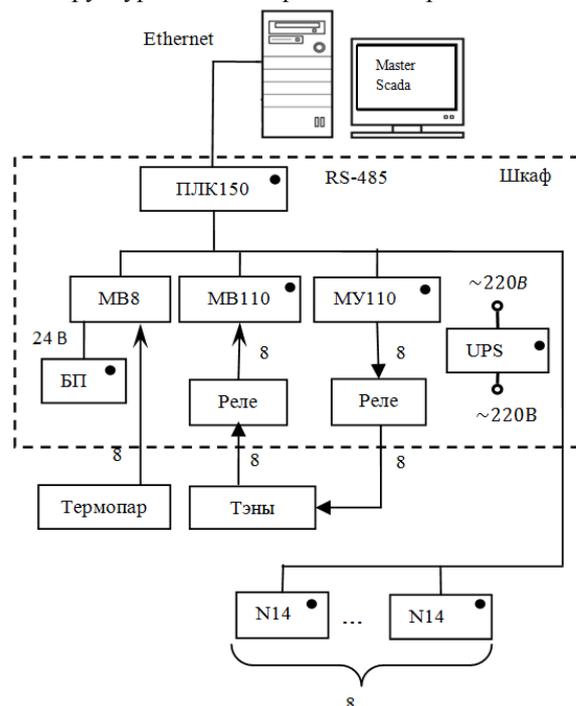


Рис. 2. Структурная схема СУ

Связь контроллера с модулями устройства связи с объектом (УСО) (модулями аналогового и дискретного ввода/вывода, а также анализаторов параметров электрической сети) реализована по интерфейсу RS-485 [1]. Все модули УСО соединены последовательно каскадом по интерфейсу RS-485. В стандарте интерфейса RS-485 для передачи и приёма данных используется одна витая пара проводов, сопровождаемая

экранирующей оплеткой или общим проводом. Передача данных осуществляется с помощью дифференциальных сигналов. Разница напряжений между проводниками одной полярности означает логическую единицу, разница другой полярности – ноль.

#### **Электрические и временные характеристики интерфейса RS-485**

- До 32 приёмопередатчиков в одном сегменте сети.

- Максимальная длина одного сегмента сети: 1200 метров.

- Только один передатчик активный.

- Максимальное количество узлов в сети – 256 с учётом магистральных усилителей.

Передача данных идёт по двум линиям, А и В.

- Логическая единица:  $(B - A) > +200\text{мВ}$

- Логический ноль:  $(B - A) < -200\text{мВ}$

Рассмотрим функционирование системы управления. Датчики температуры, термопары – термоэлементы, применяемые в измерительных и преобразовательных устройствах, а также в системах автоматизации. Аналоговые сигналы с термопар поступают на входы аналогового модуля ввода [2]. Данные фильтруются от промышленных импульсных помех, производится коррекция измеряемых величин с целью устранения погрешностей первичных преобразователей, а в случае возникновения неисправности в данном канале формируется цифровой код, указывающий на тип неисправности. С аналогового модуля передается информация о значениях, измеренных термопарами, на центральный процессор контроллера по интерфейсу RS-485.

Исполнительные устройства трубчатые электронагреватели (тэн) Дискретные сигналы подаются с тэнов через реле и поступают на вход дискретного модуля ввода [3]. Прибор используется для контроля подачи напряжения питания на тэны, а также для подсчета числа включений тэнов или перебоев в подаче электропитания на оборудование. С дискретного модуля ввода данные поступают в центральный процессор контроллера по интерфейсу RS-485.

Состояния электрической сети питания тэнов определяется за счет электрических анализаторов сети, что позволяет управлять и оптимизировать, работу тэнов. Измеряя значения напряжения и тока, реактивной и полной мощности и энергии др. Данные поступают в центральный процессор контроллера по интерфейсу RS-485 [4].

Данные, коммутируемые с модулей УСО на центральный процессор контроллера, обрабатываются и передаются через канал связи

Ethernet на рабочую станцию, представляющую из себя персональный компьютер, где отображаются на SCADA-формах данные о ходе технологического процесса [5]. Управляющие сигналы со SCADA-форм по протоколу Modbus TCP/IP через канал Ethernet поступают на центральный процессор контроллера, где обрабатываются, а затем передаются на дискретный модуль вывода.

Дискретный модуль вывода управляет, связанный с центральным процессором контроллера сетью RS-485, и вырабатывает управляющие сигналы реле, которые задействованы в схемах управления электрических тэнов [6].

Спроектированная система управления запитана через источник бесперебойного питания, что оберегает всю систему управления от скачков напряжения, также дает возможность работать определенное время при отключении электропитания.

#### **Заключение**

Таким образом, разработана система управления алюминий плавильными печами. Внедрение данной системы решает задачи качественного управления технологическими процессами при получении продукции из алюминия, а также ведет к сокращению энергетических затрат и повышению безопасности при ее эксплуатации.

#### **Литература**

1. Програмируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК150 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.owen.ru/catalog/81771770>
2. Модуль ввода аналоговый ОВЕН МВА8 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.owen.ru/catalog/16158393>
3. Модуль ввода дискретных сигналов ОВЕН МВ110-8ДФ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.owen.ru/catalog/81471545>
4. Анализатор энергопотребления N14 Lumel
5. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.energometrika.ru/catalog/432/>
6. Пьявченко Т.А. Проектирование АСУТП в SCADA-системе: Техническая литература, Технологический институт ЮФУ, Таганрог-2003-90с.
7. Модуль дискретного вывода ОВЕН МУ110-8Р [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.owen.ru/catalog/58584515>

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ 6-ТИ СТЕПЕННЫМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ГЕКСАПОДОМ СИСТЕМЫ ЮСТИРОВКИ КРУПНОГАБАРИТНОГО РЕФЛЕКТОРА АНТЕННЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Гусев В.Н., Казьмин В.П.

Томский политехнический университет  
slgu.men@sibmail.com

### Введение

Гексапод является объектом многих научных исследований. Известны примеры удачных конструкций станков, стендов и другого оборудования различного назначения на основе механизмов параллельной структуры. Исходя из общего вида гексапода, приведенного на рисунке 1, конструкция состоит из шести линейных

электромеханических приводов, снабженных датчиками положения, и соединенных с присоединительными фланцами через двухступенные опоры.



Рис. 1. Гексапод

Управление устройством перемещения рефлектора представляет сложный процесс - управление каждым электроприводом должно осуществляться по индивидуальному закону. Для реализации этого должно существовать вычислительное устройство, в котором заложена математическая модель гексапода, учитывающая и начальное (исходное) положение. Вновь задаваемое положение влечет за собой вычисление направления движения, скорость и величину пути. Такое вычислительное устройство должно так же входить в состав КИА и использоваться в испытаниях на заводе-изготовителе. Формируемые вычислительным устройством управляющие воздействия должны поступать на линейные электромеханические приводы через промежуточное устройство, на выходе которого направление движения задается логическим уровнем, скорость и величина пути задаются пачкой импульсов с управлением частотой и количеством импульсов. Необходимость управления скоростью (частотой импульсов) определяется по результатам

разработки геометрической модели конструкции УПР.

В качестве исполнительного устройства, осуществляющего линейное перемещение в соответствии с исходными данными, может быть применена передача «винт – гайка» или более сложное устройство – шариковая винтовая передача (ШВП), обладающая лучшими характеристиками по точности, надежности и экономичности. В ней осуществляется преобразование вращательного движения в поступательное, при этом винт приводится во вращательное движение двигателем, работающем в шаговом режиме. В настоящее время существует множество ПО для управления гексаподом, но специфика данных программ такова, что оператор управляет каждым приводом отдельно.

### Задачи

На данный момент существует несколько задач требуемых решения:

- Разработка программного обеспечения управления 6-ти степенным гексаподом.
- Вычисление точного местоположения платформы гексапода.
- Перемещение рефлектора на заданную величину

### Программное обеспечение для управления гексаподом

Программа управления представляет собой приложение под ОС Windows, Устройство (гексапод) содержит 6 контролеров, по одному на каждый привод. В свою очередь которые подключаются через СОМ-интерфейс. Программа предназначена для управления гексаподом, позволяет контролировать параметры управляющих двигателей, перемещать гексапод в заданное положение, по рассчитанной траектории. Основную информацию содержит главная форма программы. В верхней части формы размещены элементы управления устройством (открытие, контроль и изменение параметров двигателей). В нижней определены модели и манипуляции с ней (определяются параметры модели, рассчитывается и отображается траектория и движение по ней), а так же запуск движения устройства по траектории. На рисунке 2 представлена форма программы.

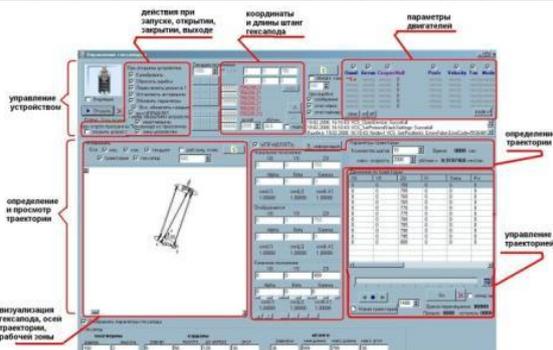


Рис. 2. Форма программы управления

Для начала в программе необходимо задать характеристики гексапода с помощью таких параметров:

- Параметры платформы гексапода
- Размеры кардана
- Размер штанги

#### Положение гексапода

Положение гексапода полностью определяется положением его верхней платформы (относительно нижней). Положение верхней платформы определяется положением связанной с нею системой координат. Положение системы определяется центром (смещением)  $X_0, Y_0, Z_0$  и углами эйлера (поворотом)  $\alpha, \beta, \gamma$ , относительно глобальной системы координат.

#### Траектория движения

Траектория движения - последовательность положений системы координат, связанной с верхней платформой, переводящей её из

начального положения в конечное. Траектория генерируется следующим образом: все параметры изменяются одновременно, с шагом, равным приращению, делённым на количество шагов. Для каждого шага рассчитываются длины штанг гексапода, а так же проводится контроль ошибок (выход длины штанги за пределы заданного диапазона, превышение угла наклона штанги). Ошибки подсвечиваются красным цветом, как в таблице, так и на изображении.

#### Заключение

В результате планируется разработать программное обеспечение управления 6-ти степенным гексаподом. На данный момент существуют аналоги, но функциональность данных программ ограничена. Чтобы переместить поверхность гексапода на заданную величину оператору необходимо работать с каждым из 6 контроллеров отдельно. Данный программный продукт будет работать совместно с 6 контроллерами.

#### Литература

1. «Микромашины малой мощности» М. «Энергия», 1978 г.
2. Е.Назаров Поднимите технологию из под ног. // Живая электроника России. 2000 г.
3. "Микроэлектронные элетросистемы. Применение в радиоэлектро-нике". Под редакцией Ю.И. Конева, М." Радио и связь", 1987 г.

**СЕКЦИЯ 5.  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И  
ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА В  
ПРОИЗВОДСТВЕ И УПРАВЛЕНИИ**

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ НЕДОСТАТКИ ОРГАНИЗАЦИИ И ИХ УСТРАНЕНИЯ

Прудников И.И.

Томский политехнический университет  
iprudnikov@yahoo.com

### Введение

Производственную практику я проходил в государственной организации – «Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области» (ДПРиООС), в подразделении ОГБУ. Мне был выделен собственный рабочий стол в офисе в отделении Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды в селе Молчаново.

Моей постоянной работой был мониторинг и обеспечение стабильной и бесперебойной работы рабочих станций в офисе. Что подразумевает своевременной обновление антивирусных баз, очистка флеш-накопителей от вирусов и троянов (вручную), ремонт оборудования, обучение сотрудников пользования ПК в частности: электронная почта, интернет, офисные приложения. Несколько раз выезжал на проверки с экологическим инспектором, заносил географические координаты точек в GPS-навигатор.

В ходе прохождения практики я выявил недостатки работы организации с точки зрения специалиста в области информационных технологий. Провел локальную сеть, нашел альтернативный и экономически выгодный способ подключения к сети Интернет. Поучаствовал во внедрении полноценного электронного документооборота и видеоконференций.

### Проблемы

Основным недостатком предприятия являлась нехватка локальной сети для более продуктивного рабочего процесса и удобства сотрудников. Основные проявления этого проявляются в лишней трате времени на печать документов, поиск необходимой информации, работы с почтовым сервисом, отправке и получении документов, связанных с деятельностью предприятия.

Соответственно, решить эту проблему можно было одним путем. Это создать небольшую локальную сеть внутри офиса и обеспечить доступ в сеть Интернет с любого компьютера внутри него.

В нашем случае первоначальное расположение рабочих станций показано на следующем рисунке (рис. 1).

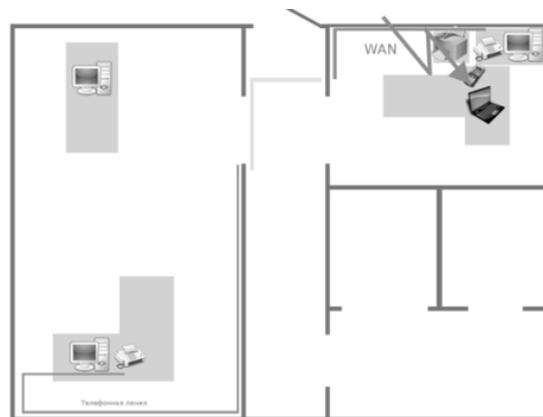


Рис. 1. Первоначальное размещение

На первый взгляд, может показаться, что в данном случае вполне достаточно простой локальной сети с топологией типа шина. Но некоторым сотрудникам выданы персональные мобильные компьютеры (лэптопы), что увеличивает количество рабочих станций, которым необходим доступ в сеть Интернет. Кроме того, многие сотрудники могут взять на работу собственные устройства, благодаря которым они выполняют свою работу. Это могут быть лэптопы, gps-навигаторы, планшеты с gps-навигатором и прочее. Поэтому необходимо обеспечить возможность доступа к сети на всех возможных устройствах, для передачи географических координат, обмена документами, ведения видеоконференций и деловых разговоров по ip-телефонии.

Поэтому считаю необходимым разместить беспроводную wifi-точку доступа со встроенным маршрутизатором и портами для подключения стационарных рабочих станций по средствам Ethernet.

Беспроводная точка доступа (англ. Wireless Access Point, WAP) – это беспроводная базовая станция, предназначенная для обеспечения беспроводного доступа к уже существующей сети (беспроводной или проводной) или создания новой беспроводной сети.

Точка доступа будет работать как отдельный сегмент (участник) сети и не будет влиять на загруженность рабочих станций. Кроме того она обеспечит надежную защиту и комфорт в использовании. Единственный минус в том, что такая точка доступа не будет использоваться на максимальных возможностях. Скорость подключения к сети Интернет все равно не будет действительно высокой, но этого вполне будет

достаточно для удовлетворения требований к информационным процессам на предприятии.

В итоге схема локальной сети будет выглядеть следующим образом:

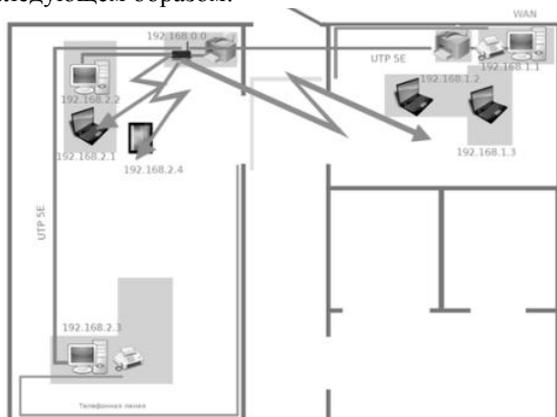


Рис. 2. Готовая схема локальной сети

Недостатком такой схемы локальной сети будет то, что подключение к сети Интернет осуществляется через один компьютер, который должен быть включен в тот момент, когда необходим доступ другим клиентам сети.

Но кроме нехватки локальной сети, существовали еще некоторые проблемы. В связи с переходом организации на электронный обмен документами, необходимо обеспечить достаточную скорость и качество интернет-соединения. Старый метод подключения к сети Интернет, через мобильный телефон Wellcom, обеспечивал недостаточную, низкую скорость для нормальной работы в сети, даже для работы с почтовым сервисом. Так же желательной чертой нового подключения является безлимитный тариф, позволяющий меньше заботиться о времени и количестве загруженной информации потраченных в работе.

Основная проблема в выборе нового типа подключения к сети интернет заключалась в малом количестве местных провайдеров. Нет провайдеров, которые бы обеспечивали кабельное подключение к сети, причиной этому является отдаленность одиночных объектов, что делает такие подключения экономически невыгодными.

Для данной организации, было два пути решения этой проблемы:

1. ADSL соединение, использующее телефонную линию для доступа к сети
2. Подключение к сети Интернет с использованием 3G-модема от провайдеров мобильной связи.

#### **Электронный документооборот**

Электронный документооборот это автоматизированные документационные процессы, связанные с различными видами обработки электронных документов и выполняемые посредством систем электронного документооборота (СЭД).

Автоматизированный документооборот предназначен для решения большого спектра задач. К таким задачам можно отнести:

1. Систематизацию и регламентацию работы с документами.
2. Подготовка документов по шаблонам.
3. Ведение номенклатуры дел организации
4. Автоматизацию учёта документов, в том числе:
5. Классификацию документов по различным критериям.
6. Регистрацию документов по заданным шаблонам и алгоритмам.
7. Учёт сроков хранения.
8. Помещение документов в дела и разбивка дел на тома.
9. Автоматизацию поиска документов
10. Электронную рассылку документов
11. Автоматизацию процедур коллективной работы с документом:
12. Разработка проекта документа.
13. Согласование документа.
14. Экспертиза документа.
15. Исполнение документа.
16. Обеспечение защиты от несанкционированного доступа и искажения или удаления информации.

Кроме выше перечисленного, современные СЭД так же реализует дополнительные задачи, которые раньше выполняли отдельные программы:

1. Оперативный обмен информацией и документами – вместо электронной почты и интернет пейджеров
2. Просмотр ленты новостей компании, ознакомление с опубликованными документами – вместо интранет порталов
3. Работа с органайзером и списком персональных поручений – вместо ежедневников

#### **Заключение**

Проходил производственную практику в Департаменте природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области (ДПРиООС), в подразделении ОГБУ. Выполнял роль системного администратора и системного аналитика, монтажника. Применил знания полученные за годы обучения в университете на реальной практике.

Сделал все усилия для внедрения новых технологий и поиска свежих решений в области информационных процессов на конкретном предприятии. Изучил структуру, документооборот и информационные технологии, которые использует предприятие.

Выполнением производственной практики доволен, атмосфера данной организации понравилась.

#### Литература

1. [Википедия] <http://ru.wikipedia.org/>
2. [Система электронного документооборота] <http://www.escom-bmp.com/>
3. [ МТС – оператор мобильной связи] <http://www.mts.ru/>
4. [Skype – интернет телефония и видеоконференции] <http://www.skype.com/>

## АВТОМАТИЗИЦИЯ ХАОСА, ИЛИ КАК ПОВЫСИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ НА ПРЕДПРИЯТИЕ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОДСИСТЕМ

Агафонова Е.В., Шандаров Е.С.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
[agafonovaev1991@gmail.com](mailto:agafonovaev1991@gmail.com)

Успешное ведение бизнеса в наши дни напрямую зависит от применения новейших информационных технологий, позволяющих обрабатывать информацию любого вида с наибольшей эффективностью. В связи с этим возникает необходимость использования автоматических средств, которые позволяют хранить, обрабатывать и распределять накопленные данные.

В связи с ростом числа компаний на рынке, постоянно растет и конкуренция, и выигрывает в этой борьбе та компания, которая сможет максимально ускорить процесс обработки данных, таких как заявки от покупателей, остатки товара и прочее. При этом необходимо обеспечить максимальную достоверность хранимой информации в базе данных и оперативность её обновления.

Рано или поздно в любой развивающейся компании возникает идея автоматизации ее бизнес процессов, но зачастую, выбрав плохую систему автоматизации, заказчик получает мало - эффективную, а порой и просто не работающую систему. Чтобы избежать таких ситуаций разработчику необходимо правильно подойти к анализу существующих проблемных ситуаций в действующей информационной системе предприятия и найти пути их решения.

В общем случае информационной подсистеме можно дать определение, как программно-аппаратному комплексу, решающему задачи: учета документов, их хранения; управления доступом; создания электронных документов всех информационных потоков предприятия; управления документооборотом; управления использованием хранимой информации, в том числе и для разработки новой [1].

Подсистема включает в себя элементы технологии создания и технологии работы с ней. Информация используется как в электронном виде, так и в "традиционном бумажном", т. к. учитывается возможность тиражирования (печати). Центром такой системы является архив (база данных) и система электронного документооборота (СЭД).

Наше время – время перемен, и среди предприятий многие либо ожидают реорганизации, либо находятся в процессе реорганизации, либо восстанавливают работоспособность после реорганизации. Именно поэтому внедряемая подсистема должна быть достаточно гибкой, чтобы позволить компании именно с ее помощью начать процесс совершенствования бизнес-процессов.

Автоматизированный хаос становится хаосом контролируемым, измеряемым и способным к упорядочению. Автоматизация существующих бизнес-процессов предприятия позволяет оценить меру хаоса и сделать процесс упорядочения бизнес-процессов естественным и эволюционным.

Информационная подсистема внедряется на предприятие, прежде всего для того, что бы объединить все его подразделения и все его функции в одной компьютерной системе, которая будет обслуживать потребности этих подразделений [2]. Разработка такого программного приложения является достаточно трудоемкой и непростой задачей. Обычно каждое подразделение использует определенные компьютерные средства в той или иной степени оптимизированные для решения поставленных задач.

Рассмотрим типичную ситуацию поступления заказа от клиента. В виде бумажного документа заказ начинается путешествие по кабинетам и службам, частенько перепечатываясь, отдельная информация из него вносится в частные базы данных подразделений. Каждая перепечатка, каждый дополнительный ввод данных чреват ошибками. В итоге финансовый отдел ничего не знает о состоянии склада и возможности выполнить заказ срочно.

Информационная подсистема имеет единую базу данных (архив) по всем подразделениям и задачам, так что доступ к информации становится проще, а главное подразделения получают возможность обмениваться информацией.

Средний процент времени, которое тратят сотрудники на обработку документов, по данным статистического исследования, составляет:

- на поиск и ожидание поступления документов – 20%;
- на согласование и утверждение документов – 20%;
- на передачу документов между подразделениями – 10%;
- на подготовку стандартных отчетов о движении документов – 10%.

Таким образом, сотрудники тратят 60% своего рабочего времени на рутинную обработку документов. При этом некоторые сотрудники тратят все свое время на эти операции.

Внедрение информационной подсистемы даст такие преимущества как:

- на поиск документов тратятся не часы, а секунды или минуты; ожидания документов не требуется – документы одновременно доступны всем имеющим к ним право доступа сотрудникам;
- процесс согласования и утверждения документов становится прозрачен и происходит в режиме реального времени;
- время на передачу документов между подразделениями не тратится вообще – карточки и файлы документов в режиме реального времени доступны всем имеющим к ним право доступа сотрудникам;
- подготовка стандартных отчетов о движении документов делается одним нажатием кнопки.

Исходя из этого видно, что использование информационной подсистемы позволяет экономить до 80% времени на вышеперечисленные виды обработки документов [3].

Так как же на практике создать информационную подсистему? Исследование нынешнего рынка показывает, что у данного вопроса есть две стороны: с одной - сколько предприятий, столько и взглядов, с другой стороны, с точки зрения математической статистики и теории вероятностей, логика присутствует везде и не существует "абсолютного хаоса". Поэтому во всех взглядах на решение существуют не только различия, но и общие стороны. Из общих взглядов на создание электронной системы, кроме того, что «она должна быть», можно выделить следующие:

- система должна хранить информацию;
- система должна регистрировать информацию;
- система должна предоставлять информацию;
- система должна позволять использовать информацию (не только "смотреть", но и редактировать, создавать новую на основе ранее созданной, причем, не "наноса ущерб" ранее помещенной на хранение информации);
- система должна управлять информацией;
- система должна быть модульной.

На рисунке изображено структурное представление решения.



Рис. 1. Структурная схема информационной подсистемы

Достаточно сложно выразить в цифрах эффект внедрения информационных подсистем так, как в каждом отдельном случае он будет разным, но основываясь на общем исследовании зависимость эффективности процессов предприятия от степени автоматизации изображена на рис. 2.



Рис. 2. Эффективность процессов предприятия

Оценку корпоративных информационных систем часто делают на основании перечня их заказчиков.

Заказчики из числа «лидеров» рынка – это компании, которые могут позволить себе потратить сотни тысяч долларов и десятки лет на внедрение - и не получить при этом результата. Статистика внедрения ERP в России это подтверждает - процент продуктивных внедрений невелик.

Заказчики из числа «аутсайдеров» рынка, т.е. компаний, которые вынуждены хорошо считать свои затраты на ИТ, гораздо более важны для оценки программного продукта. «Аутсайдеры» не могут позволить себе выбросить лишние деньги и время и не получить результата. «Аутсайдеры» приобретают корпоративную информационную

систему, только если им это действительно нужно для обеспечения и развития своего бизнеса. При этом «аутсайдеры» обязательно постараются выбрать самую эффективную и недорогую систему. Наличие внедрений у таких заказчиков очень ценно для системы [4].

Таким образом, если система работает у «аутсайдеров» рынка, небольших компаний, борющихся за свое существование на реальном рынке, то тем самым такая система доказывает свою эффективность.

**Литература:**

1. Теория и практика построения баз

данных: пер.с англ / Д. Кренке. – 9-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 858 с.

2. Информационный портал Asutp.ru – средства и системы компьютерной автоматизации [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.asutp.ru> – Загл. с экрана.

3. Бизнес в стиле фанк./ Йонас Риддерстрале, Кьелл А. Нордстрем - Стокгольмская школа экономики в Санкт-Петербурге, 2005. – 420с.

4. Моделирование сложных систем. / Бусленко Н. П., М.: Наука. 1968г.

**CREATING SOFTWARE FOR THE CALCULATION IN THE ELECTRICITY SUPPLY COMPANIES**

A.V. Aksyonov, N.A. Korotkih, I.S. Bykadarova

Research supervisor: Aksyonov S.V., associate professor.

Tomsk Polytechnic University

E-mail: [image@tpu.ru](mailto:image@tpu.ru)

The main problem for urban lighting ventures is the annual change of tariff plans and the schedule of urban lighting, which leads to the problem of information updating, the correct calculation and routine actions. To solve these problems, the streetLightDB program was created.

To reduce possible errors, as well as to automate the data calculation, the software development was started.

Since the target audience - users of this software - works with operating systems of Windows family, Microsoft Visual Studio environment with the programming language C # was chosen as a means of development. The main reason for the choice of C # is its versatility, broad functional and the ability to solve various engineering problems.

• The users have an opportunity to view the information in the database. This feature is implemented by the creation of different directories (fig. 1).

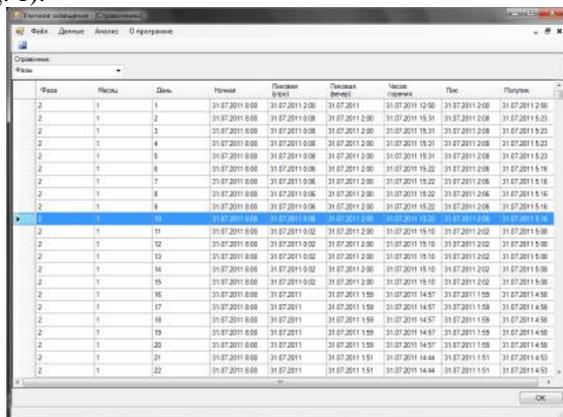


Fig. 1. Fragment of the program interface (information view in a database)

• The ability to change the type of load is automated (fig. 2).

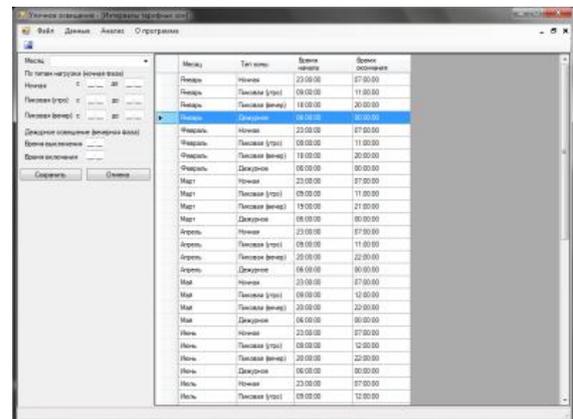


Fig. 2. Fragment of the program interface (the type of load by month)

• There is also the possibility of the changing of data - time supply of electricity to the cascades (fig. 3).

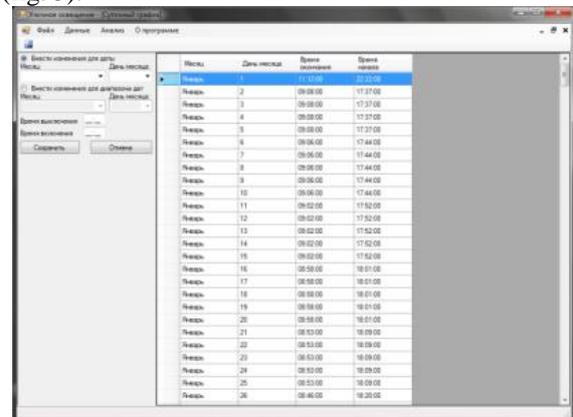


Fig. 3. Fragment of the program interface (switching on and off cascades)

• The program also contains the information about the placed lighting units in the cascades (fig. 4).

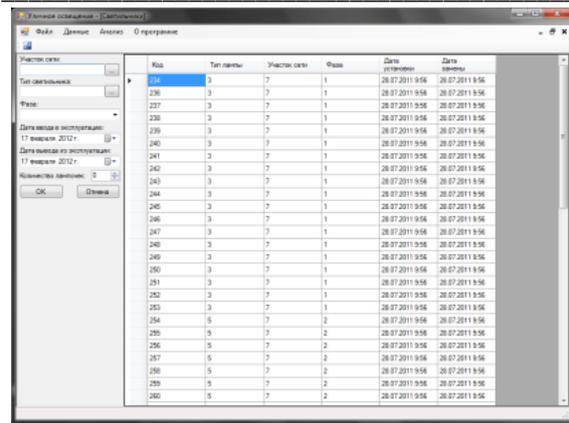


Fig. 4 Fragment of the program interface (interface of adding of lighting units)

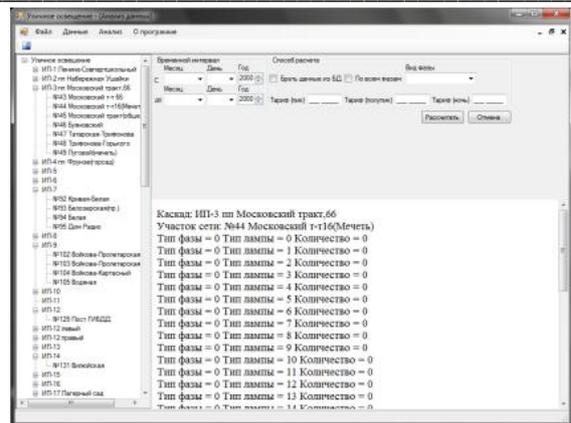


Fig. 6 Fragment of the program interface (data processing and analysis)

The main objects of the GUI are: TextBox, ComboBox, Button, Radiobutton, Label and DataGrid, are used to display the information from database tables.

The program has the following features:

1. Different methods of source data input by using TextBox, ComboBox and RadioButton.

2. A data validation occurs. This feature is created to except the transfer of incorrect data such as the symbolic information and the incorrect time intervals. The screening of the symbolic information occurs by using a special type TextBox, which does not pass the symbols (fig. 5). Numerical values are checked by a special method.

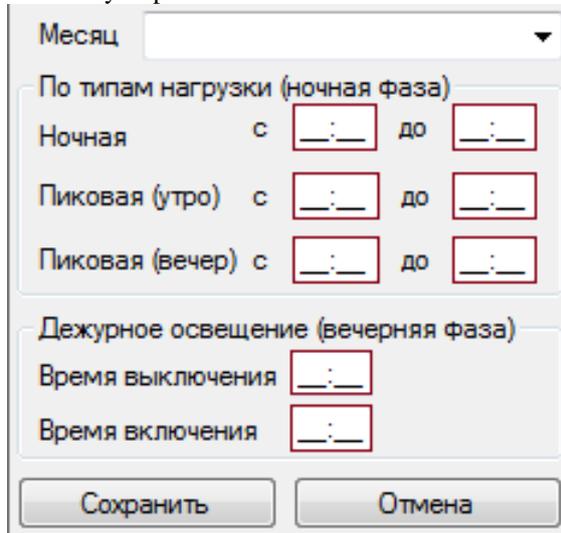


Fig. 5 Fragment of the program interface (data validation)

3. In the program there is the ability to analyze both the data from the database and the data entered from the keyboard. To select the method of calculation there is required to note CheckBox (fig. 6).

4. The database for the program is implemented on MySQL (fig. 7). It is an obvious advantage, since it allows to work in a local network to multiple users simultaneously. But the availability of the local network is not a mandatory requirement. All operations can occur on the local computer or even a laptop, because the program does not consume many resources. The sample from the database is executed by SQL queries.

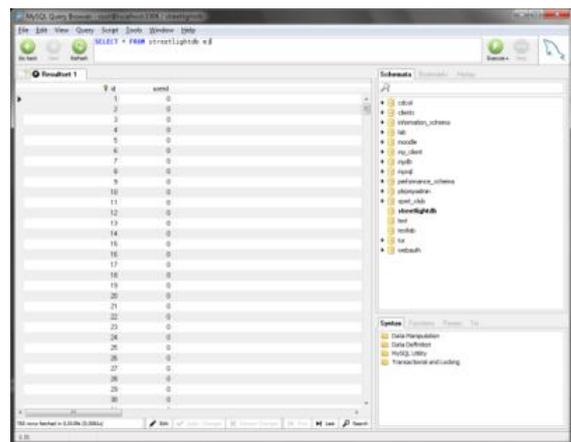


Fig. 7 Fragment of the program interface (MySQL database)

The program is error-tolerant, because the database is uploaded by each workstation; and the connection break with the database will not bring fatal consequences of data loss. The exchange of the information with the database emerges only when there is required to update the database or complement it.

#### Literature

1. Troelsen, Andrew. C# and the .NET platform. 2010 -1020 p.
2. Watson, Karli. Beginning Visual C#. 2010 - 1200 p.
3. Watson, Karli. Beginning Visual C# 2010 (Wrox Programmer to Programmer). 2010 -108 p.

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аметова Э.С., Суханова Ю.А., Цапко С.Г.

Томский политехнический университет  
[evelinaametova@gmail.com](mailto:evelinaametova@gmail.com)

### Введение

Процесс проектирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) является комплексным процессом, требующим от сотрудника значительных знаний не только в своей области специализации, но и в смежных областях. Множество одновременно выполняющихся проектов, взаимосвязь и взаимовлияние процессов, высокие требования к точности функционирования, показателям надежности и массогабаритным показателям – таковы факторы, которые определяют специфику управления процессами проектирования бортовой РЭА сегодня. От эффективности и ритмичности выполнения процессов проектирования зависят производственные показатели, а, значит, и конкурентоспособность всего предприятия в рыночных условиях.

Из существующих методов анализа только метод имитационного моделирования позволяет заменить реальный объект исследования его компьютерной моделью и оперативно оценить последствия принимаемых решений. Однако, несмотря на большое количество научных работ, посвященных общим вопросам имитационного моделирования, остается недостаточно разработанной проблема анализа процессов проектирования применительно к предприятиям ракетно-космической промышленности и процессам проектирования бортовой РЭА в частности. Существующие на текущий день научные методы не в полной мере учитывают специфику деятельности наукоемких производств, поэтому актуальной задачей является разработка методики анализа и повышения эффективности процессов проектирования наукоемких изделий, таких как бортовая РЭА, основанной на методе имитационного моделирования.

### Подход к анализу альтернативных вариантов построения процессов проектирования бортовой РЭА

Подразделение проектирования бортовой РЭА – это сложное социальное образование, обладающее упорядоченной структурой, многообразием связей между элементами. Изучение любого сложного объекта предлагает представление его как системы.

Современное развитие информационных технологий предоставляет широкий спектр средств, направленных на усовершенствование деятельности по проектированию наукоемких

изделий, к которым и относится бортовая РЭА. Однако применение даже самых современных технологий требует тщательного и обдуманного подхода. Связано это с тем, что при принятии решения об изменении процесса специалист действует в рамках сложной и быстроменяющейся окружающей среды.

Модели сложных систем могут содержать десятки и сотни влияющих друг на друга параметров. Поведение системы вызывается взаимовлиянием целых сетей обратной связи. Соответственно, с усложнением процессов значительно возрастает важность моделирования систем, которое помогает выявить проблему и найти подходящее решение с учетом проработки разнообразных последствий и возможных сторонних эффектов.

Алгоритмически анализ альтернативных вариантов построения проектирования бортовой РЭА представлен на рисунке 1.

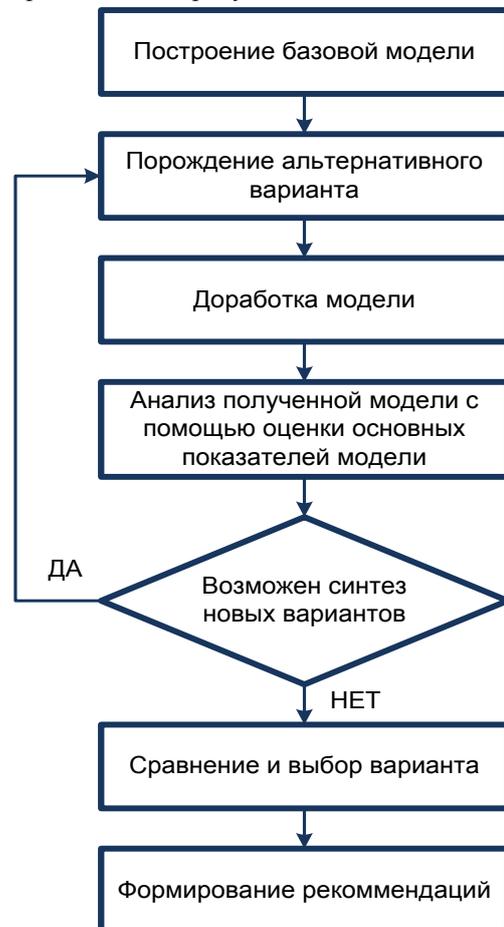


Рис. 1. Алгоритм проведения анализа процессов проектирования бортовой РЭА

### **Построение системно-динамической модели процессов проектирования бортовой РЭА**

В качестве метода моделирования процессов проектирования бортовой РЭА была выбрана системная динамика.

В основе системной динамики лежит концепция «потоков» и «накопителей». Изменение системы во времени возникает вследствие принципа аккумуляции, то есть динамическое поведение возникает, когда «потоки» аккумулируются в «накопителях» (рисунок 2).

Математически, системно-динамическая модель – это система дифференциальных уравнений:

$$\text{Накопитель}(t) = \int_0^t [\text{ВходящийПоток}(s) - \text{Исходящий}(s)] ds + \text{Накопитель}(t_0)$$

где «Входящий поток» представляет собой количество входящего потока за период  $s$ , продолжающийся с момента  $t_0$  до момента  $t$ ; «Исходящий поток» представляет собой количество исходящего потока за период  $s$ , продолжающийся с момента  $t_0$  до момента  $t$ .

Общая модель учитывает не только производительность труда, но и количество рабочих мест, сверхурочные работы, найм новых сотрудников, накопление опыта, взаимодействие сотрудников во время работы. Итоговая модель содержит несколько вложенных моделей. Всего в модели около 500 динамических объектов.

В качестве показателей, характеризующих эффективность проектирования бортовой РЭА, были выбраны: время проектирования, количество спроектированных изделий, включая информационные модели с ошибками и изделия с браком, количество извещений об изменении.

### **Формирование рекомендаций по повышению эффективности процессов проектирования бортовой РЭА в рамках приборостроительного направления ОАО «ИСС»**

Над моделью был проведен ряд экспериментов с целью оценки чувствительности модели к варьированию основных параметров. Проведенные эксперименты позволили сформулировать рекомендации по направлениям дальнейших исследований путей оптимизации процессов проектирования бортовой РЭА.

Основой повышения эффективности деятельности подразделения являются следующие направления:

1. Совершенствование технологии выполнения бизнес-процессов разработки изделия.
2. Сохранение и накопление знаний о проектных решениях, полученных при разработке изделия.
3. Совершенствование технологии управляющих бизнес-процессов.
4. Автоматизация выполнения деятельности.

На основе рекомендаций был предложен ряд альтернативных вариантов по повышению эффективности процессов проектирования.

1. Применение современных методик анализа и моделирования

Моделирование электрических, электромагнитных, тепловых и механических характеристик на этапе проектирования несомненно приводит к повышению качества изделия и сокращению количества брака в конечном изделии. Но с другой стороны моделирование сложного изделия приводит к значительным временным затратам, а также требует высокой квалификации специалиста и проработанного нормативно-методического обеспечения.

2. Автоматическое формирование конструкторской документации (КД)

Современные САПР предоставляют ряд возможностей по автоматическому формированию документации. Но в процессе проектирования бортовой РЭА используются различные САПР для электрического и механического проектирования, следовательно, для получения КД необходимо использовать промежуточную систему, которая содержала бы данные из указанных САПР.

3. Использование PLM-системы в качестве системы управления данными и хранилища нормативно-справочной информации

4. Организация межфункциональных команд

Межфункциональная команда – это группа, состоящая из сотрудников различных функциональных отделов или областей ответственности, часто из различных иерархических уровней. Цель команды решение проблем, затрагивающих несколько отделов сразу. Изменение существующей организационной структуры предприятия, или даже небольшого подразделения задача трудоемкая и не всегда предсказуемая. Альтернативой этому является создание межфункциональных групп с помощью средств PLM-системы.

Предложения по повышению эффективности проектирования бортовой РЭА позволили сформулировать направления по реорганизации повышению качества процессов проектирования бортовой РЭА.

### **Заключение**

Таким образом, была разработана имитационная модель исследуемых процессов проектирования бортовой РЭА на основе ее теоретического описания и показана возможность ее применения для совершенствования процессов проектирования бортовой РЭА на существующих предприятиях.

### **Литература**

1. Каленкович Н.И. Радиоэлектронная аппаратура и основы её конструкторского

проектирования. Учебно-методическое пособие – Минск: БГУИР, 2008 г.

2. Попов В.Н., Касьянов В.С., Савченко И.П. Системный анализ в менеджменте: уч. пособие. – М., Эксмо, 2007 г.

3. Sterman J. Misperceptions of Feedback in Dynamic Decision Making // Organizational Behavior and Human De-cision Processes, 1989

4. Brehmer В. Dynamic decision making: Human control of complex systems // Acta Psychologica, 1992

5. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: Учебное пособие. – М.: Издательство Московского университета, 2011 г.

## РАБОЧЕЕ МЕСТО ОПЕРАТОРА ПЛАТЕЖНОЙ КОМПАНИИ

Арышева К.С.

Томский политехнический университет,  
ksendart@yandex.ru

### Введение

В последние годы в финансовом мире электронные платежные системы заняли лидирующие позиции. Большой частью это связано с эволюцией денег, как платежа. Электронные платежные системы (ЭПС) – это технология прямых взаиморасчетов между участниками сделки без дополнительных условий посредством Интернета. В сочетании с оперативностью, применение ЭПС способствовало резкому развитию электронной коммерции. Сегодня ЭПС – удобный способ расчетов для операторов сотовой связи, Интернет-провайдеров, крупных магазинов и многих др. Основным смысл электронных денег – сочетание преимуществ наличного и электронного оборота денежной массы [1].

Для осуществления платежа посредством электронных денег, необходимо соответствующее программное обеспечение, которое в полной мере может заменить собой все этапы банковских операций. Пока эти этапы осуществляются платежными компаниями. В их распоряжении находятся как терминалы приема платежей, так и агенты платежных компаний. В данной статье идет речь о «рабочем месте агента» - программном обеспечении для оператора платежной компании. Существующее программное обеспечение не имеет достаточной гибкости, чтобы быть универсальным средством для большинства компаний. Ведь наряду с широко известными поставщиками услуг (сотовая связь, интернет, телевидение, коммунальные услуги и пр.) существуют местные компании, обслуживающие население только внутри конкретного региона. Поэтому осуществлять оплату их услуг удобнее, не пользуясь сторонними платежными компаниями.

Основная проблема – возможность централизованного осуществления платежей оператором платежной компании через специализированное программное обеспечение. Данное ПО должно отличаться удобством интерфейса, многофункциональностью, гибкостью возможностей и легкостью установки.

Несколько известных компаний предлагают свои разработки, но, как правило, они специализированы под определенный набор операций и не имеют гибкости в использовании.

### Имеющиеся пути решения

Большинство компаний, занимающиеся электронными платежами через терминалы и интернет-сервисы предлагают свое ПО для операторских мест. Наибольшей популярностью пользуется «рабочее место агента», предоставляемое компанией UralTelepay. Данная компания предоставляет свое ПО для платежных терминалов.

Данное программное обеспечение имеет несколько недостатков. Во-первых, число поставщиков данной системы ограничено. Их список определяется числом партнеров Ural Telepay. Во-вторых, система требует хранения отдельных баз данных, в которых содержатся списки поставщиков услуг, основная информация по услугам, структура платежных форм и информация по совершенным платежам. Это усложняет процесс установки программного обеспечения на компьютер и его переноса на другие машины.

Большинству платежных компаний необходимо иметь более гибкую структуру ПО. Число поставщиков услуг может изменяться и зависеть от конкретного региона, также могут изменяться требования, предоставляемые другими компаниями. Поэтому некоторые платежные компании предпочитают разрабатывать свое программное обеспечение, в большей мере отвечающее их требованиям.

### Рабочее место оператора

Основная задача – создание альтернативного программного обеспечения, отвечающего требованиям платежных компаний, более простого в реализации и обслуживании.

«Операторское место» представляет собой программу, позволяющую оплатить услуги различных компаний (сотовые операторы, Интернет-провайдеры, телевидение и коммунальные услуги) электронными платежами. Интерфейс главного окна программы имеет

распространенную организацию, используемую в других приложениях (рис. 1).

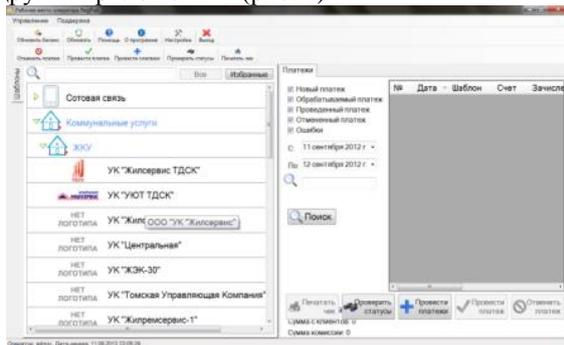


Рис. 2. Главное окно приложения

Список поставщиков получается в результате запроса на сервер к функции API. API – интерфейс программирования приложений. Это набор готовых классов, процедур и функции для использования во внешних программных продукта [2]. Использование данного интерфейса позволяет существенно упростить написание и работу приложения. API, используемая в данной работе, написана на языке php и представляет собой древовидную структуру, позволяющую полностью определить функциональность приложения. В ней содержится необходимая информация о поставщике, предоставляемых услугах и формах оплаты. Для изменения конфигурации данного приложения, необходимо только внести необходимые изменения в API.

Все совершаемые платежи сохраняются в локальную базу данных, где хранится время создания или проведения платежа, назначение, сумма, статус платежа и прочее. Проведение платежа – перечисление средств плательщика на счет компании, предоставляющей определенную услугу. Так как клиент платежной компании может совершить несколько платежей одновременно, то в приложении существует функция одновременного проведения нескольких различных платежей с подсчетом общей суммы.

#### Основные классы и методы приложения

Для хранения основной информации по доступным поставщикам и их услугам приложение содержит три класса (рис. 2).

Section class	Template class	Field class
<ul style="list-style-type: none"> <li>Count</li> <li>Description</li> <li>haveSubSection</li> <li>Id</li> <li>Name</li> <li>ParentId</li> <li>subSectionList</li> <li>subTemplateList</li> <li>...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HaveField</li> <li>Id</li> <li>Inn</li> <li>Name</li> <li>ParentName</li> <li>Phone</li> <li>Url</li> <li>subFieldList</li> <li>...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Description</li> <li>Editability</li> <li>Mask</li> <li>Name</li> <li>ReGeX</li> <li>Visibility</li> <li>...</li> </ul>

Рис. 2. Основные классы приложения

Объекты класса *Section* содержат информации по секциям – группы однотипных услуг. Каждая секция имеет поля «название», «описание», «идентификационный номер», «номер изображения», «количество вложенных шаблонов», логическую переменную «вложенные подсекции», а также два списка, содержащие вложенные подсекции и шаблоны. Класс *Template* позволяет создавать объекты шаблонов платежей. Объекты данного класса имеют следующие свойства: «идентификационный номер шаблона», «номер изображения», «название шаблона», «имя поставщика», «адрес поставщика», «номер телефона поставщика», «ИНН», «Url», а также список полей, принадлежащих данному шаблону. Каждое поле шаблона задается через объекты класса *Field*. Объекты этого класса содержат в себе информацию о структуре поля: отображение данного поля, необходимость ввода информации, наличие маски, регулярного выражения, списка готовых значений и прочее. Данная информация учитывается при построении платежной формы.

Запрос к серверу на получение API, чтение результата, сохранение его в объектах основных классов осуществляется через группу методов класса *RequestManager*. Данный класс содержит основные методы, одни из которых отправляют запрос на сервер к API и возвращают результат в виде xml-файла, а другие – разбирают полученную информацию на необходимые структуры и элементы. Древовидная структура xml-файла учтена в методах синтаксического анализа. Метод *GetInfoForSectionList* внутри себя вызывает метод *GetInfoForTemplateList*, который в свою очередь вызывает метод *GetInfoForFieldList*. Таким образом приложение формирует дерево связанных элементов из основных классов приложения, позволяющих использовать рекурсивные алгоритмы. Такие алгоритм гибки к любым изменениям в структуре API, так как построение идет от корня дерева до крайних вершин согласно значению булевских переменных, расположенных в каждой вершине узла (наличие вложенных подсекций и вложенных шаблонов). Использование рекурсии позволяет избежать больших конструкций кода и упростить логику приложения.

Для обработки исключений, возникающих в ходе работы приложения, использованы как стандартные библиотеки классов, так и класс-наследник от *Exception* класс *CatchException*. В данном классе происходит обработка исключений, возникающих при обращении к серверу и при получении или передаче информации. Возвращаемый xml-файл содержит в себе узлы, содержащие код ошибки и ее описание. Получаемая в этих узлах информация, выдается пользователю в виде сообщения.

Все совершаемые платежи заносятся в специальные списки, формирующие основную

базу данных приложения и отображаемую информацию на главном окне. Оба списка состоят из объектов класса *LocalPayments*. Каждый из списков хранится в локальной базе данных в виде двух таблиц. Таблицы связаны между собой через идентификационный номер платежа, автоматически присваиваемый каждому новому совершенному платежу.

#### **Заключение**

Рассмотренное программное обеспечение позволяет решить проблемы существующего ПО, связанные с трудностью реализации, гибкостью и мобильностью. Приложение создавалось с учетом

основных требований платежных компаний к программному обеспечению и в настоящий момент находится на стадии внедрения в Томской региональной платежной компании «RegPlat».

#### **Литература**

1. Электронные платежные системы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.uefima.ru/stati/elektronnye-platezhnye-sistemy.html>
2. Будилов В. РНР 5. Экспресс-курс // БХВ-Петербург. –2005.–С. 162–202.

## **ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Беднарский Р.А.

Научный руководитель: Савельев А.О.  
Томский политехнический университет  
[petterson@rambler.ru](mailto:petterson@rambler.ru)

#### **Введение**

План-график планово-предупредительного ремонта должен быть на каждом предприятии, которое имеет в своих оборотных средствах имущество в виде техники, технического, сетевого оборудования и т.д. Непосредственно, поговорим о факторах, влияющих на составление плана ППР для сетевого оборудования. Данный вопрос пользуется высокой актуальностью даже на сегодняшний день, т.к. без своевременного ремонта и своевременной замены одного или нескольких объектов сети может пострадать деятельность всего предприятия, его имидж и, соответственно, капитал. Дадим определение планово-предупредительного ремонта.

#### **Планово-предупредительный ремонт (ППР)**

- представляет собой комплекс работ, направленных на поддержание и восстановление работоспособности оборудования путем обслуживания, ремонта и замены изношенных деталей и узлов с тем, чтобы в дальнейшем обеспечить его надежную и экономичную работу. Он состоит из межремонтного обслуживания, текущего, среднего и капитального ремонта.

**Межремонтное обслуживание** выполняют, как правило, без остановки оборудования. Данный этап процедура состоит из: регулярная чистка и смазка оборудования, осмотр и регулировка его работы, замена деталей с непродолжительным сроком службы, устранение незначительных дефектов и неисправностей.

**Текущий ремонт** в большинстве случаев проводят без вскрытия оборудования с кратковременной его остановкой. Он направлен на устранение неисправностей, возникающих в процессе работы: осмотр, чистка, смазка деталей и устранение обнаруженных неисправностей,

ремонт (замена) быстроизнашивающихся узлов и отдельных деталей.

**Капитальный ремонт** является обязательным после того как данное оборудование отработало срок, указанный заводом-изготовителем. При капитальном ремонте производят полную разборку электрооборудования, заменяют все изношенные части, модернизируют отдельные элементы.

Далее, выделим несколько разновидностей планово-предупредительного ремонта:

#### **Регламентированный ППР (планово-предупредительный ремонт):**

- ППР по календарным периодам;
- ППР по календарным периодам с корректированием объема работ;
- ППР по наработке;
- ППР с регламентированным контролем;
- ППР по режимам работы;

#### **ППР (планово-предупредительный ремонт) по состоянию:**

- ППР по допустимому уровню параметра;
- ППР по допустимому уровню параметра с корректировкой плана диагностики;
- ППР по допустимому уровню параметра с его прогнозированием;
- ППР с контролем уровня надежности;
- ППР с прогнозом уровня надежности;

На практике широко распространена система регламентированного планово-предупредительного ремонта (ППР). Это можно объяснить большей простотой, по сравнению с системой ППР по состоянию. В регламентированном ППР привязка идет к календарным датам и упрощенно принимается тот факт, что оборудование работает в течении всей смены без остановок.

Также, введем понятие, что такое «Система планово-предупредительного ремонта».

**Система ППР** – под системой планово-предупредительных ремонтов (ППР) понимается совокупность организационных и технических мероприятий по уходу, надзору, эксплуатации и ремонту оборудования, направленных на предупреждение преждевременного износа деталей, узлов и механизмов и содержание их в работоспособном состоянии. Сущность этой системы состоит в том, что после отработки оборудованием определенного времени производятся профилактические осмотры и различные виды плановых ремонтов, периодичность и продолжительность которых зависят от конструктивных и ремонтных особенностей оборудования и условий его эксплуатации. Термины ППР и Система ППР имеют очень схожее значение, а в некоторых источниках и вовсе объединяются и трактуются как одно определение. Далее выделим достоинства и недостатки системы ППР:

Преимущества использования системы планово-предупредительного ремонта оборудования:

Система планово-предупредительного ремонта оборудования (ППР) имеет большое количество преимуществ, обуславливающих ее широкое применение в промышленности. В качестве основных выделены:

- контроль продолжительности межремонтных периодов работы оборудования;
- регламентирование времени простоя оборудования в ремонте;
- прогнозирование затрат на ремонт оборудования, узлов и механизмов;
- анализ причин поломки оборудования;
- расчет численности ремонтного персонала в зависимости от ремонтосложности оборудования.

Недостатки системы ППР или планово-предупредительного ремонта оборудования:

Наряду с видимыми преимуществами, существует и ряд недостатков системы ППР. Данный перечень недостатков, в большинстве своем, касается только предприятий стран, находящихся на постсоветском пространстве:

- отсутствие удобных инструментов планирования ремонтных работ;
- трудоемкость расчетов трудозатрат;
- трудоемкость учета параметра-индикатора;
- сложность оперативной корректировки планируемых ремонтов.

В дополнении, существует ГОСТ 18322 — 78, определяющий виды и методы обслуживания и ремонта.

**Использование метода анализа иерархий Саати**

Обычно, планово-предупредительный ремонт готовится на основе данных систем мониторинга сети. Но не всегда понятно, какими именно данными нужно руководствоваться, чтобы произвести грамотный ремонт или (и) замену устаревшего оборудования, т.к. данных система мониторинга предоставляет достаточно много. Чтобы определить какие данные нужны для дальнейшей обработки экспертной системой, мы возьмем все данные об сетевом устройстве, начиная от даты передачи устройства в эксплуатацию и заканчивая данными о проведенных ремонтных работах.

Определим факторы, влияющие на составление план-графика ППР: «Дата передачи его в эксплуатацию», «Дата и информация работ по регулированию», «Дата запуска оборудования»,

«Данные о гарантиях на смонтированное оборудование», «Основные технические данные оборудования», «Срок службы оборудования»,

«Дата и информация о последнем техническом обслуживании», «Дата и информация о последнем проведенном текущем ремонте», «Дата и информация о последнем проведенном капитальном ремонте».

Подробнее о методе анализа иерархий и его назначении можно узнать здесь - [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4\\_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0\\_%D0%B8%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B9](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0_%D0%B8%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B9).

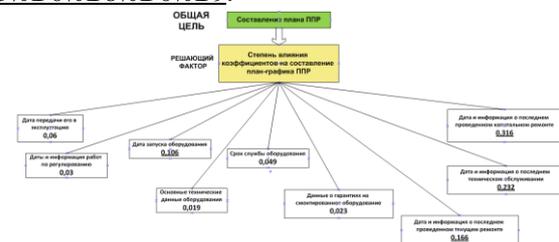


Рис. 1. Схема иерархии

На данной схеме иерархии можно визуально определить, что после использования МАИ, мы выявили 4 важнейших типа данных, которыми следует руководствоваться при составлении плана-графика ППР. Это «Дата запуска оборудования», «Дата и информация о последнем проведении капитального ремонта», «Дата и информация о последнем проведенном техническом обслуживании» и «Дата и информация о последнем проведенном текущем ремонте».

#### Заключение

Было введено и детально рассмотрено понятие планово-предупредительного ремонта, выделены достоинства и недостатки системы ППР, определены факторы, способные влиять на алгоритм ППР и его план-график. Посредством

метода анализа иерархий Саати (МАИ), также, были определены коэффициенты влияния каждого фактора на конечный результат, что позволяет нам в будущем грамотно распорядиться имеющейся информацией для проведения эффективного ППР.

### Литература

1. Силич В.А., Силич М.П. Теория систем и системный анализ: Учебное пособие. — Томск: Томский политехнический университет, 2010.

## WEBSITE PROMOTION AS AN ASPECT OF ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT

Y.O. Goncharuk

Tomsk Polytechnic University  
[divia777@mail.ru](mailto:divia777@mail.ru)

### Introduction

Nowadays, it is impossible to manage the enterprise successfully without using information technologies. Enterprise information systems have become the indispensable tool for enterprise management. In its development they came to the need to integrate with enterprise information portal based on Internet technologies.

One of the most important parts of the enterprise information portal is the website. Website is a set of related web pages containing content such as text, images, video, audio, etc. A website is hosted on at least one web server, accessible via a network such as the Internet or a private local area network through an Internet address known as a Uniform Resource Locator (URL). All publicly accessible websites collectively constitute the World Wide Web. [3]

There are several types of websites. All of them can be used for different purposes and if it is necessary it is possible to combine them. But it is not enough to create useful, user-friendly and informative web-site. In order to make profits from corporate web-site it is essential to apply efforts to its promotion and search optimization.

The goal of this article is to define basic concepts of website promotion and give brief overview of search optimization principles.

### Definition of SEO (Search Engine Optimization)

Search engine optimization (SEO) is the process of improving the visibility of a website or a web-page in a search engine's "natural" or un-paid ("organic" or "algorithmic") search results. [1]

In general, the earlier (or higher ranked on the search results page), and more frequently a site appears in the search results list, the more visitors it will receive from the search engine's users.

As an Internet marketing strategy, SEO considers how search engines work, what people search for, the actual search terms or keywords typed into search engines and which search engines are preferred by their targeted audience. Optimizing a website may involve editing its content and HTML and associated coding to both increase its relevance to specific keywords and to remove barriers to the indexing activities of search engines. Promoting a site to

increase the number of backlinks, or inbound links, is another SEO tactic.

The field of search engine optimization has covered each and every arena of today's world. SEO activities are not only restricted to getting higher rankings but also it boosts up link popularity of a site.

### Page ranking algorithms

The basic concept of keyword-based searching is the same for all major search engines. Users search for a search term in a certain document field (e.g., title, abstract, body text), or in all fields, and all documents containing the search term are listed on the results page. Search engines use different ranking algorithms to determine in which position the results are displayed. The relevance of a document is basically a function of how often the search term occurs in that document and in which part of the document it occurs.

One of the most important criteria of site ranking in the search engines is statistical value TF-IDF.

TF-IDF (term frequency-inverse document frequency) is a numerical statistic which reflects how important a word is to a document in a collection or corpus. The TF-IDF value increases proportionally to the number of times a word appears in the document, but is offset by the frequency of the word in the corpus, which helps to control for the fact that some words are generally more common than others.

One of the simplest ranking functions is computed by summing the TF-IDF for each query term; many more sophisticated ranking functions are variants of this simple model. TF-IDF is the product of two statistics, term frequency and inverse document frequency. Various ways for determining the exact values of both statistics exist. In the case of the term frequency TF (t,d), the simplest choice is to simply use the raw frequency of a term in a document, i.e. the number of times that term t occurs in document d. If we denote the raw frequency of t by f (t,d), then the simple TF scheme is  $TF(t,d) = f(t,d)$ .

$$tf(t, d) = \frac{f(t, d)}{\max\{f(w, d) : w \in d\}}$$

The inverse document frequency is a measure of whether the term is common or rare across all documents. It is obtained by dividing the total number of documents by the number of documents

containing the term, and then taking the logarithm of that quotient.

$$\text{idf}(t, D) = \log \frac{|D|}{|\{d \in D : t \in d\}|} \quad \text{with } |D|:$$

cardinality of  $D$ , or the total number of documents in the corpus  $|\{d \in D : t \in d\}|$ : number of documents where the term  $t$  appears (i.e.,  $\text{tf}(t, d) \neq 0$ ). If the term is not in the corpus, this will lead to a division-by-zero. It is therefore common to adjust the formula to  $1 + |\{d \in D : t \in d\}|$ .

Mathematically the base of the log function does not matter and constitutes a constant multiplicative factor towards the overall result. Then TF-IDF is calculated as  $\text{tfidf}(t, d, D) = \text{tf}(t, d) \times \text{idf}(t, D)$ . [2]

### Semantic kernel and rules of its forming

Semantic kernel of the site is the list of so called key words, which define the subject of your site in the most precise manner and which are mostly used in search for your goods or services in the World Wide Web.

To create a correct website semantic kernel it is necessary to take into account keyword density. Keyword density is the percentage of times a keyword or phrase appears on a web page compared to the total number of words on the page. In the context of search engine optimization keyword density can be used as a factor in determining whether a web page is relevant to a specified keyword or keyword phrase. [3]

The algorithm of forming the semantic kernel of the site can be described in following steps:

1. Considering the subject of the site and its purpose (or company sphere). For this step it is required to form a list of key words. The number of these words is not limited.

2. When the key word list is formed, it is necessary to check the query statistics of the key words. First of all it should be checked how often the chosen key words are used, competitors' sites and then it is necessary to define inner rating of key words usage.

3. The next step is to write texts for the site using the words which have been already chosen: by means of meta-tags, description using meta-tags in headings.

4. After publication of the texts at the site it would be useful additionally to publish references to the site in different catalogues, weblogs and so on.

5. When the site is launched, it is essential to trace site visiting statistics, optimize texts, and increase the content of the site.

### Software products for website analytics

The web analytics space is not an easy one to navigate as there are numerous companies and product types which will fit your needs differently. There are numerous free solutions out there, and they range from very useful to “you paid for what you got”. If you don't have any money to spend on analytics or you're new to it and want to get some

experience before paying for a solution, then going with a free package is a great way to go.

Google Analytics – analytics tool that made the biggest splash in 2005. It is the most powerful free application. It provides a wealth of statistics, a usable interface, and a lot of E-commerce statistics which are not common in free applications.

Yandex Wordstat – the tool set from famous search system. It also provides colorful interface and lots of useful functions.

SiteMeter – A previously popular solution for bloggers and small websites, Sitemeter has a free version that just requires you put their colorful logo at the bottom of your site. If you leave your data open, others can click to see your stats. This has some cool social aspects to it, and for those selling advertising it can be helpful. [5]

But serious web business requires serious data. When you are making hundreds of thousands of dollars a month from your web presence you're losing money by not using one of these applications to know exactly how your users are behaving on your site. These applications can really be used to test and improve the site, but it is necessary to pay for their superior features and support.

Clicktracks – The originator of the “page overlay” analytics technique, Clicktracks has always had a different user interface and style delivering analytics data to its user. It fits well as a user-friendly small business ecommerce solution.

HBX – A powerful web analytics application from public company WebsideStory. HBX was one of the first to implement setting up custom funnels to track conversion on goals, they've had a site overlay for a long time, have a great plug-in with Excel called ReportBuilder, introduced user segmentation early on, integration with PPC advertising, and have been using AJAX and other “web 2.0” technologies before the term even existed. [4]

### Conclusion

Summing up it should be mentioned that website promotion is very important part of development of the whole enterprise information system. A website is the face of any company and efforts which expended on its promotion have the great impact on the target group of the company. There are lots of different ways and strategies of website optimization but it is possible to conduct all required research and take essential actions absolutely at no financial cost.

### References

1. Davis H. Search Engine Optimization / H. Davis. — O'Reill, 2006. — 240 p.
2. Siolas G. Support vector machines based on a semantic kernel for text categorization. / G. Siolas, F. d'Alché-Buc. — Proc. of IEEE IJCN, 2000. — 170 p.
3. Bloehdorn S. Semantic kernels for text classification based on topological measures of feature similarity / S. Bloehdorn, R. Basili, M. Cammisa, A. Moschitti. — Proc. of ICDM 2006,

2006. — 900 p.

4. Yakovlev A.A. Website promotion and spinup: basics, secrets, tricks / A.A. Yakovlev. —

Spb.: BHV-Peterburg, 2007. — 336 p.

5. SEO Digest Magazine [Electronic resource]. Access mode: <http://www.seodigest.ru/>, free.

## MODERN TOOLS IN COMPUTER SIMULATION FOR SOLVING BUSINESS PROBLEMS

Kazantseva E.S., Krasnenkaya E.A.

Scientific advisor: Aksenov S.V, lecturer

Linguistic advisor: Deniko R.V, teacher

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050,

e-mail: [sanctuary@mail.ru](mailto:sanctuary@mail.ru)

Queueing theory has applications in diverse fields, including telecommunications, traffic engineering, computing and the design of factories, shops, offices and hospitals.

This research has theoretical and practical aspects. Theoretical aspect considers common class of programs. Practical aspect is comparison of two programs. The task of this research is to compare GPSS with another, more modern program for simulation - Arena.

Queueing theory is the mathematical study of waiting lines, or queues. The theory enables mathematical analysis of several related processes, including arriving at the (back of the) queue, waiting in the queue (essentially a storage process), and being served at the front of the queue. The theory permits the derivation and calculation of several performance measures including the average waiting time in the queue or the system, the expected number waiting or receiving service, and the probability of encountering the system in certain states, such as empty, full, having an available server or having to wait a certain time to be served.

In queueing theory, a queueing model is used to approximate a real queueing situation or system, so the queueing behaviour can be analysed mathematically. Queueing models allow a number of useful steady state performance measures to be determined, including:

- the average number in the queue, or the system,
- the average time spent in the queue, or the system,
- the statistical distribution of those numbers or times,
- the probability the queue is full, or empty,
- the probability of finding the system in a particular state.

These performance measures are important as issues or problems caused by queueing situations are often related to customer dissatisfaction with service or may be the root cause of economic losses in a business. Analysis of the relevant queueing models allows the cause of queueing issues to be identified and the impact of proposed changes to be assessed. Base definitions of queueing model:

The requirement (application) – a service request. The incoming flow of customers – a set of requirements coming into the queueing model. The service time - the time period during which the demand is served. A mathematical model of the queueing model is a set of mathematical expressions which describe the flow of incoming requirements, the process of servicing and relationship of these expressions.

Queue is a rule according to which each service chooses an entity for processing (FIFO, LIFO, priority queue).

Service is a processing unit associated with the queue. It has a definite time of entity processing

Generator creates arriving entities in the model and the time of arrival.

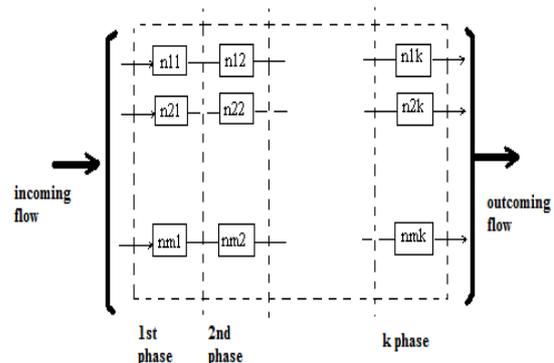


Fig. 1. Queueing model

Simulation is used for showing queueing model in process where one object (the original) is substituted by another one (the model) and fixes the original object characteristics by means of studying model characteristics with depicting time parameters.

Traditionally, building large models of systems has been via a statistical model, which attempts to find analytical solutions to problems and thereby enable the prediction of the behavior of the system from a set of parameters and initial conditions.

The term computer simulation is broader than computer modeling; the latter implies that all aspects are being modeled in the computer representation. However, computer simulation also includes generating inputs from simulated users in order to run actual computer software or equipment, with only part of the system being modeled. Computer simulation are used in many fields,

including science, technology, entertainment, health care, and business planning and scheduling.

In picture 2 you can see incoming data flow and outgoing data flow in simulation.

An example would be a flight simulator that can run machines as well as actual flight software.

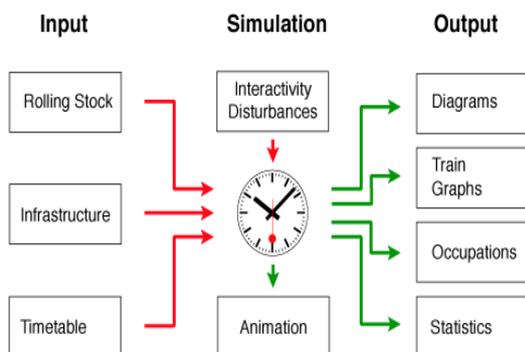


Fig. 2. Process of simulation

For simulation different tools are used. The earliest program and language was GPSS (General Purpose Simulation System).

GPSS system was developed by IBM, Jeffrey Gordon in 1961. Micro-GPSS is a language and the machine program. It contains a dictionary and grammar and allows to develop accurate models of systems. Machine software interprets the model, which is written in GPSS, and allows user to do experiment with this model on a computer. This machine program is called interpreter. This is a comprehensive modeling tool possessing the highest level of interactivity and covering areas as discrete and continuous simulation. It interactivity allows you to simultaneously explore and manage the processes of modeling. GPSS system is focused on a class of objects, the process operation which can be represented as a set of states and the rules of transition from one state to another, as defined in the discrete space-time domain. Examples of such objects are computer systems, computer networks, messaging systems, transportation facilities, warehouses, shops, business, etc. But using GPSS it is necessary to know special language of programming, special commands. At first it is necessary to think about logic of program, than code it, and GPSS program shows some statistic and result of work.

Arena was developed by Systems Modeling (Rockwell Software). First difference between them is that in Arena it is possible to depict some parameters. Arena has more convenient interface and allows you to see simulation process graphically. You

need to enter time of process, time of delay in queue, time of service.

This program allows formalizing and visualizing dynamics of complex processes and systems, analyzing work flow, optimizing and analyzing business processes, finding an optimal recourse distribution (humans, equipments, finances), forecasting system behavior.

Simulation model calls for running a simulation program to produce sample histories: a set of statistics computed from these histories is then used to form performance measures of interest. The following example should be considered: a production line is conceptually modeled as a queuing system. The analytical approach will create an analytical queuing system and proceed to solve them. The process simulation approach instead will create a computer representation of the queuing system and run it to produce a sufficient number of sample histories. Performance measures, such as average work in the system, distribution of waiting times and so on, will be constructed from the corresponding solutions as mathematical or simulation statistics, respectively.

In the discrete event simulation paradigm the simulation model possesses a state at any point in time. The state trajectory over time is abstracted as a piecewise constant function, whose jumps (discontinuities) are triggered by discrete events. In other words, the simulation state remains unchanged unless a simulation event occurs, at which point the model undergoes a state transition. The model evolution is governed by a clock and a chronologically ordered event list: each event is implemented as a procedure whose execution can change state variables and possibly schedule other events.

This research have shown that modeling in Arena is more universal for all groups of users, because in this program you should only tools and some theory without programming language, that reach some successful results. GPSS is earlier product in simulation and have big advantages, but it's less adopted for nowadays.

References:

1. <http://www.arenasimulation.com/>
2. <http://ermak.cs.nstu.ru/mmsa/glava5/glava5.htm>
3. Altiok T., Melamed Benjamin. Simulation Modeling and Analysis with ARENA. - Elsevier: Amsterdam, 2007.
4. Ross, Sheldon M. Simulation. - Elsevier: Amsterdam, 2006.

## РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Кобрина О.В.

Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет,  
Институт кибернетики,  
E-mail: [kobrina.o.v@gmail.com](mailto:kobrina.o.v@gmail.com)

Последние десятилетия в мире происходит глобальная информационная революция, свидетельством тому – бурно развивающийся процесс информатизации общества. Происходит постепенный переход общества от «материальной» к «информационной» концепции существования. Естественно, это не первый случай информационной революции за все время существования человечества. Например, впервые процесс информационной революции произошел при изобретении письменности (в разные времена в разных местах), далее изобретение рукописной книги, следующая – после изобретения Гутенбергом печатного станка. Все это, безусловно, информационные революции, но нынешняя революция сильно отличается по своему содержанию от остальных. Она вызывает массу последствий во всех сферах жизнедеятельности общества, для которого теперь существует такое определение как «информационное».

Информационное общество – основополагающее понятие в наше время. Определение, понятию информационного общества можно дать следующее – это историческая фаза развития цивилизации, где главными продуктами производства становятся информация и знания, люди оперируют информацией, потребляют ее и распространяют<sup>[1]</sup>. В наше время информатизация – неизбежна и нужна обществу. Эта неизбежность и полезность по большей части обусловлена повсеместным внедрением различных технологий. Если рассматривать понятие информационного общества, нельзя не дать определение слову информация.

Информация – сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, свойствах и состоянии, которые уменьшают имеющуюся в них степень неопределенности<sup>[2]</sup>. Исходя из этого можно прийти к выводу, что информация – главный источник получения каких-либо знаний, нужных человеку в той или иной сфере жизнедеятельности.

Говоря об изменениях, которые приносит информатизация в наше общество, просто необходимо рассмотреть такую сферу, как экономика. Экономика страны – главная часть политики каждого государства. Сейчас, наверное, уже нельзя представить государство, которое было бы не обременено какими-либо рыночными взаимоотношениями с другими странами. Именно

поэтому информатизация экономики играет такую важную роль в данной статье. В период научно-технического прогресса, характерен перенос центра тяжести развития экономики с материальных сфер производства на наукоемкие и высокотехнологичные сферы. Это несомненно можно охарактеризовать как бурный рост информационного сектора экономики<sup>[3]</sup>. Информация, которая обслуживает процессы производства, такие как: распределение, обработка и распространение благ; и обеспечивает решение каких-либо организационных вопросов в фирме или на предприятии называется управленческой. В управленческой деятельности информация является важнейшим ресурсом, а если быть точнее, то такая информация будет называться экономической<sup>[5]</sup>. Можно перечислить некоторые свойства такой информации:

- многократное повторение получения и преобразования информации в установленное время (год, мес.);
- большие объемы. Огромное количество источников ее потребления и получения;
- грузность операций при ее обработке.

Из вышеназванных свойств экономической информации, используемой в управленческой деятельности, можно сделать вывод, что в процесс получения, обработки и дальнейшего использования этой информации просто необходимо включение ПК, что собственно и происходит в наше время. Ведь нетрудно догадаться, что на крупных предприятиях, персонал отвечающий за информационное обеспечение имеет огромное количество различной информации, которая нуждается в обработке и переправке в режиме non-stop.

ПК имеет множество преимуществ. Быстродействие, большой объем памяти, многофункциональность, дружелюбный интерфейс и многие-многие параметры, которые становятся еще более значительными в сравнении с человеческим фактором. ПК играет огромную роль в концепции построения и использования технологических процессов, а так же влияет и на качество конечной информации. Он определенным образом занимает место посредника между первичными данными и информационным продуктом, который мы и получаем после обработки в виде, выборки, отчета и т.п. Первичные данные, можно назвать сырьевым материалом – это те данные, которые

обычно поступают в виде цифр и букв, которые конечно же нуждаются в обработке, чтобы конечный пользователь мог составить из них ряд, необходимых для него документов. При составлении документов, менеджер или секретарь организации составляет конечные документы, которые и будут называться конечным информационным продуктом. А процедуры для получения этого самого информационного продукта можно выделить следующие:

- получение первичных данных;
- сбор и регистрация;
- передача данных;
- хранение данных;
- обработка;
- получение и контроль результатов;
- использование результатов обработки, т.е. конечного информационного продукта<sup>[4]</sup>.

В настоящее время для выполнения данного перечня действий используются информационные системы. В широком смысле информационная система – совокупность технического, программного и организационного обеспечения, а также персонала, предназначенная для того, чтобы своевременно обеспечивать надлежащих людей надлежащей информацией<sup>[5]</sup>. Существуют информационные системы, ориентированные на различные области бизнеса, например: информационная система организации, информационные системы производства, информационные системы финансов, информационные системы менеджмента. На примере рассмотрим информационную систему производства в целом. ПК, входящие в состав информационных систем производства используются для календарного планирования производственных процессов, контроля качества, учета производственных затрат, хранения информационных запасов и управления ими.

Структура информационных систем производства представляет собой одну из подсистем информационной системы организации, которая нужна для поддержки принятия решений в сфере производства. В состав информационной системы производства входит ряд входных и выходных подсистем. Использование входных и выходных подсистем обуславливается большим количеством информации, например детализированные сведения о всех действиях персонала и машин в процессе производства. Далее для структуризации полученных данных, центральный компьютер

создает постоянно обновляемую, динамическую модель производственной системы, благодаря которой персонал занимается совершенствованием конструкций и технологий производимой на фирме продукции. Так же подсистемы используются для оценки затрат на хранение материальных ценностей на всех этапах производства, контролируют качество на всех стадиях производства и оценивает производственные затраты, имевшие место во время производства продукции.

Учитывая все вышесказанное, можно сделать вывод, что использование информационных систем в производстве может максимально упростить процесс получения-обработки-передачи данных. Можно полностью контролировать процессы, происходящие на производстве и руководить ими на расстоянии. Это обеспечивает ту мобильность, в которой нередко нуждаются крупные организации, которые не хотят тратить время на долгую переправку документов, не считают нужным нанимать большой штат сотрудников. Ведь в современном информационном обществе человека, порой может заменить компьютер. Все эти преимущества дает активная информатизация общества и автоматизация технологических процессов. Естественно наука не стоит на месте и ежегодно на рынок стекается масса новой удобной и функциональной техники, что не может не радовать покупателя. В результате этого научно-технического прогресса человечество активно внедряет технологии во все сферы своей жизни, что конечно же повышает уровень жизни и уровень успешности отдельных организаций.

#### Список литературы:

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Информационное общество](http://ru.wikipedia.org/wiki/Информационное_общество)
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Информация>
3. <http://www.keldysh.ru/pages/BioCyber/RT/Bo dyakin/bod2.htm>
4. Борщева, Наталья Леонидовна. Информационные системы в экономике : учебное пособие / Н. Л. Борщева ; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск : Изд-во ТПУ, 2007. — 115 с. : ил. — (Учебники Томского политехнического университета) . — Библиографический список: с. 113.
5. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная система](http://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная_система)

## EXAMPLE OF THE WINDOWS AZURE SOLUTION FOR COMMERCIAL PURPOSES

A.V. Kolchanov

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia  
[andreyka4623@gmail.com](mailto:andreyka4623@gmail.com)

### Introduction

In 2011 recruiting agency 'Alexey Sukhorukov' in Novosibirsk had the task of the preliminary knowledge assessment of applicants for IT-jobs before having face-to-face interviews. There was a problem to determine applicant's level remotely in order to make judgments about him and to reject at the first stage those professionals who do not meet the specified minimum criteria. We realized the testing system for Java and Python programmers in the Academpark Summer School '11 in Novosibirsk.

Windows Azure was selected as a platform. We had six benefits of Windows Azure:

1. Faster deployment time and client adoption.
2. Greater pool of development resources.
3. Recurring revenue streams.
4. Improved TCO and margin for differentiated IP.
5. Opportunity to break out of the Microsoft client base.
6. Lower application lifecycle costs.

Being a student-partner of Microsoft (Microsoft Student Partner, MSP), I am the owner of the subscription MSDN Premium, and I can receive free access to Windows Azure each month including up to 2100 U.S. dollars in annual benefits of using a free platform Windows Azure [1].

With MSDN Premium, I get 750 hours of small computing operations, 25 GB of storage, 1 GB of SQL Azure, 200 000 operations, access control, 5 bus service connections, the cache 128 MB and 30 GB of outgoing data. The transfer of incoming data is free for all users of Windows Azure.

### System description

Stafflect system consists of the following logical parts:

1. WebRole (web role is a web application which works on ASP.Net) – is an operating system for users, which provides them with the functionality for private study, examination and view the results.
2. SQL Azure: it is a database for storing information and user accounts.

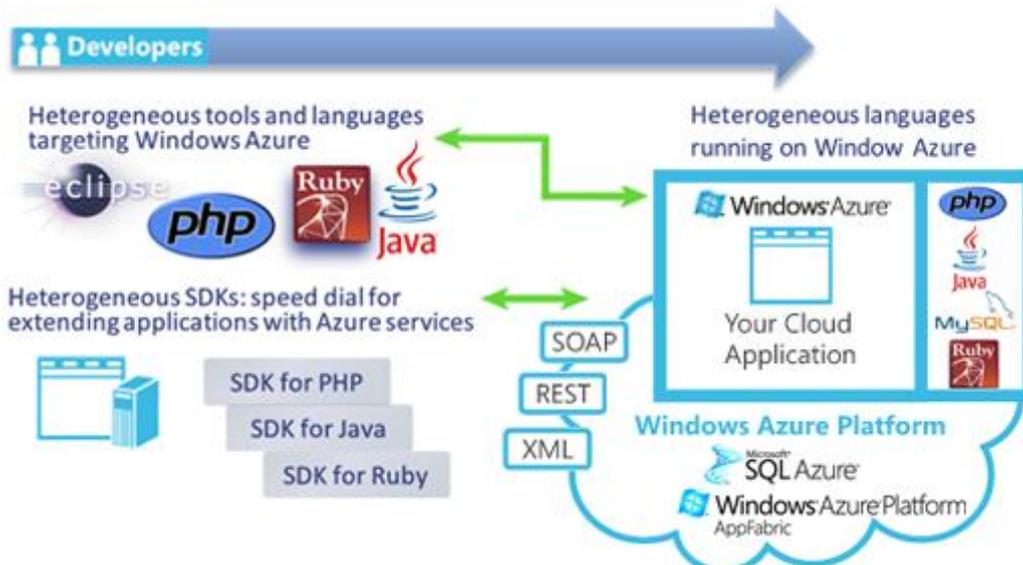


Fig. 1. Schema Azure Services Platform

3. WorkerRole – to compile the source code. WorkerRole runs continuously and selects the job from the queue, compiles and loads the results into the database. In other words, you need to send the code to compiler, and you can be confident that some time later the task will be executed.

All of the above logic of the system is situated 'in the cloud', and we do not have to worry about their device and service. It's enough to use web browser for working with the system.

If we need to change something in WebRole or WorkerRole (for example, to add some functionality

to the system), we should do it in Visual Studio web application, then debug it as usual and at last add to Windows Azure Web Role and run to the publication of the server.

### System functional

The system allows Stafflect:

1. To create your own platform for testing.
2. To create a variety of assignments in the form of testing.
3. To manage user roles.
4. To create reports to analyze the results.

Stafflect system is used to create own sites for testing. Providing all the functionality and support the work takes Stafflect, allowing higher education institutions (evaluation of student's knowledge of full-time faculty and distance education), recruitment agencies (the first level of assessment of a candidate for the position), companies (attestation) and schools (assessment of students knowledge) to focus on preparing questions to test and evaluate the results.

Working with the system

To pass the test, follow these steps:

1. Need to go to the website and sign;
2. In the list of available tests select or continue an unfinished test;
3. Write code to implement this task by editing the only approved sites (there are sections of code that cannot be edited, for the complexity of the task);
4. Send the code to compile. Your code is sent to the server Stafflect, and free Compile Server code will be compiled and sent back to the browser.
5. After testing is complete, you can see the test report if you have privilege for viewing [B].

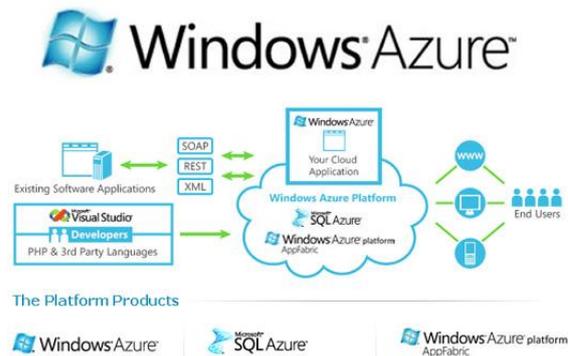


Fig. 2. Windows Azure Principal Schema

Thus, the system allows Stafflect assess knowledge of university students, company employees and applicants for vacancies in the staffing agencies. Users of the system only need to create their work environment and use the system to their advantage leaving the development of additional functions and ensure smooth operation of the administrator Stafflect. In the future we plan to involve in our system several major universities in Siberia.

#### References:

- A. Special Offer for Subscribers MSDN// URL: <https://www.windowsazure.com/ru-ru/pricing/member-offers/msdn-benefits/> (date accessed: 02/20/2012).
- B. Unlimited possibilities// URL: <https://www.windowsazure.com> (date accessed: 02/20/2012).

## DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED INFORMATION SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF TOMSK SOCIAL POLICY

O. Krayushkina, E. Fominih

Supervisor: G. Agisheva, a senior specialist of the SP of Tomsk Administration  
Tomsk Polytechnic University, 634050 Tomsk, Lenin avenue, 30  
E-mail: [Olgusin@mail.ru](mailto:Olgusin@mail.ru)

### Introduction

In recent year, there is a steady growth in demand for information systems in organizational management (administration). Moreover, databases are present in every enterprise in one form or another. But often they are not virtually automatic. This paper considers the issue of converting the existing database structure and information systems integration for the Department of Social Policy of the Tomsk Administration. (Tomsk Department of Social policy)

### Statement of Problem

Tomsk Department of Social Policy implements measures of social support for certain categories of citizens. Such measures may be the monetary assistance to persons entitled to benefits, targeted social assistance, etc. All data about applied citizens is stored in the databases, which represent not only a multipage document format. Doc, but also a set of files containing text and tabulated documents and

hard copies. This form of storage does not allow working with citizens in time and without the interference of the staff. For instance, it is impossible to search for information on several criteria. All data for the final reports are compiled by the staff manually in the form of text clichés. Besides, we cannot be sure about the reliability of data, since there is no transaction mechanism, that is, it is difficult to track the correct information during concurrent working of several members of staff.

Thus, the developers want to design an integrated information system that meets the following requirements:

- possibility of query implementation to an information base of integrated information system in terms of subject area;
- saving implemented query;
- search, editing and re-execution of saved queries;

- creating the conditions of sampling;
- creating data sorting;
- displaying query results in the form of reports in list and summary forms;
- maintaining reports received as a result of requests;
- update of data structures in time;
- implement database access with a password provided by the administrator to protect security information.

#### Identification of development environment and language

The universal system is developed in MS Access. Need to create reports in a document format, Microsoft Office Excel and Microsoft Office Word, and Access interact with it very well. Moreover, the program for assignment of lands already exists, and it works on Ms Access. So to combine the interface and the database using the same development

environment and programming language (VBA) will be more convenient for that.

#### Description of the information system operation (working)

Concerned information system is created for use by the Office of Social Policy of the Tomsk Administration (Tomsk Department of Social Policy), which deal with certain categories of citizens who are entitled to certain social benefits. For example, such groups include people with disabilities, large families, veterans of World War II, etc.

Staff management (department officers), direct end-users of the developed system should bring information about the applied citizens who want to get a lump welfare assistance or land for private housing.

All information will be stored in a developed generalized database. The database schema is presented in Fig. 1.

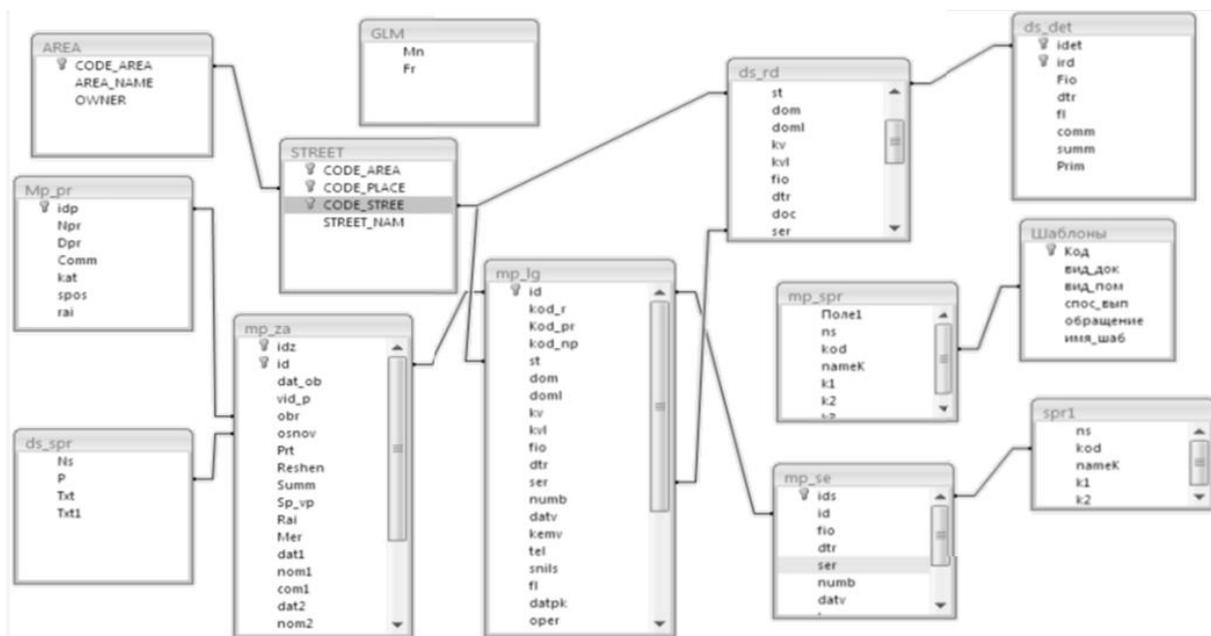


Fig. 1. The database schema

Each member of the staff has the right to access, login and password that will be requested when you attempt to login. This implies that a particular user cannot see the information about citizens, not related to them to decide the issue.

The developed information system will have the full functionality necessary to work with the statements of citizens. This means that it will allow you to view and edit information in the card of a citizen, to prevent re-applying for the provision of social support, contrary to the provisions, regulations and laws. One of the important functions of the system will be able to track so that the frequency of submission of applications for various types of social support did not violate the law. [4] Also, this information system will be able to create a variety of required reports, for example, the number of families with many standing in line to the ground, or on the

number of students who receive compensation payments from the municipal budget of Tomsk city, through the Office of Social Policy of the Tomsk Administration.

Also, special attention will be given to safe storage and transfer data. For example, to reduce the likelihood of data errors caused by human error, the system will lock and require re-enter your username and password, if over a certain amount of time the system is not operated.

#### Conclusion

In the end, we can say that as a result of the operation of such a universal tool, developed as an integrated information system, end users will be able to quickly work with the general and detailed information on any objects of the domain in the form of queries and reports using a simple and convenient interface.

## References

1. Electronic resource: Microsoft Store Russia// URL: <http://www.microsoftstore.ru/shop/ru-RU/Microsoft/Office-professionalnyj-2010-> (russskij) (date accessed: 01/22/2012).

2. Electronic resource: URL: [http://www.syssoft.ru/e-store/catalog/detail.php?IBLOCK\\_ID=16&SECTION\\_ID=2977](http://www.syssoft.ru/e-store/catalog/detail.php?IBLOCK_ID=16&SECTION_ID=2977) (date accessed: 22/01/2012).

3. Electronic resource: URL: [http://www.syssoft.ru/e-store/catalog/detail.php?IBLOCK\\_ID=16&SECTION\\_ID=7527](http://www.syssoft.ru/e-store/catalog/detail.php?IBLOCK_ID=16&SECTION_ID=7527) (date accessed: 22/01/2012).

4. Federal Law of June 14, 2011 N 138-FZ "On Amendments to Article 16 of the Federal Law" "On Housing Development" and the Land Code of the Russian Federation" // Collected Legislation of the Russian Federation. - June 20, 2011. - № 25. section. 7911.

## УПРАВЛЕНИЕ СПРАВОЧНЫМИ ДАННЫМИ В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ РАЗРАБОТКИ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Куренков И.Н., Лунева Е.Е., Дмитриева Е.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[artemis@aics.ru](mailto:artemis@aics.ru)

### Введение

Одной из мер повышения качества проектирования и разработки бортовой радиоэлектронной аппаратурой (далее бортовая РЭА) является повторное использование ранее спроектированных и испытанных конструкторских решений. Под такими конструкторскими решениями понимаются комплексы, сборочные единицы, детали [1]. Конструкторские решения могут быть использованы без изменений, т. е., так как они были разработаны, однако значительная часть используемых конструкторских решений представляет собой либо модификацию конструкторских решений, успешно примененных в других проектах, либо модификацию унифицированных ранее конструкторских решений. Отслеживание использования отдельных конструкторских решений в различных проектах по разработке бортовой РЭА позволяет вовремя принять решение о замене, аннулировании, повторном использовании конструкторского решения во всех выполняемых проектах.

В данной статье описывается разработанная авторами модель обеспечения преемственности конструкторских решений при разработке бортовой радиоэлектронной аппаратуры, а также рассматривается её реализация в виде справочников конструкторских решений на базе PLM-системы Enovia Smarteam.

Обеспечение преемственности конструкторских решений при разработке бортовой радиоэлектронной аппаратуры

Повторное использование конструкторских решений может проходить в двух направлениях:

1. Применение успешных конструкторских решений, разработанных в рамках одного проекта, в других подобных проектах. В этом случае, об этих конструкторских решениях осведомлены только участники данных проектов.

2. Унификация успешных конструкторских решений и ведение базы этих решений. В этом случае, об этих конструкторских решениях осведомлены сотрудники вне зависимости от того в каких проектах они участвуют. Для реализации этого варианта необходимо создание справочников унифицированных конструкторских решений.

Тем не менее, при реализации преемственности конструкторских решений в процессе разработки бортовой РЭА следует учитывать оба указанных выше направления.

Если при разработке бортовой радиоэлектронной аппаратуры используется ранее разработанное конструкторское решение или его модификация и сохраняются данные о преемственности конструкторских решений, то можно оценить влияние не выявленных при испытаниях недоработок одного конструкторского решения на связанные с ним другие конструкторские решения. Перед проведением оценки следует выявить «потенциально опасные» [2] конструкторские решения.

Далее приводится описание разработанных критериев, которые позволяют выявить потенциально опасные конструкторские решения.

**Критерий 1.** Если какое-либо конструкторское решение (унифицированное или другое) аннулировано, то потенциально опасными становятся все его копии, т. е. конструкторские решения, полученные как копии от исходного конструкторского решения.

**Критерий 2.** Если в каком-либо конструкторском решении (унифицированном или другом) выявлены конструкторские недоработки, то потенциально опасными становятся все его копии.

**Критерий 3.** Если в каком-либо конструкторском решении (унифицированном или другом) выявлены конструкторские

недоработки, то потенциально опасными становятся все его модификации, т. е. конструкторские решения, полученные как модификации от исходного конструкторского решения.

**Критерий 4.** Если какое-либо конструкторское решение (унифицированное или другое) аннулировано, то потенциально опасными становятся все его модификации, т. е. конструкторские решения, полученные как модификации от исходного конструкторского решения

Реализация механизма обеспечения преемственности конструкторских решений при разработке бортовой радиоэлектронной аппаратуры

Реализация механизма обеспечения преемственности конструкторских решений в процессе разработки бортовой радиоэлектронной аппаратуры с использованием PLM-системы Eovia SmartTeam выполнена в рамках выполнения проекта организации единого информационного пространства на приборостроительном предприятии. Работа выполнена в порядке реализации постановления Правительства РФ от 09.04.2010 №218 договор №13.G25.31.0017, и договора №2148 от 05.07.2010 г. ТГУ с ОАО "ИСС" им. акад. Решетнева. Выявление «потенциально опасных» конструкторских решений было реализовано с использованием механизмов справочников и версионности документов. Рассмотрим пример, когда конструкторским решением является сборочная единица [1], т. к. обеспечение преемственности других видов конструкторских решений осуществляется по той же методике.

Наиболее значимыми сущностями PLM-системы Eovia SmartTeam являются сущности, представляющие проект, создаваемые при проектировании изделия документы, а также сущности, которые представляют элементы структуры изделия (Items). На рис. 1 показано как следует использовать разработанные ранее сборочные единицы в других проектах на базе PLM-системы Eovia SmartTeam.

Типовая работа по проектированию бортовой радиоэлектронной аппаратуры выполняется в автоматизированных системах электрического и механического проектирования (далее САПР) [3-5]. Преемственность использования сборочных единиц можно отслеживать посредством создания новых версий САПР документов. Однако, учитывая, что данные о структуре изделия содержит не только документ, полученный в САПР, но и некоторые другие конструкторские документы, такие как результаты испытаний, ведомость покупных изделий, спецификация и пр., отслеживание повторного использования конструкторских решений было реализовано через сущности – элементы структуры изделия

(Items). Это позволило объединить множество документов, характеризующих один объект структуры изделия, и комплексно отслеживать модификации по соответствующему элементу структуры изделия.



Рис. 1. Структура обеспечения преемственности сборочных единиц на базе PLM-системы Eovia Smarteam

Организация данных, так как показано на рис. 1, позволяет, в соответствии с разработанной моделью обеспечения преемственности конструкторских решений при разработке бортовой радиоэлектронной аппаратуры, выявлять «потенциально опасные» конструкторские решения. Посредством механизмов построения «нисходящих» и «восходящих» деревьев PLM-системы Eovia Smarteam выявляются конструкторские решения, которые были получены как копии других конструкторских решений.

Таким образом, реализация преемственности конструкторских решений при разработке бортовой радиоэлектронной аппаратуры с использованием PLM-системы Eovia Smarteam представляет собой основу для обнаружения потенциально опасных конструкторских решений.

#### Заключение

В данной работе показано, что повторное использование ранее разработанных успешных или унифицированных конструкторских решений позволяет повысить качество разработки бортовой радиоэлектронной аппаратуры.

Разработана модель обеспечения преемственности конструкторских решений, которая при разработке бортовой

радиоэлектронной аппаратуры позволяет выявить потенциально опасные конструкторские решения и вовремя принять решения об их доработке или запрете использования в текущих и новых проектах.

Описана реализация преимуществности конструкторских решений при разработке бортовой радиоэлектронной аппаратуры с использованием PLM-системы Enovia Smarteam.

#### Литература

1. ГОСТ 2.101-68 Виды изделий.
2. Масюк М.А. Анализ и визуализация взаимосвязей нормативно-правовых документов.

Электронный ресурс, режим доступа <http://dlib.rsl.ru/01005003572> – 24.04.2012

3. Шевелев Ю.П. Высшая математика. Дискретная математика. Теория множеств. Булева алгебра (для автоматизированной технологии обучения) – Томск: ТУСУР, 1998. – 114 с.

4. Гудков Д. Информационная поддержка изделия на всех этапах жизненного цикла. [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://www.espotec.ru/art\\_info.htm](http://www.espotec.ru/art_info.htm).

5. Фуфаев Э. В. Компьютерные технологии в приборостроении – М.: Академия, 2009. – 334 с.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ БОРТОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Куренков И.Н., Лунова Е.Е., Суханова Ю.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
artemis@aics.ru

#### Введение

Исследования, проводимые в данной работе, связаны с развитием единого информационного пространства (ЕИП) на приборостроительном предприятии (далее просто предприятие) [1].

Само понятие ЕИП включает в себя комплексную программно-аппаратную телекоммуникационную среду, обеспечивающую непрерывный обмен данными и объединяющую все информационные ресурсы организации. Современные средства автоматизации, необходимые для развития ЕИП, предъявляют определенные требования к используемым подходам к управлению предприятием.

Процессный подход к управлению является одним из наиболее передовых подходов, который поддерживается большим количеством разработчиков информационных систем (ИС). Таким образом, внедрение и использование процессного подхода к управлению предприятием является одним из условий успешной организации ЕИП.

В ходе внедрения процессного подхода к управлению предприятием возникает задача совершенствования существующей системы его бизнес-процессов (БП). Анализ работ [2 – 4] показал, что решение относительно изменений в системе БП, а также изменений в технологии БП следует осуществлять с учетом правил процессного управления, особенностей и «узких мест» предприятия, мирового опыта в данной предметной области, особенностей внедряемых ИС. Для определения наиболее эффективной технологии выполнения БП приборостроительного предприятия необходима разработка специальной методики.

**Методика оценки эффективности бизнес-процессов на основе использования метода анализа иерархий.**

При совершенствовании приборостроительного предприятия в соответствии с правилами процессного управления необходимо оценить будет ли выполнение разработанных БП предприятия (модель БП «как должно быть») эффективнее «старых» БП, существовавших на момент проведения обследования (модель БП «как есть»). При совершенствовании какого-либо БП возможна разработка нескольких вариантов технологий его выполнения. Эти варианты иллюстрируют различные пути развития предприятия в зависимости от имеющихся в распоряжении ресурсов. Необходимо, оценить и выбрать наиболее эффективную технологию выполнения БП из разработанных вариантов.

Формально проводимую оценку БП можно представить следующим образом. Пусть существует БП  $B_i$ ,  $i \in 1 \dots n$ , где  $n$  – количество рассматриваемых БП. Каждый БП  $B_i$  выполняется по определенной технологии  $T_i$ . При совершенствовании БП  $B_i$  вырабатывается усовершенствованная технология его выполнения  $T1_i$  (может быть выработано несколько решений  $T2_i$ ,  $T3_i$  и т.д.). На основе критериев эффективности выполнения БП необходимо оценить действительно ли выработанная технология его выполнения  $T1_i$  ( $T2_i$ ,  $T3_i$  и т.д.) является более эффективной по сравнению с существующей технологией выполнения БП  $T_i$ . Такую оценку предлагается осуществлять на основе анализа моделей БП.

Учитывая, что существует сложность в сборе, расчете количественных характеристик по БП предприятия, в том числе данных по критериям эффективности выполнения БП, предлагается количественные характеристики по БП рассчитывать на основе экспертных оценок специалистов в области приборостроения. Для

получения сравнительной оценки критериев эффективности выполнения какого-либо БП предлагается использовать метод анализ иерархий (МАИ) Т. Саати [5]. Метод анализа иерархий позволяет осуществить сравнительную оценку характеристик БП по критерию, а также позволяет проранжировать рассматриваемые для оценки критерии между собой и получить итоговое числовое значение эффективности по сравниваемым БП. Таким образом, оценка эффективности БП осуществляется в соответствии с методикой, представленной на рис. 1.

#### Проведение оценки эффективности бизнес-процессов на основе критериев эффективности методом анализа иерархий

Для оценки и выбора наиболее эффективной технологии выполнения бизнес-процесса сначала следует проранжировать критерии, на основе которых будет проводиться данная оценка. Для ранжирования критериев в соответствии с методом МАИ необходимо разработать матрицу сравнительных суждений. Матрица сравнительных суждений является важной компонентой МАИ. В матрице значения элементов основаны не на точных измерениях, а на субъективных суждениях.

На основании установленных сравнительных суждений разработанной матрицы необходимо определить такие параметры как максимальное собственное значение ( $\lambda_{max}$ ), индекс согласованности матрицы (ИС) и отношение согласованности (ОС) [7]. Вычисление данных параметров показывает, насколько сравнительные суждения согласованы между собой. Матрица является согласованной, если  $ОС < 0.1$ , в противном случае требуется пересмотреть суждения по установленным критериям, остальные параметры (ИС,  $\lambda_{max}$ ) дают дополнительную информацию о согласованности матрицы суждений.

Для вычисления ОС, а также ИС и  $\lambda_{max}$  требуется вычислить вектор приоритетов (ВК), каждый элемент которого вычисляется следующим образом [5]:

$$BK_i = \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{\sum_{k=1}^n M_{i,k}}{\sum_{p=1}^n M_{p,k}} \right)}{n}, \text{ где } i \in [1...n], n - \text{ количество критериев в матрице суждений (M).}$$

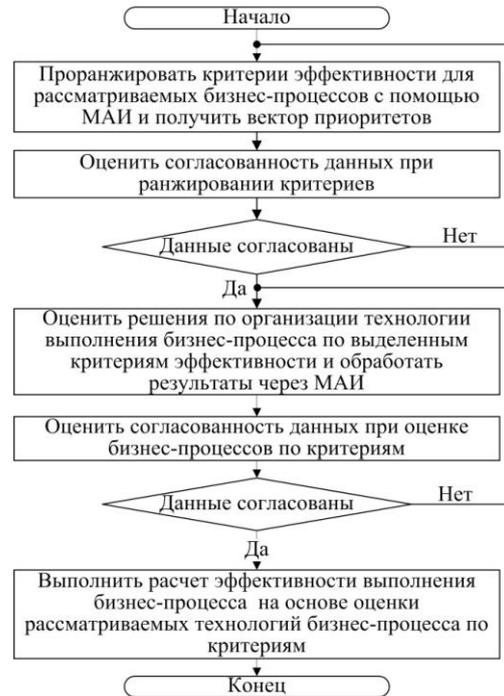


Рис. 1. Методика оценки эффективности бизнес-процессов

Используя значения вектора приоритетов,  $\lambda_{max}$ , ИД и ОС рассчитывается следующим образом:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{M \times BPI}{BPI_i} \right]}{n};$$

$$ИС = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1};$$

$$ОС = \frac{ИС}{СИ}$$

Здесь  $i \in [1...n]$ ,  $n$  – количество критериев в матрице суждений (M); СИ – табличное значение случайного индекса [5].

Если разработанная матрица суждений является согласованной, то полученный вектор приоритетов можно использовать для ранжирования бизнес-процессов следующим образом:

$$ПБП = \sum_{i=1}^n BK_i \cdot ВБП_i,$$

где ПБП – приоритетов бизнес-процесса;  $n$  – количество критериев; ВК – собственный вектор приоритетов критериев; ВБП – вес процесса бизнес-процесса относительно соответствующего критерия. ВБП рассчитывается для разработанных вариантов бизнес-процессов при их оценке.

Результатом комплексного ранжирования бизнес-процессов является однозначное выявление оптимальной информационной модели бизнес-процессов, которая является приоритетной для данного предприятия в конкретный момент времени. Внедрение выбранной информационной модели бизнес-процессов на предприятии

позволяет значительно повысить эффективность труда, что положительно сказывается на рентабельности бизнеса.

#### **Заключение**

Разработанная авторами методика оценки эффективности была успешно апробирована в ОАО «ИСС» им. акад. Решетнева при создании единого информационного пространства проектирования и испытаний бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов. Работа выполнена в порядке реализации постановления Правительства РФ от 09.04.2010 №218 договор №13.G25.31.0017, и договора №2148 от 05.07.2010 г. ТГУ с ОАО "ИСС" им. акад. Решетнева.

В качестве основных результатов проделанной работы можно выделить следующие положения.

1. Создана методика оценки эффективности бизнес-процессов на основе метода анализа иерархий.

2. Показан порядок ранжирования критериев эффективности и порядок проведения оценки эффективности бизнес-процессов.

#### **Литература**

1. Ершова Т.Б. Организационные аспекты создания единого информационного пространства предприятия // Москва, Транспортное дело России №2, 2009, с. 62–65.

2. Елиферов В.Г., Репин В.В. Процессный подход к управлению. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. – 406 с.

3. Репин В.В. Бизнес-процессы компании: построение, анализ, регламентация. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2007. – 240с.

4. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2003.– 272 с.

5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М. : Радио и связь, 1993. – 314 с.

## **СОПРОВОЖДЕНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ WEB-СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ VERSATA DCM**

Кузнецова Т.А., Вичугова А.А.

Томский политехнический университет  
trozilla87@gmail.com

#### **Введение**

В эпоху глобализации на сферу информационных технологий в экономике возлагается роль обеспечения дальнейшего существования и развития современного мира. Неактуальная информация ведёт к возникновению продуктов, которые не соответствуют требованиям, к неадекватной инфраструктуре и отсутствию возможностей гибкого регулирования [1]. С целью повышения эффективности торговой и производственной деятельности крупные компании во всём мире стали использовать корпоративные информационные системы.

Жизненный цикл программного обеспечения не заканчивается передачей готовой системы конечному потребителю. В статье рассмотрен пример информационной web-системы Versata DCM, действующей в сфере страховых услуг в США. Сопровождение этой системы осуществляется компанией gDev, выделившейся в составе Versata специально для поддержки конечного программного продукта, установленного в ряде страховых агентств. Томская ИТ-компания Интант, в которой работает автор статьи, является надёжным партнёром gDev на протяжении уже нескольких лет.

Компания gDev предложила своим клиентам сотрудничество, на основе которого появилась следующая система сопровождения. Постепенно поступающие требования заказчика оформляются в проекты, и разыгрывается тендер между

расположенными по всему миру командами разработчиков программного обеспечения, готовыми выполнить их под управлением проектных менеджеров компании gDev, чтобы раз в месяц выпустить релиз. Для обеспечения слаженного сотрудничества разработчиков с заданным качеством и соблюдения установленных сроков компания gDev осуществляет менеджмент проектов через систему сайтов, на каждом из которых разработчики координируют определённый этап в разработке.

Для эффективной модификации программного продукта была создана инфраструктура для разработчика на основе облачной технологии на двух компьютерных кластерах. Через инфраструктуру облака партнёры компании пользуются шаблонами виртуальных машин с предустановленным программным обеспечением, необходимым для поддержки клиентской сборки системы того или иного заказчика. Существуют специальные программные скрипты, созданные для автоматизации процесса компиляции, наполнения системы и тестирования. Таким образом, в компании «Интант» в задачи разработчика входит создание виртуальной машины из шаблона и развертывание на ней при помощи подготовленных скриптов системы заказчика, а также программирование её поведения, требуемого в проекте.

Целью данной статьи является дать подробное описание процесса сопровождения корпоративной информационной системы.

#### Методы и технологии сопровождения

Современными средствами для сопровождения программной системы являются модель аутсорсинга, построенная на основе сети интернет и облачных технологий, используемых разработчиками согласно принципу oDesk. Согласно опыту компании gDev, бизнес-модель аутсорсинга для программистов эффективно зарекомендовала себя по всему миру в качестве эффективного способа выполнения работ при сокращении неоправданных затрат на 50% [2] [3].

Online desk или oDesk позволяет создавать онлайн-команды разработчиков, которые вовлекаются в совместную работу и оплачиваются с использованием программного обеспечения и web-сайта, находящихся в собственности компании [4].

Программное обеспечение, необходимое при обслуживании конечного продукта, предоставляется компанией gDev и доступно разработчикам через облачную инфраструктуру, размещённую на кластерах компании Amazon. Разработчики имеют доступ к системе сайтов корпорации gDev, которая обеспечивает координированную подготовку выпуска проектов в релиз, автоматический анализ качества программного кода и тестирование, накопление знаний.

В рамках данной статьи описаны следующие задачи программиста:

- изучение сопровождаемой программной системы, её инфраструктуры и принципов её обслуживания,
- разработка файлов модификаций для изменения поведения системы в соответствии с требованиями, заданными в проекте,
- доставка промежуточных результатов проектному менеджеру в соответствии с календарным планом.

Какой-либо аспект программной системы, который заказчик желал бы изменить, оформляется как проект. Время, которое разработчик концентрируется над отдельным проектом экономно распределяется между созданием дизайн-документа, который фиксирует вносимые изменения, программированием желаемого поведения и передачей на тестирование и оценку. Такая схема работы стала возможна благодаря развитой инфраструктуре разработки, обеспечивающей развёртывание текущего состояния системы Versata DCM: bat-файлы конфигурирования среды заказчика, ant-файлы сборки готового проекта и отладочного тестирования.

Программное обеспечение, используемое при разработке, включает в себя свободно распространяемые сервера корпоративных веб-

систем JBoss и Tomcat, систему контроля версий SVN Tortuous, которая может исполнять функции накопления знаний о модификации системы. На каждой виртуальной машине gDev VDI находится документация по обслуживанию корпоративного программного продукта, а в папке SVN Sandboxes можно найти ранее применявшиеся примеры решения многих сложных проектов.

Как итог развитой инфраструктуры сопровождения, программирование желаемого поведения системы обеспечивается за счёт модификационных XML и properties-файлов. Поскольку система DCM написана на Java, её модификация осуществляется за счёт расширения (наследования) существующих классов. Таким образом, изменение файлов исходного кода исключается, а файлы модификаций находятся под управлением системой контроля версий.

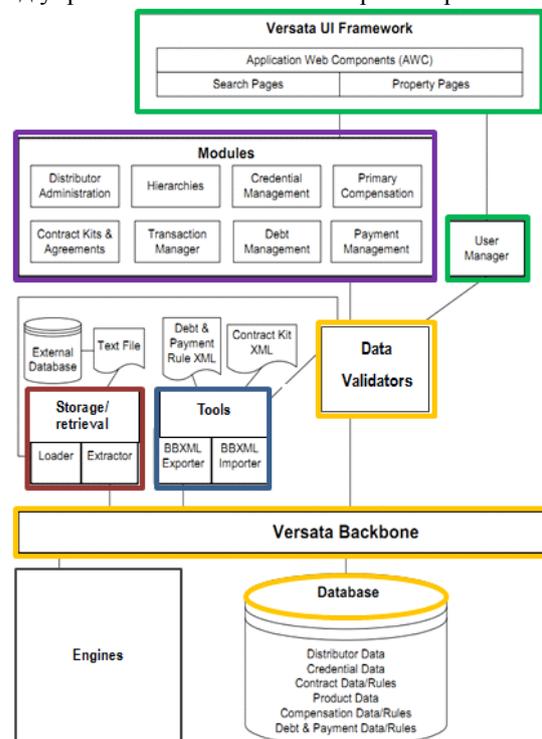


Рис. 1. Архитектура корпоративной информационной системы Versata DCM

Электронная система управления каналами сбыта (Distribution Channel Management, DCM) адаптируется к потребностям дистрибьюторских финансовых организаций. Это приложение служит для управления стимулированием предприятия (enterprise incentive management – EIM). DCM состоит из трёх интегрированных компонент: Distribution Administration, Compensation Management и Credentials Management.

Все компоненты системы можно разделить на следующие группы (рис. 1):

- ключевые компоненты обслуживания данных: база, схема объектной модели Backbone, классы оценивания валидности данных,

- загрузчики и инструменты извлечения данных,
- инструменты импорта/ экспорта объектов,
- движки, обрабатывающие транзакции и вычисления в рамках бизнес-модулей,
- модули, отвечающие за бизнес-логику,
- пользовательский интерфейс.

За каждый компонент из этих групп отвечает свой файл в дереве папок на диске виртуальной машины. Когда программист запускает соответствующие заготовленные ant-скрипты, собирающие систему, изменения из модификационных файлов поступают в файлы реально исполняемого кода.

#### **Заключение**

В данной статье была рассмотрена программная разработка в рамках корпоративной информационной системы, поддерживаемой компанией за рубежом, осуществлена разработка нескольких проектов по её сопровождению в команде российского партнёра, занятого в томской компании Интант.

Информационным системам сегодня уделяется пристальное внимание, благодаря чему

разработана модель специфической инфраструктуры, ставящая обеспечение потребностей сегодняшнего дня на поток и обеспечивающая усовершенствование системы, а так же в принципе самих методов программирования сложных корпоративных систем.

#### **Литература**

1. Sutton C.// Corporate Social Responsibility Initiative [Электронный ресурс]: URL: [http://www.hks.harvard.edu/m-rcbg/CSRI/publications/report\\_19\\_EO\\_Finance\\_Final.pdf](http://www.hks.harvard.edu/m-rcbg/CSRI/publications/report_19_EO_Finance_Final.pdf)
2. Deelip.com // close watch on the CAD software industry [Электронный ресурс]: URL: <http://www.deelip.com/?p=6087> (дата обращения 14.09.2012)
3. Dev\_Factory [Электронный ресурс]: URL: <http://www.devfactory.com/what-software-factory> (дата обращения 10.10.2012)
4. oDesk Blog [Электронный ресурс]: URL: <https://www.odesk.com/blog/> (дата обращения 14.09.2012)

## **ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ В MICROSOFT VISIO**

Матвеев А.П.

Томский политехнический университет  
[rakch@sibmail.com](mailto:rakch@sibmail.com)

#### **Введение**

Visio – наиболее простое и доступное средство моделирования процессов. Этот продукт имеет стандартные, привычные всем панели управления в стиле MS Office и легко интегрируется с любыми приложениями этого пакета, что упрощает работу с ним для неопытных пользователей. Однако для временного или стоимостного анализа требуется разработка отчетов, что значительно усложняет использование этого продукта. Типовые отчеты явно не достаточны для анализа бизнес-процессов. Несмотря на это, Visio является распространенным средством для описания бизнес-процессов как в России, так и за рубежом. Visio поддерживает IDEF и UML форматы для описания бизнес-процессов.

Для повышения эффективности функционирования предприятия необходимо обеспечить четко действующую систему учета и контроля его средств и источников. Самофинансирование и самокупаемость большинства предприятий повышает роль учета и контроля за рациональным использованием всех средств, в том числе и основных средств.

В системе управления основными средствами одним из основных направлений является достоверный технический учёт, который

основывается на систематическом обследовании объектов основных средств.

Инвентаризация объектов - система сбора, документирования, обработки, обобщения (систематизации) и хранения информации об основных средствах всех видов, полученной в результате проведения инвентаризации, для целей удостоверения предприятием факта их возникновения, существования или прекращения существования.

Основными задачами инвентаризации являются:

- формирование в целях совершенствования планирования развития обобщенной информационной базы об объектах основных средств обеспечение полноты и достоверности сведений о налоговой базе;
- информационное обеспечение функционирования системы;
- сбор и предоставление сведений об объектах для проведения статистического учета.

#### **Функциональные возможности**

В наше время существует много рутинных задач, сопутствующих работе многих предприятий. К ним относится отчетность по инвентарю, которая занимает много времени только за счет печатной работы и обработки данных.

Для того, чтобы ускорить этот процесс и создаются такие приложения, которые позволяют ускорить процесс инвентаризации, упростить его до максимума, и минимизировать время, затрачиваемое на отчеты.

Имея это приложение на своем рабочем компьютере, пользователь в несколько нажатий сможет сформировать нужный отчет, в котором будут учитываться условия сортировки, и параметры отчета. Форма отчета представлена на рис. 1.

Рис. 1. Форма отчета

Здесь мы видим, что первыми параметрами сортировки является дата. Пользователь указывает, в каком периоде поступил тот или иной объект. Второй параметр это помещение, в которых находятся объекты, третий источник поступления.

В форме также учтены различные шаблоны отчетов, какие поля данных того или иного объекта нужно вывести, такие как инвентарный номер, помещение в котором находится, дата изготовления, источник поступления, серийный номер, изготовитель и прочее. Все результаты сортировки и отчета отражаются в Microsoft Excel. Пример одного из шаблонов показан на рис. 2.

	A	B	C	D
1				
2				<b>Список компьютерной техники</b>
3				
4	№	Наименование	Расположение	
5	[OBJ_N]	[OBJ_NAME]	[OBJ_ROOM]	
6				
7				

Рис. 2. Шаблон

Основные средства помещаем в Visio, в рабочий лист (рис. 3), там же прописываем все их поля данных (рис. 4)

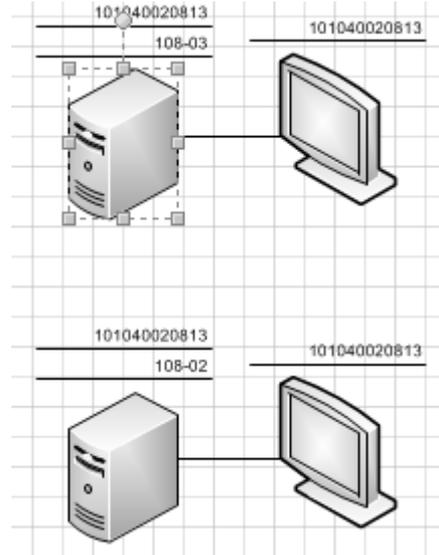


Рис. 3. Microsoft Visio

Данные фигуры - Сервер.229	
Строка сообщения	
Сетевое описание	
MAC-адрес	
ЦП	Intel Core i5
Память	4 Гб
Операционная система	Windows 7
Емкость жесткого диска	
Дата поступления	01.11.2010
Источник поступления	ИОП

Рис. 4. Поля данных

Набор основных средств берем с панели фигур Microsoft Visio (рис. 5)

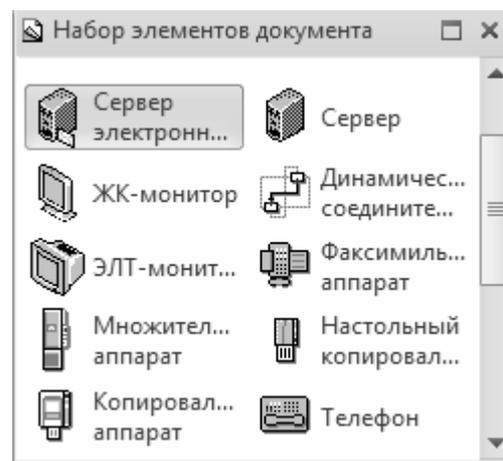
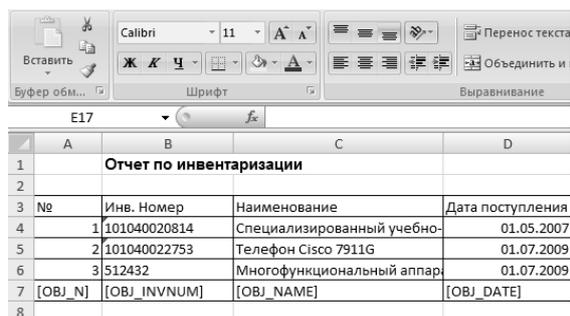


Рис. 5. Основные средства

Программа учитывает все поля данных и отражает весь отчет в Microsoft Excel. Вот небольшой пример результата (рис. 6).



№	Инв. Номер	Наименование	Дата поступления
1	101040020814	Специализированный учебно-	01.05.2007
2	101040022753	Телефон Cisco 7911G	01.07.2009
3	512432	Многофункциональный аппарат	01.07.2009

Рис. 6. Результат

### Заключение

Для обеспечения достоверности данных бухгалтерского учета и отчетности предприятие проводит инвентаризацию имущества.

Инвентаризация—способ проверки соответствия фактического наличия имущества в натуре данным бухгалтерского учета, отраженным на счетах. Инвентаризация позволяет проверить, все ли хозяйственные операции оформлены в документах и отражены в системном бухгалтерском учете, а также внести необходимые уточнения и исправления.

## ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ E-DECANAT 2.0 ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ТГПУ

Мытник А.А.

Томский государственный педагогический университет  
MytnikAA@gmail.com

### Введение

Автоматизация бизнес-процессов распространяется во все области человеческой деятельности, показывая большую эффективность и качество труда в сравнении с традиционными подходами [1]. Мировой опыт и исследования в данной области приводят к заключению о необходимости активного внедрения автоматизированных информационных систем в области образования. Продолжительное время многими российскими ВУЗами ведутся исследования в области автоматизации управления ВУЗом и учебным процессом в частности. В рамках данных исследований создано множество концептуальных моделей и программных решений, однако добиться какого-либо общего стандарта пока не удается в силу широты и постоянного развития предметной области, а так же разной степени развития высших учебных заведений. Таким образом, вопрос автоматизации учебного процесса остается открытым, а создание единых стандартов и новых автоматизированных систем управления является важной научно-практической задачей, стоящей перед российской системой образования и каждым ВУЗом в частности.

### ИС E-Decanat

Современные информационные системы конструируются в преобладающем случае по следующим типам архитектур ИС [2]: двухзвенная архитектура клиент-сервер, трехзвенная архитектура клиент-сервер, SOA.

Двухзвенная архитектура является наиболее распространенной и лежит в основе многих современных программных продуктов. Все шире распространяется трехзвенная архитектура, которая находит применение в комплексных решениях, обладающих широким функционалом.

Предлагаемые решения в области автоматизации управления учебным процессом в основном опираются на двух- и трехзвенную архитектуру.

Для ИС E-Decanat выбрана двухзвенная архитектура клиент-сервер с толстым клиентом в силу следующих положительных сторон: сбалансированность нагрузки между клиентом и сервером, простота реализации, гибкость настройки клиента.

На сегодняшний день многие ВУЗы имеют в составе своей информационной инфраструктуры различные средства автоматизации, построенные по различным архитектурам технологиям[3]. Накопленные за многие годы программные

инструменты, не взаимодействующие между собой и решающие отдельные задачи, ставят учебное заведение в ситуацию, в которой информация неизбежно дублируется, поэтому сложно представить общую картину учебного процесса и других бизнес-процессов. На пути решения проблемы автоматизации управления учебным процессом у учебного заведения имеется два варианта развития: первый – отказаться от существующего программного инструментария, внедрив комплексную ИС [4,5]; второй – объединить инструментарий с помощью интеграционных. При этом, нельзя однозначно утверждать какой из данных вариантов развития является лучшим вполне, так как оба варианта ставят перед учебным заведением ряд сложных проблем. Однако первый вариант носит революционный характер и сопряжен со многими проблемами, такие как: переобучение персонала; реорганизация взаимодействия подразделений; подстройка вычислительных мощностей, поэтому было решено придерживаться второго варианта. Для чего были интегрированы такие системы как «Электронная кафедра», «Абитуриент», ИС учета студенческих кадров «A-Cadry», система автоматизации документооборота «A-Delo». Для автоматизации управления учебным процессом было решено разработать ИС E-Decanat, интегрировав ее в систему на уровне данных.

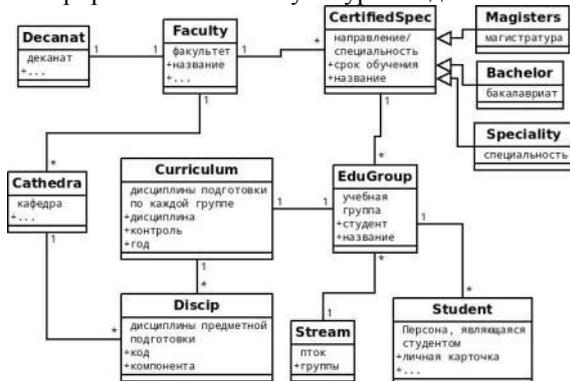


Рис. 1. Концептуальная модель учебного процесса

Модель учебного процесса (рис. 1) показывает основные сущности, входящие в предметную область [6]. Факультет осуществляет подготовку выпускников по набору специальностей или направлений. Направления подготовки проводятся в бакалавриате и магистратуре. Каждый год осуществляется набор по данным направлениям и специальностям. Обучение происходит на потоке, разбитом на группы, у каждой из которых свой учебный план. В состав факультетов входят кафедры, преподавательский состав которых читает дисциплины. Управлением студенческим контингентом и контролем успеваемости занимается деканат факультета

На рис. 2 отражена модель контроля успеваемости в деканате. Срок обучения разбит на сессии, в конце которых в соответствии с

учебным планом проводятся контрольные мероприятия: экзамены и зачеты. Результаты проведения экзаменов оформляются в экзаменационные ведомости. Результаты сессии заносятся в академическую ведомость. В течение сессии проводится контрольная точка, результаты которой заносятся в соответствующую ведомость. Необходимые данные о студентах берутся из личных карточек. Кроме контроля успеваемости деканат осуществляет оформление приказов, относящихся к учебному процессу.

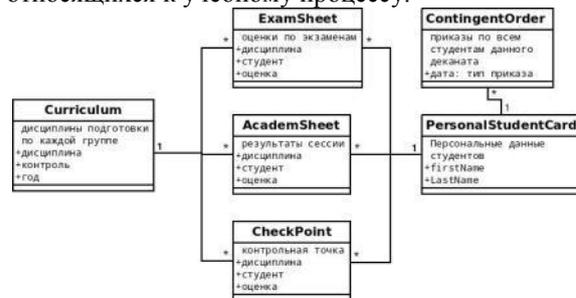


Рис. 2. Концептуальная модель контроля успеваемости

ИС E-Decanat 2.0 [7] разработана в соответствии с данной моделью. Приложение разработано с использованием технологии Java на основе клиент-серверной архитектуры. При разработке были использованы: IDE NetBeans, MS SQL Server Express Edition, СУБД MySQL. Предложенное решение является кроссплатформенным и опирается на открытые стандарты свободного программного обеспечения, что расширяет условия его применения для нужд высшего профессионального образования.

Совокупность данных в информационной системе подразделена на общие данные, то есть те, которые обрабатывают различные подразделения ВУЗа, и локальные, которые необходимы только для отдельного деканата с целью достижения баланса нагрузки при обработке и передаче данных. Для этого используются две базы данных, одна из которых размещена в деканате, а другая на одном из центральных серверов ВУЗа. В центральной базе данных хранится общая информация, необходимая для работы всех факультетов ВУЗа. В локальной базе данных хранится информация, необходимая для деканата: академические ведомости, учебные планы и другая сопутствующая информация. В роли СУБД используются два решения: MS SQL Server для общей БД и MySQL для локальной БД.

Для обработки документов реализована интеграция с офисным пакетом OpenOffice.org, с использованием экспорта данных в шаблоны.

Информационная система E-Decanat предназначена для автоматизации учебного процесса и не затрагивает экономическую и хозяйственную деятельность ВУЗа.

Информационная система не является изолированной от внешних систем и органично интегрирована в общую информационную инфраструктуру ВУЗа, где тесно взаимодействует с такими информационными системами как: «Электронная кафедра», «Абитуриент», информационная система учета студенческих кадров «A-Cadry», система автоматизации документооборота «A-Delo».

#### Заключение

Опыт внедрения и эксплуатации информационной системы показывает, что успешное использование программы для управления учебным процессом на основе компетентностного подхода позволяет увеличить скорость принятия управленческих решений в среднем на 45-65% для большинства задач подразделения, а благодаря мобильному клиенту системы (Android-клиент) обеспечить мобильность и оперативность в решении задач контроля учебного процесса.

#### Литература

1. Фионова Л.Р., Золотова Т.А. Разработка компонентов информационной системы для управления учебным процессом на основе

компетентностного подхода // Информатизация образования и науки, Т.12, №4, – 2011. – С.14-28.

2. Клишин А.П., Мытник А.А. Информационная система E-Decanat 2.0// Телематика'2012: материалы всерос. науч-метод. конф., СПб., июнь 2012 г. – СПб.: Из-во СПбГУ ИТМО, 2012 - С. 206-207.

3. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических систем. Современные методы и средства проектирования информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 544 с.

4. Система «Университет». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://redlab.ru/university>

5. Информационная система "УИС учебные заведения" [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://www.softmotions.com/index.php/home/uis>

6. Адамский А.В. Информационная модель управления высшим учебным заведением// Вестник НГУ Т.8, Вып. 3, 2010. - С. 55-65

7. Информационная система E-Decanat 2.0. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://snilit.tspu.ru/projects/edecanat.html>

## МОДЕЛЬ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ WINDOWS PHONE НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОГО КЛИЕНТА

Носков И.И.

Научный руководитель: Пономарёв А.А., к.т.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: [noskovii@mail.ru](mailto:noskovii@mail.ru)

В настоящее время наблюдается тенденция к стойкому увеличению рынка мобильных приложений, что связано со стремительным ростом выпуска на рынок разнообразных беспроводных переносных устройств (мобильных телефонов, смартфонов, коммуникаторов, планшетных ПК и т.д.). По разным оценкам объём мирового рынка мобильных приложений в 2011 году составил от 9 до 12 млрд. долларов США, и в ближайшие пять лет этот показатель вырастет в 4 раза [1].

На данный момент существует множество мобильных операционных систем, но основную долю рынка занимают такие операционные системы, как Android, iOS, Symbian, BlackBerry OS, Linux и Windows Phone. Доля мобильных операционных систем на рынке представлена в таблице [2].

Таблица 1. Доля мобильных операционных систем на рынке за 1 квартал 2012 г.

Операционная система	1 кв. 2012г. (млн. штук)	1 кв. 2012г. (доля на рынке)
Android	89.9	59 %
iOS	35.1	23 %

Symbian	10.4	6.8 %
BlackBerry OS	9.7	6.4 %
Linux	3.5	2.3 %
Windows Phone	3.3	2.2 %
Другие	0.4	0.3 %
Всего	152.3	100 %

Windows Phone создавалась как новая конкурентоспособная мобильная операционная система, поэтому она не совместима с Windows Mobile ни с точки зрения пользователя, ни с точки зрения разработчика. Единственное общее у данных операционных систем то, что в их основе лежит ядро Windows CE, но ни пользователи, ни разработчики с Windows CE напрямую не взаимодействуют и взаимодействовать не могут.

Windows Phone обладает построенным на принципах Metro-дизайна пользовательским интерфейсом. Данный интерфейс ориентирован, в первую очередь, на содержание, а не на оформление.

Устройства под управлением данной операционной системы имеют стандартизированные минимальные требования к аппаратной части телефонов, что позволяет операционной системе работать хорошо на всех имеющихся в продаже устройствах.

Приложения для Windows Phone создаются на управляемых .NET языках, таких как C# и Visual Basic, с помощью технологии под названием Silverlight. Графический интерфейс приложений описывается декларативно на языке XAML, что позволяет очень гибко настраивать элементы управления и создавать шаблоны. Для создания игр используется XNA Framework. При создании приложений под Windows Phone программисту доступны все возможности платформы .NET, что является большим преимуществом. С помощью Portable Class Library программист может создавать кроссплатформенные DLL, которые могут использовать разнообразные проекты, созданные для различных платформ: настольные, мобильные. Данный механизм очень удобен при создании библиотеки для взаимодействия облачного сервиса с приложением.

Каждый аппарат на Windows Phone имеет Wi-Fi-модуль, А-GPS-модуль для определения местоположения и акселерометр. Дополнительно платформа Windows Phone предоставляет программисту API для ряда дополнительных сенсоров: гороскопа, компаса и Motion API.

Совместно с пакетом средств разработчика Windows Phone SDK на компьютер разработчика устанавливается эмулятор телефона, позволяющий разработчику отлаживать и тестировать своё программное обеспечение без самого устройства. Также устанавливается Expression Blend 4 для Windows Phone, являющийся инструментом для создания пользовательского интерфейса приложений. Данный инструмент очень удобен и позволяет разработчику и дизайнеру приложений работать одновременно над одним проектом. В данном редакторе можно также создавать анимацию для приложений.

Windows Phone поддерживает умную мнимую многозадачность. В каждый момент времени только одно пользовательское приложение может исполняться. Когда приложение перестаёт быть активным, операционная система переводит его в спящее состояние, останавливая исполнение, освобождая тяжёлые ресурсы, но не выгружая приложение из памяти. В тот момент, когда памяти устройства недостаточно для хорошей работы активного приложения, операционная система начинает выгружать спящие приложения, переводя их в захоронённое состояние, сохраняя специальные словари. Все переходы состояния приложения программисту несложно отследить с помощью событий и методов. Данный тип многозадачности позволяет сохранять заряд батареи устройства долгое время. Для выполнения определённых задач, когда приложение не запущено, разработчик может использовать фоновые агенты.

Для общения (посылки уведомлений) с серверной частью приложения, работающей в

облаке или на каком-либо хостинге, с телефоном пользователя используются Push-уведомления. Данный механизм взаимодействует с Microsoft Push Notification Service.

Для хранения файлов и настроек приложения существует изолированное хранилище (Isolated Storage), которое создаётся отдельно для каждого приложения. Разработчикам приложений доступна СУБД SQL CE.

Таким образом, Microsoft предоставляет большие возможности разработчикам приложений для Windows Phone.

Архитектуру проектов, разрабатываемых для Windows Phone, следует проектировать в соответствии с шаблоном MVVM. MVVM используется для разделения модели и её представления, что необходимо, так как позволяет изменять их отдельно друг от друга [3]. Например, программист задает логику работы с данными, а дизайнер, соответственно, работает с пользовательским интерфейсом. В модели данного проекта содержатся конвертеры, используемые в механизме привязки данных, схема базы данных и класс общения с ней, различные вспомогательные утилиты, а также разнообразные менеджеры, реализованные в соответствии с паттерном проектирования синглтон либо наблюдатель. Вид данного проекта содержит страницы приложения, включающие в себя графические интерфейсы. В модели вида содержатся классы, обрабатывающие данные с помощью утилит и менеджеров из модели и задающие параметры для отображения, то есть информационное наполнение интерфейса пользователя. Данная методика разработки мобильных приложений позволяет очень легко их масштабировать. В соответствии с данной архитектурой было разработано приложение, представляющее собой мобильный клиент для работы с порталом <http://www.geocaching.ru> под платформу Windows Phone. Геокэшинг – туристическая игра с применением спутниковых навигационных систем, состоящая в нахождении тайников, спрятанных другими участниками игры.

Для страниц отображения координат пользователя и координат тайника был написан конвертер, преобразующий координаты в удобный для восприятия вид, также был создан конвертер расстояний. Для определения азимута была использована формула его вычисления по координатам двух точек.

Функция расчёта азимута была вынесена в отдельный класс, представляющий собой утилиту, которая использовалась в вычислении углов, чтобы отображать пользователю правильное направление на тайник.

Также был создан класс, реализующий плавный поворот стрелки компаса. Данный класс

получает дискретные значения с датчика компаса и рассчитывает плавное движение стрелки.

Для задания координат тайников или точки, куда пользователь хочет попасть, был создан элемент управления, позволяющий задавать координаты в трёх разных форматах.

Соответственно, для каждой страницы была создана своя модель представления, в которой происходили все необходимые вычисления и преобразования. Данный механизм был заимствован из Windows Presentation Foundation и называется привязкой данных. В модели программирования MVVM привязка делается для всего вида в целом, то есть задаётся контекст страницы.

Microsoft предоставляет разработчикам для Windows Phone мощные средства в переводе приложения в облако на сервисы WCF. Существует специальный шаблон проекта, который помогает создавать кроссплатформенные библиотеки для взаимодействия с данными сервисами, встраиваемый в Visual Studio – Portable Class Library. Библиотеки, написанные изначально как портируемые, могут использоваться в различных проектах и под различные архитектуры, что говорит об их безоговорочном преимуществе.

Таким образом, Windows Phone является мощной и современной операционной системой, способной решать разнообразные нетривиальные задачи. Одним из её основных преимуществ

является то, что приложения для неё создаются на управляемом .NET языке, а это значит, что программисту доступны все преимущества данной исполняющей среды, такие, как автоматическое управление памятью и сборка мусора. Разработчик может без проблем использовать стандартную библиотеку классов .NET Framework для разработки своих мобильных приложений. Также он может использовать свои библиотеки и классы, написанные на .NET совместимом языке. Данные преимущества обеспечивают Windows Phone достойную позицию на рынке мобильных операционных систем.

#### Литература

1. Пугачёв, С., Павлов, С., Сошников, Д. Разработка приложений для Windows Phone 7.5. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 384с.

2. Распространённость мобильных операционных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hardwareluxx.ru/index.php/news/software/betriebssysteme/22171-os-market-shares-android-and-ios-leaders.html>, свободный.

3. Шаблон проектирования Модель-Представление-Модель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/dd419663.aspx>, свободный.

## РАЗРАБОТКА ПАКЕТА ПРОГРАММ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКООКТАНОВОГО БЕНЗИНА

Петрова А.А.

Томский политехнический университет  
[petrova-a@sibmail.com](mailto:petrova-a@sibmail.com)

#### Введение

Важной проблемой нефтеперерабатывающей промышленности является получение качественного высокооктанового бензина, соответствующего техническому регламенту. Основной задачей, стоящей перед каждым нефтеперерабатывающим заводом, является производство высококачественного бензина при снижении издержек на производство. Большая роль в решении этой задачи отводится процессу компаундирования высокооктановых бензинов, как завершающему и наиболее ответственному при формировании качественных и количественных показателей товарной продукции.

Решением вышеуказанной проблемы в настоящее время является разработка новых моделей прогнозирования октановых чисел, так как стадия прогнозирования является очень важной и влияет как на качество, так и на

экономическую эффективность производства бензинов.

Современные автомобильные бензины представляют смеси компонентов, получаемых различными технологическими процессами. В бензинах в зависимости от углеводородного состава сырья и технологии синтеза может содержаться свыше 200 индивидуальных углеводородов различного строения, содержание которых, а также взаимодействие между собой определяют свойства бензина. Наличие большого числа вовлекаемых компонентов приводит к сложностям оптимизации процесса получения бензина. Для решения такой многофакторной и многокритериальной задачи оптимизации наиболее эффективным является использование метода математического моделирования на физико-химической основе.

Развитие производства бензинов связано со стремлением улучшить основное эксплуатационное свойство топлива –

детонационную стойкость. Вместе с тем, основная трудность при расчете процесса компаундирования заключается в том, что детонационная стойкость не является аддитивным свойством.

В процессе приготовления бензинов смешением различных потоков определяющая роль отводится октановым числам смешения, которые отличаются от взвешенной суммы октановых чисел отдельных компонентов. Причиной отклонения является наличие межмолекулярных взаимодействий между углеводородами, входящими в состав бензинов.

#### **Физико-химические основы процесса производства высокооктанового бензина**

В данной работе рассматривается создание компьютерной моделирующей системы для производства высокооктанового бензина, которая учитывает межмолекулярные взаимодействия.

Таким образом, была создана математическая модель расчета октановых чисел, которая учитывает влияние дипольного момента на неаддитивность октановых чисел смешения, согласно которой октановое число смешения можно представить в виде суммы двух составляющих: аддитивной и неаддитивной [1]:

$$OЧ_{см} = \sum_{i=1}^n (OЧ_i \cdot C_i) + B; B = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n B_i B_j C_i C_j; B_i = \alpha (D_i / D_{max})^n. \quad (1)$$

где  $OЧ_{см}$  – октановое число смешения бензинов;  $C_i$  – концентрация  $i$ -го компонента, отн. ед.;  $B_i, B_j$  – величины, характеризующие склонность  $i$ -й молекулы к межмолекулярному взаимодействию с  $j$ -й молекулой;  $\alpha$  и  $n$  – кинетические параметры, определяющие интенсивность межмолекулярных взаимодействий в зависимости от дипольного момента  $D$ ;  $D_{max}$  – максимальный дипольный момент молекул углеводородов.

Однако неаддитивность при смешении проявляют не только углеводороды бензиновой фракции, но и добавки и присадки, вовлекаемые в процесс компаундирования, в силу их полярности. На основе механизма действия присадок, который заключается в разрушении пероксидов, была разработана математическая модель процесса компаундирования, учитывающая влияние антидетонационных присадок на прирост октанового числа базового бензина:

$$OЧ_i = OЧ_0 + П \cdot \Delta OЧ_{max} \cdot (1 - e^{-K_{эфф} \cdot C_{пр}}); C_{пр} = C_i / C_{max}. \quad (2)$$

где  $П$  – величина, характеризующая приемистость разного типа топлива к присадке;  $K_{эфф}$  – коэффициент эффективности присадки;  $C_{пр}$  – приведенная концентрация присадки, равная отношению концентрации присадки  $C_i$  к максимально допустимой концентрации присадки в бензине  $C_{max}$ .

Как видно из формулы (1) при расчете детонационной стойкости бензиновых композиций учитываются октановые числа

индивидуальных углеводородов, поэтому для точного расчета октановых чисел бензинов необходимо достоверное определение октановых чисел индивидуальных углеводородов.

Квантово-химическими методами были проведены расчеты энергий диссоциации индивидуальных углеводородов в различных гомологических рядах. По рассчитанным значениям были построены зависимости значений октанового числа от значений энергии разрыва связи и найдены уравнения для расчета характеристики детонационной стойкости индивидуальных углеводородов. Также в ходе работы были рассчитаны октановые числа потоков бензина с новым набором октановых чисел. Анализ результатов показал, что октановое число потоков на новом наборе стало ближе к эксперименту для семи потоков из одиннадцати. Далее с использованием разработанной методики расчета октановых чисел индивидуальных углеводородов были произведены расчеты различных рецептур компаундирования товарных бензинов, соответствующих экологическим стандартам.

Количественная оценка детонационной стойкости углеводородов на основе расчета энергии диссоциации молекул позволяет надежно рассчитать октановое число смешения для оптимизации процесса компаундирования с целью получения высококачественной продукции.

#### **Создание пакета программ**

На сегодняшний день существует ряд коммерческих пакетов, таких как Aspen Process Industry Modeling System (Aspen PIMS) компании Aspen Technology Inc., Blend Ratio Control (BRC) и Refinery and Petrochemical Modeling System (RPMS) компании Honeywell International Inc. и Blend Optimization and Supervisory System (BOSS) компании Invensys plc., позволяющих оптимизировать использование сырьевых ресурсов цеха смешения. Однако, существующие отечественные и зарубежные моделирующие программы, не учитывают при расчете процессов компаундирования неаддитивность углеводородных систем, что приводит к ошибке при определении октановых чисел на 8-10 пунктов, что является принципиальным для характеристики свойств моторных топлив.

На основе математической модели промышленного процесса компаундирования планируется создание пакета программ для производства высокооктановых бензинов.

Суть программы заключается в следующем. В отличие от зарубежных аналогов, наша программа учитывает межмолекулярные взаимодействия в смеси углеводородов, которые определяющим образом влияют на характеристики бензина, в частности на одну из наиболее важных – октановое число. Точно определив октановое число смешения каждого потока, можно

оптимально рассчитать соотношение потоков, вовлекаемых в процесс смешения бензинов, что позволит снизить материальные затраты, а также позволит сэкономить временной ресурс и тем самым избежать вероятности получения некондиционных партий бензина.

В базу данных компьютерной моделирующей системы была заложена информация по октановым числам индивидуальных углеводородов, входящих в состав бензина, которые были определены с учетом энергии диссоциации.

Входными данными являются данные хроматографического анализа углеводородного состава потоков с нефтеперерабатывающих заводов.

Компьютерная система имеет 2 основных блока: блок расчета октановых чисел как отдельных потоков, так и их смеси с присадками и добавками, и блок расчета оптимального соотношения компонентов, удовлетворяющего выполнение заданного значения октанового числа бензина.

#### **Заключение**

В данной работе рассмотрено создание пакета программ для производства высокооктановых бензинов, главным преимуществом которого является учет именно физико-химической сущности процесса, что в таком химически сложном процессе, просто необходимо.

Углеводородный состав компонентов высокооктановых бензинов: изомеризата, риформата и др. не является постоянной величиной даже для одной и той же установки и изменяется в течение времени в зависимости от условий процесса и качества исходного сырья. Поэтому для оптимального проведения процесса смешения бензинов, а также с целью недопущения перерасхода высококачественных и дорогостоящих компонентов необходим

оперативный расчет оптимальной и точной рецептуры смешения компонентов.

Отказ от традиционных рецептов смешения потоков, не учитывающих динамику изменения состава потоков и приводящих к увеличению использования дорогостоящих компонентов, позволяет получить экономический эффект до 1,7 млн. рублей в сутки. А экономическая эффективность внедрения разработанного пакета программ для оперативного и точного расчета расхода потоков может составить до 490 млн. рублей в год.

#### **Выводы**

В результате проделанной работы был предложен алгоритм моделирования расчета октановых чисел бензина, базирующийся на химических реакциях.

Дальнейшие этапы исследований будут направлены на обработку дополнительных данных с нефтеперерабатывающих заводов, проведение серии квантово-химических расчетов, написание программного продукта для производства высокооктанового бензина и апробацию на нефтеперерабатывающих заводах.

#### **Литература**

5. Смышляева Ю.А., Иванчина Э.Д., Кравцов А.В., Зьонг Чи Туен Математическое моделирование процесса приготовления топливных композиций с использованием антидетонационных присадок // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний, 2011. -№1.

6. Tareq A. Albahri. Structural group contribution method for predicting the octane number of pure hydrocarbon liquids // Ind. Eng. Chem. Res., 2003. – с. 675-662.

7. Орлов Ю.Д., Лебедев Ю.А., Сайфуллин И.Ш. Термохимия органических свободных радикалов. – М.: Наука.2001. – 304 с., ил.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В БИРЖЕВОЙ СФЕРЕ**

Петрова Г.Г.

Томский политехнический университет

[galja\\_tiptop@sibmail.com](mailto:galja_tiptop@sibmail.com)

#### **Введение**

В настоящее время под автоматизацией торговли (бизнес-процессов) понимается последовательное внедрение современных программных комплексов и технических средств с целью снижения трудозатратности и трудоемкости бизнес процессов автоматизация торговли из следующих этапов:

- анализ действующей системы управления;

- разработка проектов автоматизации бизнеса;

- подбор системы, обеспечивающей наибольшую степень эффективности автоматизации;

- тестирование системы и пусконаладочные работы;

- запуск системы;

- работа с персоналом – обучение работе с системой автоматизации. Консультации;

- абонентское обслуживание программного обеспечения и технических средств автоматизации.

Круг проблем, связанных с автоматизацией биржевой деятельности, чрезвычайно широк. К ним относятся как общетехнологические задачи организации обработки информации, так и вопросы выбора эффективных технологических и технических средств, необходимых для проведения подобной работы.

В данной работе описана разработка приложения для автоматизации торговых процессов на языке С# с использованием современных библиотек и платформ.

### Постановка проблемы

На предприятии используется внутренняя торговая система, сочетающая операции, выполняемые автоматически (в Microsoft Office Excel- программе для работы с электронными таблицами):

- расчёт параметров для используемых торговых систем;
- формирование данных, необходимых для выставления заявок;
- и операции, выполняемые вручную самим трейдером:
- выгрузка данных из QUIK (программный комплекс для организации доступа к биржевым и внебиржевым торговым системам в режиме реального времени);
- разнесение совершённых сделок (по данным из QUIK'a) во внутреннюю торговую систему для ведения собственной статистики, в целях сравнения данных и своевременного обнаружения сбоев в работе;
- сверка остатков по ценным бумагам в QUIK'e и внутренней торговой системе;
- выставление заявок;
- снятие заявок.

Возникла необходимость в автоматизации действий, совершаемых трейдером; переключение его функций с совершающих процесс на контролирующих процесс.

Реализация разработанного решения.

Для реализации приложения была выбрана среда разработки VisualStudio 2010. Язык программирования - С#. В программном комплексе используется библиотека классов платформы .NET – автоматизация Excel. Из .NET автоматизация подключается добавлением в References сборки Microsoft.Office.Interop.Excel и позволяет работать с com-объектами, такими как: Application, Workbook, Worksheet и т. д. Возможности сборки: создать, открыть, обновить, удалить файл, книгу, или страницу; сохранить и «Сохранить как...» файл; найти количество используемых строк и столбцов; прочитать и изменить значение нужных строк, столбцов, ячеек; освободить ресурсы, созданные файлом.

Реализация разнесения сделок.

При запуске программы перед пользователем открывается форма, содержащая три вкладки: Конвертер, Настройки, Сверка (рис. 1).

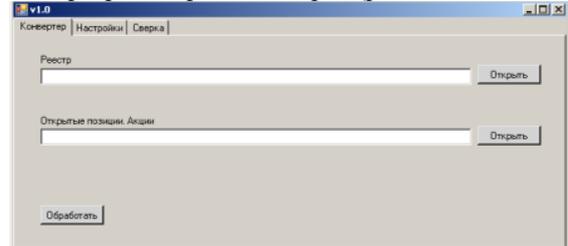


Рис. 1. Вкладка «Конвертер»

Для разnosки совершённых сделок используется вкладка «Конвертер». Первым выбирается документ, в который импортируется информация из Quik'a (условное название – «Реестр»), далее выбирается документ, в который разносятся сделки (условное название – «Открытые позиции. Акции»). После нажатия кнопки «Обработать» программа откроет выбранные документы, считывает данные из «Реестра» и занесёт их в «Открытые позиции. Акции». В случае обнаружения ошибок, неточностей программа выведет сообщение в окно ошибок, находящееся в нижней части формы и запишет данные по сделке в документ. После разnosки пользователю открывается окно, которое предлагает сохранить обновленный файл «Открытые позиции. Акции», либо отменить разнесение и не сохранять изменения в документе (рис. 2).

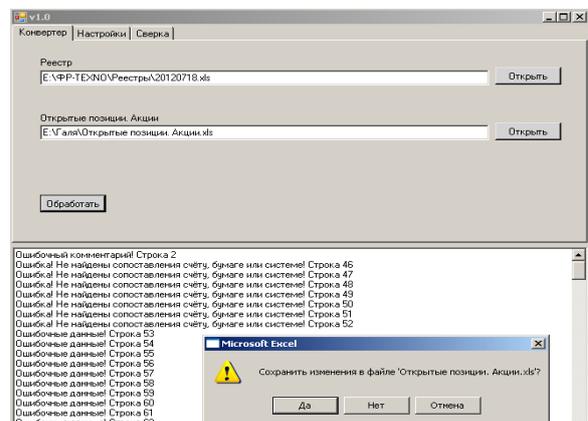


Рис. 2. Выполнение разнесения сделок

Настройки.

Названия ценных бумаг во внутренней торговой системе отличаются от названий, присвоенных в Quik'e, поэтому созданы сопоставления, которые хранятся в текстовых файлах. Также сопоставления созданы для систем, используемых в торговле. Данные сопоставления используются как для разnosки, так и сверки совершённых сделок. Для их просмотра, редактирования используется вкладка «Настройки». При нажатии на кнопку «Загрузить

настройки» в программу загрузятся сопоставления для ценных бумаг, систем, которые можно редактировать и сохранять (рис. 3).

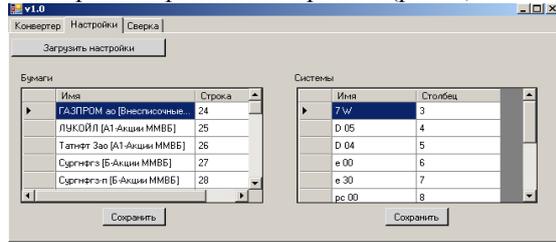


Рис. 3. Загрузка настроек

### Сверка совершенных сделок.

Вкладка «Сверка» используется для контроля работы торговой системы QUIK и внутренней торговой системы. Сверяются остатки ценных бумаг по счетам, хранящимся во внутренней торговой системе и в QUIK'е. Выгрузка данных из программы QUIK в файл EXCEL производится путём выбора кнопки «Вывод через DDE сервер» (рис. 4).

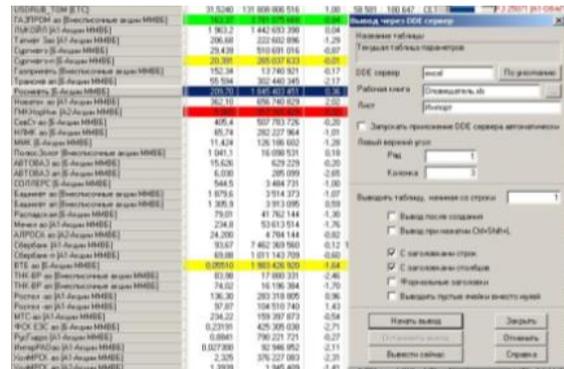


Рис. 4. Вывод данных через DDE из Quik

Чтобы сверить текущие остатки ценных бумаг, пользователю нужно выбрать соответствующие документы со сравнимыми данными, нажав на кнопки «Открыть» и выбрав в открывшемся диалоговом окне нужный файл, либо вставив жёсткий путь к файлу в текстовое поле под соответствующей надписью. Сверка запускается нажатием кнопки «Сверка», при этом ошибки и несоответствия файлов, несоответствие количества одинаковых бумаг выводятся в окно ошибок и вписывается в файл Excel (рис. 5).

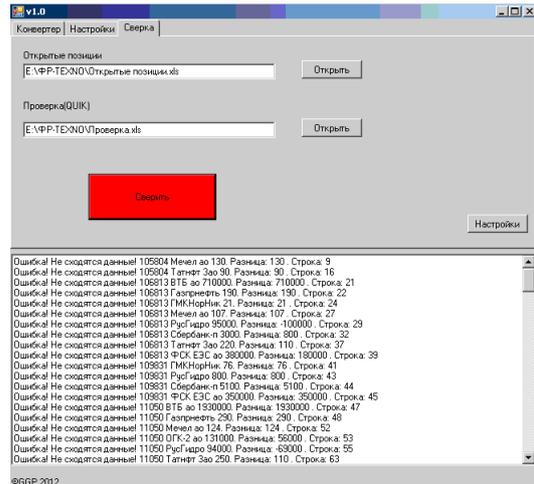


Рис. 5. Выполнение сверки

После окончания сверки пользователю открывается диалоговое окно, сообщаемое об окончании сверки.

### Заключение

Разработанное приложение прошло опытное тестирование, в ходе которого использовались копии реальных документов. После тестирования программа введена в эксплуатацию на предприятии. Каждая функция данного приложения (разноска сделок, сверка), выполнение которой занимает несколько минут, заменяет несколько ежедневных часов работы трейдера, а также сводит вероятность возникновения ошибки вычисления к нулю. За время эксплуатации программа зарекомендовала себя как надежное, гибкое, стабильное приложение, с удобным и понятным графическим интерфейсом.

Разработанная система отвечает поставленным задачам и требованиям.

### Литературы

1. Библиотека MSDN [Электронный ресурс] - 2012 - Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com>, свободный.
2. Молчанов В.В. «Практика программирования на C# для Windows и Web в Microsoft Visual Studio» [Электронный ресурс]. – 2004.– Режим доступа: [http://wladm.narod.ru/C\\_Sharp/index.html](http://wladm.narod.ru/C_Sharp/index.html), свободный.
3. Программный комплекс QUIK [Электронный ресурс] - 2012 - Режим доступа: <http://www.quik.ru/>, свободный.
4. Автоматизация торгового процесса [Электронный ресурс] - 2012 - Режим доступа: <http://forexsystems.ru>, свободный.

## РОЛЬ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ BPM-СИСТЕМЫ VIZAGI

Погребной В.Ю., Кошмелев А.А.

Томский политехнический университет  
[vadimshah.1990@list.ru](mailto:vadimshah.1990@list.ru)

### Введение

Современные предприятия постоянно сталкиваются с новыми требованиями своих клиентов, заинтересованных сторон, рынка, сотрудников и общества в целом. Уже ни для кого не секрет что внедрение бизнес-процессов повышает эффективность предприятия в целом, а главное позволяет оптимизировать его деятельность. Успешные организации отличаются от своих конкурентов тем, что постоянно находятся в поиске инновационных методов работы и постоянно занимаются улучшением и совершенствованием своих бизнес-процессов.

Бизнес-процессы – один из мощных инструментов повышения эффективности бизнеса. Описание бизнес-процессов обеспечивает прозрачность всех операций бизнеса, позволяет анализировать возможные последствия сбоев на том или ином этапе выполнения работ, вовремя найти и исправить ошибку. Процессный подход к управлению позволяет руководителям управлять ключевыми процессами и результатами деятельности компании, действительно создающими добавленную стоимость, а также интегрировать часто разрозненные действия функциональных департаментов и направлять их усилия на единый результат.

### Концепция BPM

В связи с этим большую популярность среди современных компаний получила управленческая концепция BPM. BPM (англ. Business Process Management) – концепция процессного управления организацией, рассматривающая бизнес-процессы как особые ресурсы предприятия.

Для поддержки концепции BPM используется специальное технологическое программное обеспечение BPMS/BPMT (англ. Business Process Management System/Tool). BPMS – это новый класс системного программного обеспечения, появление которого следует той же логике, что и появление СУБД за двадцать лет до того. В свое время мысль о том, что данные целесообразно отделить от алгоритмов и использовать для управления ими специализированное системное программное обеспечение в виде СУБД, вовсе не была очевидной. Сегодня то же самое происходит с процессами: появилось понимание того, что у этих информационных объектов есть специфика, отличающая их и от алгоритмов и от данных. Как следствие, появилась идея специализированного системного программного обеспечения, которое

полностью возьмет на себя управление процессами: моделирование, хранение, исполнение, анализ и т.д.

Существуют и другие концепции описания выполнения последовательности действий, но в отличие от BPM, они способны решать только ограниченные задачи. Ограниченность таких методов заключается в том, что они ориентированы на синхронное, последовательное исполнение шагов. Концепция BPM же ориентирована на более амбициозные задачи. BPM – это средство реализации процессного подхода, которое обязано автоматизировать сквозные бизнес-процессы «от заказа до оплаты». Если же пристально взглянуть на такой процесс, то видно, что он распадается на ряд подпроцессов, которые взаимодействуют друг с другом достаточно нетривиальным образом: асинхронно, с обменом сообщениями, с порождением нескольких подпроцессов, ожиданием их завершения и т.д.

В настоящее время на рынке BPM-систем существует большое количество решений. Среди них наиболее популярными являются IBM BPM, Elma, Naumen DMS и др. Выделим одну из самых «молодых» систем – BizAgі. От других BPM-систем BizAgі отличает ориентированность на удовлетворение потребностей бизнеса в противоположность задачам автоматизации. Преимуществом системы BizAgі является доступная цена. С точки зрения маркетинга, BizAgі выделяется тем, что она предоставляет бесплатное средство моделирования BizAgі Modeler, позволяющее описывать процессы в соответствии с мировым стандартом – нотацией BPMN 2.0. Бесплатная Express версия данной системы идеально подходит для образовательных учреждений, так как включает в себя практически весь функционал платной версии.

### Основные функциональные возможности

Система BizAgі является платформой, разрабатываемой на базе современных программных технологий, и предназначена не только для оптимизации бизнес-процессов, но и для их автоматизации. Данная система автоматически генерирует так называемый рабочий портал, основанный на процессах, которые моделируются и исполняются во время работы портала. Приложение BizAgі BPM Suite обрабатывает полный жизненный цикл бизнес-процессов: моделирование, исполнение, улучшение. На представленном ниже рисунке

показаны основные этапы процесса в системе BizAgi (рис. 1).



Рис. 1. Модель исполнения процессов в системе BizAgi

### Моделирование

Первым шагом к созданию решения является определение и моделирование процесса с использованием приложения BizAgi Process Modeler, который позволяет визуализировать диаграммы, модели и документы бизнес-процессов по стандарту BPMN. Как только процесс проектирования будет завершен, появится возможность экспортировать созданные модели в приложение BizAgi BPM Suite. После этого мастер работы с программой проведет разработчика решения через все необходимые шаги. Работа с мастером включает в себя следующие этапы: моделирование процессов и подпроцессов, проектирование базы данных, настройка визуальных форм, разработка бизнес-правил, определение ролей, интеграция с веб-сервисами и последний этап – запуск созданного бизнес-процесса. Все это превратит модель рассматриваемого процесса в исполняемое приложение. На рисунке 2 представлена визуальная «карусель» мастера, где последовательно отражены все семь шагов.

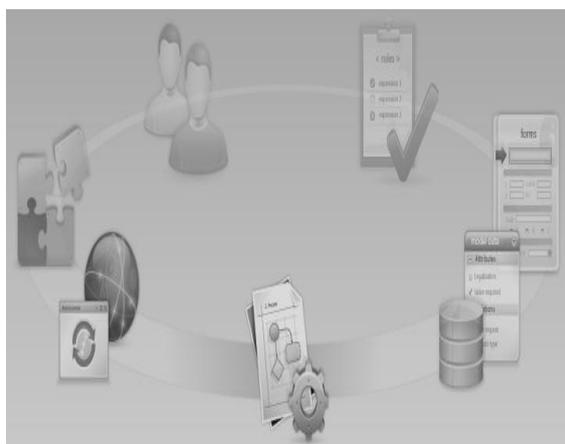


Рис. 2. «Кarusель» мастера в приложении BizAgi Studio

### Исполнение

BizAgi BPM Server является «движком», который выполняет и контролирует бизнес-процессы. Сервер содержит набор инструментов, позволяющих организовывать работу портала, процессную аналитику, бизнес-правила, а также интеграцию с другими приложениями посредством веб-сервисов или динамических библиотек, что позволяет объединять данные и бизнес-логику разных приложений.

BizAgi BPM Server управляет оптимальным распределением различных задач и событий, которые наполняют бизнес-процессы. Сервер контролирует и проверяет, что все задачи выполняются конкретным человеком и группой пользователей согласно временным рамкам, в соответствии с политикой, целями и другими основополагающими правилами компании.

### Улучшение

BizAgi BPM Server имеет полный набор отчетов о производительности, а также набор показателей, которые позволяют анализировать бизнес-процессы, оценивать производительность, выявлять проблемные места и определять возможности для их улучшения.

В зависимости от потребностей процессы и бизнес-правила могут быть скорректированы в режиме реального времени при помощи компонентов рабочего портала. Структурные изменения в оригинальный дизайн процесса могут быть внесены с помощью приложения BizAgi Studio для создания новых версий процессов. Эти новые версии могут быть запущены в производство весьма быстро, без всякого программирования. Достаточно изменить бизнес-модель и работа портала автоматически изменяется, что в итоге предоставляет возможность непрерывного совершенствования и повышения производительности организации.

### Заключение

Данная система изучается на кафедре АиКС ИК ТПУ. В связи с этим требуется разработка учебно-методического обеспечения и освоение навыков работы с данным средством, разработка нового раздела лекционного курса, в рамках которого студентам будет даваться этот материал.

### Литература

1. Функциональное описание системы BizAgi BPM [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.slideshare.net/gibtech/bizagi-bpm#>, свободный.

2. Что такое BPM система? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.cmdsoft.ru/information/systems/bpm/system/>, свободный.

3. Официальный сайт компании BizAgi [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bizagi.com/index.php>, свободный.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕТИПОВЫХ ОТЧЕТОВ КОНФИГУРАЦИИ СИСТЕМЫ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ

Савинкина У.С.

Томский политехнический университет  
[savinkina\\_ulyana@mail.ru](mailto:savinkina_ulyana@mail.ru)

At present it is difficult to imagine a company that does not have an automated system of accounting and management accounting. No merchant company can do without software to facilitate registration of the goods, his movements, cost, gross profit, and more. Moreover, at present the requirements for such laziness software is much higher than it was 5-7 years ago. Today, the user wants to see not only the books, but also be able to plan their financial cost to conduct budgeting, analyzing the extent of its economic benefits. Among the huge number of software products currently available on the Russian market system 1С: Enterprise, developed by 1С is still a leader.

1С: Enterprise is a universal automation system, economic and organizational activities of the enterprise. As such activities can be quite diverse, 1С: Enterprise is able to adapt to the peculiarities of a particular area, ie has configurability - the ability to configure the system to the specific characteristics of the enterprise and the class of tasks.

1С: Enterprise - a set of different software tools, they work with developers and users. Logically, the whole system is divided into closely interacting with each other parts: the configuration and platform that manages the configuration and allows you to make changes to it, and create your own configuration.

### **Opportunities 1С: Enterprise.**

An important feature of 1С: Enterprise 8 is a mechanism for reporting forms. The key here is that the form of affiliation to a particular configuration object does not determine the structure of the data that the form will be displayed. For example, you can create a general form, which will not be subject to any of the configuration items, but which, according to the contents, will display a list or directory, or allow to edit the document. However, this form can no longer be assigned to perform some basic operations.

The form itself and its controls are separated from the configuration objects. In order to display any form of data, you must set the connection of the form itself and most of its controls on the data.

Communication forms and controls to the data by using the details of the form. Among all the details of the form, there is one major props, it defines the data source for the form as a whole. The type of values of the main props of form depends not only what data will be displayed in the form controls, but also the behavior of the form itself.

### **Requests.**

Background information request received

of a set of tables. These tables represent the data of real database tables convenient for analysis. They can be divided into two groups: real and virtual.

Algorithm by which data will be selected from the source tables request, described in the text of the query in the query language. Query text consists of several parts:

- a description of the request;
- association requests;
- ordering of the results;
- AVTOUPORYADOCHIVANIE;
- A description of the results.

### **Data composition system.**

Data composition system is designed to create any reports in the 1С: Enterprise 8.1 and consists of several parts.

Initial data for the layout of the report contains the SKD - a collection of data and methods of work with them.

The developer creates a Data composition system, which describes the query text, data sets, between them, the available fields, the settings for receiving data and sets the initial configuration layout - the report design, layout design data, etc.

In general, the data composition system consists of several objects. The formulation and execution of the report is consistent transfer of data from one object data composition system to another, until the final result - the document shown to the user.

Algorithm for the interaction of these objects is as follows: a developer creates a layout data and default settings. In general, based on the same data composition schema can be a large number of different reports. Appearance settings of data - created by the developer or changed by the user - define exactly what the report will be received in a particular case.

Schema-based configuration and settings available linker creates a layout layout layout data. This is the stage of preparation for the execution of the report. Data composition template is a ready task to run the processor configuration. Layout layout contains the necessary inquiries, layouts and other areas of the report

Processor selects the data composition of the knowledge base on their page layout, aggregates and prepares the data.

The result of the layout can process output, and in the end user receives the resulting spreadsheet document

### **Sales\_ Remains report..**

The enterprise was given the task to create a report, which will show sales on the range (grouped by syllables) in the context of the sales period (with variations on daily, weekly, monthly, quarterly, annually), while the remains of these species range to date. The difficulty in creating such reports is to harmonize different registers record accumulation. To solve this problem it was decided to use the tools of the data composition schema.

The following is the text of a query Data composition system.

**Remains.**

*SELECT resoluted*

*ProductsInStockBalances.Warehouse,*  
*ProductsInStockBalances.Nomenclature,*  
*ProductsInStockBalances.NomenclatureCharacteristics,*

*ProductsInStockBalances.NomenclatureSeries,*  
*ProductsInStockBalances.Quality,*  
*ProductsInStockBalances.AmountRemains*

**CHOICE**

*WHEN & Periodicity1 = "Day"*  
*THEN STARTPERIOD (& EndPeriod DAY)*  
*WHEN & Periodicity1 = "Week"*  
*THEN STARTPERIOD (& EndPeriod, WEEK)*  
*WHEN & Periodicity1 = "Month"*  
*THEN STARTPERIOD (& EndPeriod, month)*  
*WHEN & Periodicity1 = "Quarter"*  
*THEN STARTPERIOD (& EndPeriod, BLOCK)*  
*WHEN & Periodicity1 = "Year"*  
*THEN STARTPERIOD (& EndPeriod, year)*

*AKA & EndPeriod*

*END AS Period*

**FROM**

*AccumulationRegister.ProductsInStockBalances.*

*Remains (& TekData,) AS ProductsInStockBalances*

**Sales.**

*SELECT resoluted*

*SalesTurnover.Contractor,*  
*SalesTurnover.Nomenclature,*  
*SalesTurnover.NomenclatureCharacteristics,*  
*VALUE*

*(Directory.NomenclatureSerie.NullReference)*

*HOW NomenclatureSeries,*

*VALUE (Directory.Quality.New) as quality,*  
*SalesTurnover AmountTurnover*

**CHOICE**

*WHEN & Periodicity = "Day" THEN*  
*SalesTurnover.Period Day*  
*WHEN & Periodicity = "Week" Then*  
*SalesTurnover.PeriodWeek*  
*WHEN & Periodicity = "Month" then*  
*SalesTurnover.PeriodMonth*  
*WHEN & Periodicity = "Quarter" THEN*  
*SalesTurnover.PeriodQuarter*  
*WHEN & Periodicity = "Year" Then*  
*SalesTurnover.PeriodYear*

*AKA SalesTurnover.PeriodSec*

*END as the period*

*SalesTurnover.Recorder.Warehouse*

**FROM**

*AccumulationRegister.Sales.Turnover (, Auto)*  
*HOW SalesTurnover*

The implementation of this report, you create calculated fields. Fig. 1 depicts the tab Calculated fields of Data composition system.

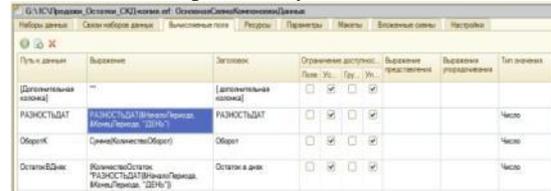


Fig. 1. Calculated fields

An important point in the design of reports are correct setting because of them depends largely on the final repose of data. The tab "Settings" of **Data composition system** the report is shown in fig. 2.

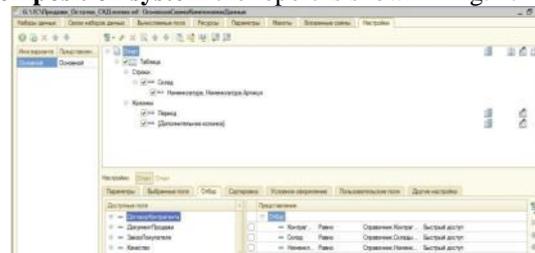


Fig. 2. Settings

The generated report displays the sales and related residues in the context of the range of periods.

Fig.3. Sales\_ Remains report

**REFERENCES**

- 1 Radchenko MG 1C: Enterprise 8.0. Practical guide the developer. Typical examples and techniques, 2nd reprint. Moscow: OOO "1C Publishing", 2006. - 656 p.
2. 1C: Enterprise 8.1. Guide to install and run. M.: "1C", 2007. - 96 p.
3. Azheronok VA Gabets AP, D. Goncharov, Kozyrev D., Kuhlevsky DS, Ostroverh AV Radchenko MG, EJ Khrestaleva Professional development in 1C: Enterprise 8. "Moscow: OOO" 1C Publishing ", 2011. - Vol 1 - 704., Vol 2 - 704.
4. Goncharov, I., Khrestaleva EY, Decision special applications in "1C: Enterprise 8.2." A series of "1C: Professional development", Moscow: OOO "1C Publishing", 2011. - 300.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ БИБЛИОТЕЧНОЙ ОБЛАСТИ. ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ БИБЛИОТЕЧНОЙ ОТЧЕТНОСТИ

Сиротин В.С.

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет  
[sirotinvs@gmail.com](mailto:sirotinvs@gmail.com)

### Введение

Современные информационные технологии стремительно развиваются и позволяют практически любому предприятию оптимизировать используемые им ресурсы.

Это уже давно стало очевидной аксиомой. Несмотря на это еще существуют некоторые области, в которых использование информационных технологий для широких масс населения (более того, даже среди студентов) представляется чем-то трудноприменимым и сложнореализуемым. К примеру, одной из таких областей является библиотечная система и конкретно библиотека. В своем докладе я попытаюсь опровергнуть это утверждение на примере описания функционирования в библиотечной системе современных АРМов, а так же своего собственного информационного проекта, который был внедрен в Томскую Областную Унитарную Научную Библиотеку им. А.С.Пушкина.

### АБИС «Руслан»

Автоматизированная библиотечная информационная система «Руслан» была разработана в 1999 году выпускниками Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. В настоящее время эта система применяется в большинстве крупных и средних библиотеках России, связывая их в единую библиотечную систему Российской Федерации.[1].

В частности, в ТОУНБ им. А.С. Пушкина используются следующие основные модули рассматриваемого проекта:

Комплектование и каталогизация библиотечных ресурсов, систематизация ресурсов, контроль абонемента, пользовательский поиск и заказ, а так же поддержание межбиблиотечного абонемента, позволяющего найти необходимый ресурс в сторонних библиотеках, подключенных в общую систему. В эту систему объединены более десятка библиотек Томской области[2], а так же большинство областных библиотек Российской Федерации.

В основе системы положено хранение информации на сервере «Руслан» под управлением СУБД Oracle. Доступ к базе данных и операции с записями осуществляются непосредственно с рабочих мест пользователей (библиотекарей либо посетителей).

Общая схема работы с пользователями и литературой на основе использования рассматриваемой информационной системы выглядит следующим образом:

1. При поступлении нового ресурса (книги, периодические, неперіодические, пополняющиеся издания и т.д.) на него наклеивается предварительно отпечатанный штрих-код. Этот штрих-код через сканеры-считыватели заносится в базу данных через АРМ комплектования и каталогизации. Данный штрих-код становится идентификатором ресурса, на который он нанесен. По нему заполняются все поля (от названия и ISBN до дальнейшего места хранения литературы). И поступает на соответствующее место хранения. Аналогичным образом наносится штрих-код на читательский билет и заполняются данные о носителе через АРМ книговыдачи. Посетитель через форму доступа на веб-сайте библиотеки, либо через рабочую станцию в самом здании библиотеки находит интересующую его литературу по набору параметров (от названия до издательства или места публикации). Далее он заказывает книгу, если она есть в библиотеке, ее поднимают с места хранения и выдают читателю. При этом в базу данных записывается штрих-код книги и штрих-код читательского билета читателя. Таким образом, в базу данных проходит информация, на какого читателя была выдана единица литературы, а так же сроки выдачи. Так-же читатель может заказать литературу из фонда редких произведений или заказ литературы из библиотечного фонда других библиотек при этом у читателя есть возможность контролировать ход выполнения заказа посредством АРМ читателя (через веб-интерфейс).

Таким образом, в настоящее время в России существует мощная распределенная информационная система, охватывающая огромный пласт деятельности, которая облегчает труд библиотекаря, облегчает доступ читателя к печатным ресурсам со всей страны.

### «eLibray»

Не смотря на использование в библиотеке информационной системы «Руслан», она не снимает вопроса о внутренней отчетности и снятия статистики о посетителях библиотеки и ее посещениях, количества, периодичности, целей посещения и т.д. Кроме того, существует проблема учета массовых мероприятий. Для

решения этой проблемы автором этой статьи была разработана база данных «eLibrary», основной целью которой является сбор статистики о посещениях читателей и целей их посещения, составления на основе этой статистики отчетности и выявление посетительских предпочтений для планирования эффективной библиотечной деятельности.

Разработанная база данных управляется СУБД «MySQL», которая размещена на сервере библиотеки. Доступ к базе данных и ее изменение происходит в веб-браузере пользователя.

Сама база данных представляет собой таблицы, декомпозированные согласно правилам реляционных баз данных, в которых хранятся все данные, необходимые для статистической отчетности. В частности, база данных хранит информацию о посетителях. Их фамилию, имя, отчество (имя и отчество не фигурируют в выводимых отчетных документах) их возраст, пол и социальный статус (наиболее обобщенный) и номер читательского билета. Эта таблица тесно связана с историей посещений – время и дата посещения, отдел посещения, а так же цель посещения. Кроме того существует таблица, которая позволяет заносить данные для отчетности о массовых мероприятиях: дата и место проведения мероприятия, его название и разновидность (собрание, семинар, конференция и т.д.), примерное количество участников и возрастная категория посетителей. Для этих основных таблиц созданы кодификаторы и «служебные» таблицы, служащие для соблюдения условий декомпозиции реляционных БД. Таблицы создавались в СУБД MySQL посредством пакета «РНРMyAdmin». В результате была получена следующая структура базы данных (рис. 1)

После создания структуры базы данных был организован веб-интерфейс программы удобный для доступа пользователей. Таким образом, для занесения данных в таблицу и получения выборок данных из нее, пользователю необходимо наличие на рабочем месте, подключенном к корпоративной сети любого веб-браузера. Окно ввода статистической информации и получения статистической выборки изображено на рисунках 2 и 3 соответственно. Каждый пользователь может войти в раздел ввода и редактирования информации, только пройдя авторизацию. Для каждого пользователя существуют ограничения, благодаря которым пользователь (т.е. библиотекарь) может оперировать с данными, соответствующими ее отделу (место и цель посещения).

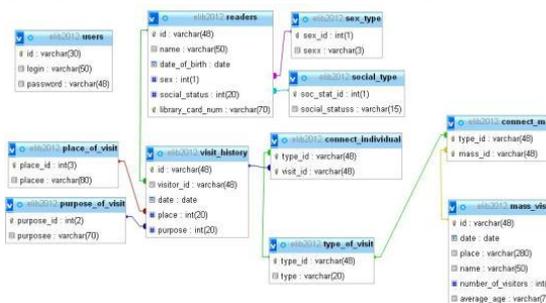


Рис. 1. Структуры БД «eLib» в интерфейсе РНРMyAdmin

Рис. 2. Введение записи в БД посредством пользовательского интерфейса

#	ФИО	Дата посещения	Цель	Место посещения	Номер читательского билета
1	Афонюшкин Александр Владимирович	2012-07-29	Работа с ПК	Холл второго этажа	123123
2	Афонюшкин Александр Владимирович	2012-07-29	Читать книгу	Зал технической литературы	123123
3	Афонюшкин Александр Владимирович	2012-07-29	Работа с ПК	Холл первого этажа	123123
4	Афонюшкин Юлия Александровна	2012-08-21	Срочный поиск информации в сети Интернет	Интернет класс (47 кабинет)	А-Интернет класс (47 кабинет)-21082012

Рис. 3. Вывод статистической информации на основе в интерфейсе пользователя

В конце календарного года добавление, изменение или удаление данных запрещается и становится доступным только вывод отчетов по введенным данным.

### Заключение

Таким образом, современная библиотека меньше всего похожа на устоявшийся стереотип царства картотек и толстых тетрадей. Сейчас информационные технологии внедрились и в эту сферу деятельности, облегчая труд библиотекаря, что отражается на скорости и качестве доступа посетителя к услугам. Особенно стоит отметить, что именно технология баз данных играет центральную роль в этих процессах.

1. <http://abis.ruslan.ru/ruslan>
2. <http://cat.arbicon.tomsk.ru/cgi-bin/z3950gw.cgi>

## ПОДХОД К АДАПТАЦИИ PLM-СИСТЕМЫ SMARTTEAM К СПЕЦИФИКЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗА СЧЕТ РАСШИРЕНИЯ БАЗОВОГО ФУНКЦИОНАЛА

Скирневский И.П., Аметова Э.С.

Томский политехнический университет  
[igorskir@yandex.ru](mailto:igorskir@yandex.ru)

### Введение

Начиная с 2008 года ОАО «Информационные спутниковые системы» им. ак. М.Ф. Решетнева приступило к реализации проекта внедрения решений Dassault Systèmes для разработки элементов конструкции и бортовых кабельных систем космических аппаратов. Таким образом, использование PLM-системы SmartTeam в качестве ядра единого информационного пространства стало стандартом для предприятия. Однако, несмотря на то, что PLM-система SmartTeam успешно внедрена практически во всех структурных подразделениях предприятия и успешно функционирует, выполняя свои базовые функции, зачастую требуется расширение функционала. Это реализуется за счет создания специальных программ – сценариев или скриптов, которые реагируют на действия пользователя либо системы.

### Разработка программных компонентов стандартными средствами PLM-системы SmartTeam

Первый механизм – разработка дополнительных сценариев на языке Basic Script. PLM-система SmartTeam предоставляет встроенную среду разработки SmartScript Editor на языке программирования Visual Basic Script. Данная среда позволяет проверить синтаксис кода и откомпилировать проект. Также среда имеет подсветку синтаксиса.

Качественное отличие метода от всех остальных заключается в общем хранилище исходных файлов, находящемся на сервере SmartTeam в специализированной директории, к которой автоматически открывается доступ у всех пользователей системы. Таким образом, все клиенты работают в общем файловом пространстве на сервере со скриптами для работы которых не требуется трансляция либо компиляция, следовательно, после завершения этапа кодирования, сценарий готов к работе. Данный подход также имеет ряд других положительных особенностей:

- весь программный код находится в одном файле;
- нет необходимости использовать дополнительные средства проектирования;
- изменения в исходный код можно вносить без компиляции проекта.

Разработка сценариев на языке Visual Basic в стандартном редакторе является очень удобной в плане организационной структуры, но имеет ряд недостатков. Ключевая проблема данного

метода – отсутствие удобных механизмов проектирования. Функционал встроенного редактора является очень ограниченным и не отвечает современным требованиям по многим критериям. Ниже представлен ряд проблем с которыми приходится сталкиваться при разработке скриптов в стандартном редакторе SmartScript Editor:

- ограниченная функциональность среды разработки;
- отсутствие полноценного отладчика;
- отсутствие автоматической генерации кода и подсказок;
- отсутствие автоматического форматирования исходного кода.

Несмотря на описанные выше проблемы, ключевой минус данного подхода – свободный доступ к исходным кодам. Как уже было отмечено, файлы Visual Basic не нуждаются в компиляции и трансляции, и, таким образом, из них не формируются файлы в бинарном формате. Все это приводит к тому, что коммерческим структурам, предоставляющим свои услуги предприятию, очень сложно защитить свою интеллектуальную собственность от копирования и вмешательства извне.

### Разработка программных компонентов посредством СОМ-технологии

Большую часть недостатков подхода к проектированию сценариев с использованием встроенного редактора на языке Visual Basic компенсирует разработка программных компонентов посредством СОМ-технологии. В ней используется удаленный вызов процедур. Под термином «удаленный вызов процедур» понимают класс технологий, которые позволяют компьютерным программам вызывать функции или процедуры в другом адресном пространстве. СОМ-объекты (от англ. Component Object Model – объектная модель компонентов) – это набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением для использования во внешних программных продуктах. Такое определение соответствует термину интерфейса программирования приложений, называемого API (от англ. Application Programming Interface). Представить API приложения в виде набора СОМ-объектов позволяют специальные инструменты: встроенные в приложения редакторы программного кода или внешние среды разработки IDE (от англ. Integrated Development Environment) (рис. 1).

Для разработки программных компонентов в PLM-системе SmarTeam была выбрана среда разработки Microsoft Visual Studio Express Edition. Данная среда предоставляется бесплатно. Microsoft Visual Studio обладает большими возможностями, такими как различные инструменты программирования и отладки.

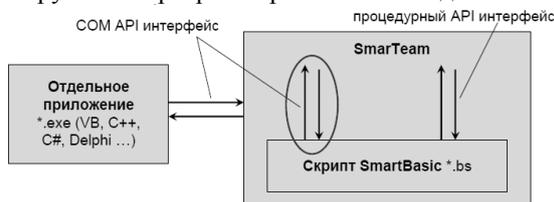


Рис. 1. Общая схема взаимодействия через COM API интерфейс

Все функции и обработчики событий хранятся в DLL библиотеках (библиотека динамической компоновки), что позволяет защитить код программы от несанкционированного доступа, так как конечному пользователю предоставляются уже скомпилированные DLL файлы.

Достоинства подхода:

- многофункциональная среда разработки;
- легко читаемый, разделенный код;
- наличие качественного отладчика;
- наличие автоматической генерации кода и подсказок;
- наличие автоматического форматирования исходного кода.

Недостатки подхода разработки компонент посредством COM-технологии:

- необходимость установки и настройки дополнительного программного обеспечения;
- необходимость разработки дополнительных программ, для регистрации COM-объектов в системе.

COM-объект должен быть зарегистрирован на компьютере, где его предполагается использовать. Для ОС Windows регистрация COM-объекта заключается в его занесении в системный реестр. Регистрация COM-объектов для задач проектирования программных компонентов в PLM-системе SmarTeam выполняется с помощью системной утилиты regasm.exe, которая является частью программной платформы Microsoft.Net.

Ключевой недостаток подхода – необходимость перерегистрации dll-библиотек, содержащих в себе вызов процедур на каждом пользовательском компьютере, а также распространение измененных DLL файлов между пользователями системы.

Оба подхода имеют ряд преимуществ и недостатков, которые могут быть незначительны при решении частных задач. Однако при комплексной адаптации PLM-системы SmarTeam к специфике конкретного предприятия, появляется необходимость решения множества разнородных задач. Это требует интеграции

указанных подходов с целью получения удобного и функционального механизма.

### Совместное использование стандартной среды разработки SmartScript и COM-технологии при адаптации PLM-системы SmarTeam к специфике предприятия

При совместном использовании стандартной среды разработки SmartScript и COM-технологии основной программный код, реализующий такие функции как обработка событий, интеграция PLM-системы SmarTeam с другими системами, реализуется с помощью COM-технологии; вспомогательные сценарии реализуются на Visual Basic.

Использование стандартных средств PLM-системы SmarTeam позволяет компенсировать один из главных недостатков COM-технологии, а именно производить актуализацию динамических библиотек находящихся на клиентских машинах. Для этого на языке Visual Basic в стандартном редакторе PLM-системы SmarTeam SmartScript был реализован скрипт, позволяющий произвести проверку актуальности DLL библиотек, при необходимости обновить их и скопировать в заданную директорию недостающие либо новые DLL-файлы. После получения полного пакета DLL скрипт реализует регистрацию библиотек в системе.

В результате использования совмещенного подхода к расширению базового функционала PLM-системы SmarTeam проектировщик получил удобную среду разработки, компенсируя при этом временные затраты на перерегистрацию и актуализацию DLL библиотек.

### Заключение

На текущий момент Dassault Systems распространяет новый продукт Enovia V6, основанный на облачных вычислениях. При работе в системах подобного класса, использующих удаленный сервер и сервисы, обслуживающие запросы клиентов через web-интерфейс, выбор технологии расширения стандартного функционала будет сформирован по совершенно другим критериям.

Несмотря на активное внедрение облачных технологий в новые информационные системы, большинство крупных предприятий ближайшие несколько лет не планируют переход на системы такого класса. Объясняется это многими факторами, такими как стоимость систем, сложности перехода, необходимость обучения персонала и т.д. Таким образом, вопрос расширения функционала клиент-серверных моделей, основанных на локальной инфраструктуре, остается актуальным.

### Литература

1. Норенков, И.П., Кузьмин П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 320 с.

## РЕАЛИЗАЦИЯ СПРАВОЧНИКОВ СТАНДАРТНЫХ, УНИФИЦИРОВАННЫХ И ЭЛЕКТРО-РАДИО ИЗДЕЛИЙ В СРЕДЕ PLM-СИСТЕМЫ SMARTTEAM

Скирневский И.П., Аметова Э.С., Цапко С.Г.

Томский политехнический университет  
[igorskir@yandex.ru](mailto:igorskir@yandex.ru)

### Введение

Одним из основных вопросов организации единого информационного пространства (ЕИП) – формирование централизованного хранилища на базе PLM-системы (от англ. Product Lifecycle Management – система управления жизненного цикла изделия). При этом все данные об изделии, хранящиеся в PLM-системе, должны иметь однозначное и непротиворечивое представление, а также обеспечена целостность информации и исключено дублирование данных. При реализации такого подхода к построению ЕИП связующим звеном между данными различных информационных систем выступает хранилище нормативно-справочной информации (НСИ).

Задача создания ЕИП приобретает особенную актуальность и комплексность в задачах автоматизации и информатизации процессов проектирования наукоемких и уникальных промышленных изделий. К изделиям такого класса относится бортовая радиоэлектронная аппаратура (РЭА) космического аппарата. В статье рассматривается опыт внедрения PLM-системы SmartTeam в рамках приборостроительного направления «ОАО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнёва», г. Железногорск.

Учитывая особенности проектирования наукоемкой продукции, актуально применение современных информационных технологий для автоматизации процессов проектирования бортовой РЭА. В настоящее время актуальным решением являются CALS-технологии.

### Формирование требований к хранилищу НСИ на базе PLM-системы SmartTeam

CALS-технологии направлены на автоматизацию и информатизацию всех этапов жизненного цикла (ЖЦ) изделия. Процессы проектирования, изготовления, испытаний и эксплуатации формируют ЖЦ РЭА. Длительность ЖЦ РЭА может достигать несколько десятков лет. Однако самый сложный и итеративный этап – это проектирование, поэтому применение CALS-технологий именно на этом этапе являются особенно актуальным.

Реализация CALS-технологий с использованием хранилища НСИ обеспечивает накопление и повторное использование данных при проектировании.

Был сформулирован ряд требований к хранилищу НСИ на базе PLM-системы SmartTeam:

- хранилище должно охватывать всех участников процесса проектирования;

- должна быть обеспечена связь перекрестными ссылками данных, используемых при проектировании в САПР;

- должна быть обеспечена связь перекрестными ссылками конструкторской документации и данных САПР, на основе которых она получена;

- PLM-система SmartTeam должна выступать в качестве централизованной системы поддержки доступа пользователей к НСИ.

На основе анализа процессов проектирования бортовой РЭА был выявлен перечень справочников, которые должны быть реализованы в SmartTeam:

- унифицированные детали;
- унифицированные сборочные единицы;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы и сортаменты.

### Организация НСИ как составная часть внедрения PLM-системы

Справочники не являются обособленной частью PLM-решения, а тесно связаны с другими его составными частями. Следовательно, при организации НСИ были учтены интеграции с EDA-системой (от англ. Electronic Design Automation – система автоматизации проектирования радиоэлектронных средств) Altium Designer и CAD-системой (от англ. Computer-aided design – система автоматизированного проектирования) SolidWorks. Поэтому задача реализации справочников – составная задача комплексной разработки ЕИП, в том числе проектирования модели данных, разработки алгоритмов работы пользователей с PLM-решением и САПР, а так же использования API для расширения базового функционала которое предоставляет PLM-система SmartTeam.

SmartTeam предоставляет средства адаптации системы к специфике предприятия. При подготовке SmartTeam для проектирования хранилища НСИ, были предложены подходы и программные компоненты, позволяющие осуществить настройку данной PLM-системы.

Основой PLM-системы SmartTeam является объектно-ориентированная модель данных. В основу модели данных входят классы, вложенные друг в друга. При этом связь между классами определяется их иерархией. Между объектами родительского и дочернего класса формируется иерархическая связь, а между объектами двух смежных классов – ассоциативная. Для

формирования хранилища НСИ были добавлены дополнительные классы и атрибуты. Функционирование классов обеспечивается их механизмами.

При организации хранилища НСИ понадобилось добавления ряда дополнительных механизмов, а также внесение изменений в интерфейсные формы PLM-системы.

Так как справочные данные могут изменяться в соответствии с появлением новых требований, то потребовалось учесть это при настройке ролевой политики, где разрешение на изменение объектов хранилища НСИ предоставляется только администраторам системы.

Была проведена настройка механизмов стандартной интеграции, в рамках которой реализуются справочники стандартных и унифицированных.

Для реализации программных компонентов, был проведен анализ существующих методов их разработки.

Существует два основных подхода для реализации:

1. Разработка программных компонентов стандартными средствами PLM-системы Enovia SmarTeam:

PLM-система Enovia SmarTeam предоставляет встроенную среду разработки SmartScript Editor на языке программирования Visual Basic Script.

2. Разработка программных компонентов по средствам СОМ-технологии:

При разработке программных компонентов по средствам СОМ-технологии используется удаленный вызов процедур.

Каждый подход имеет свои достоинства и недостатки. Так как использование СОМ-технологии для реализации поставленной задачи имеет больше преимуществ, то был выбран подход разработки компонентов посредством СОМ-технологии в среде разработки Microsoft Visual Studio на языке программирования C#.

Справочники унифицированных сборочных единиц и деталей сформированы на основании стандартной интеграции CAD-системы SolidWorks с PLM-системой Enovia SmarTeam. Создание справочника унифицированных сборочных единиц и деталей представляет из себя алгоритм, включающий следующую последовательность действий:

- в проекте «Справочник» создается элемент;
- на следующем шаге формируется связь между исходным изделием и элементом справочника;

- если унифицированное изделие отличается от изделия, на базе которого проходит унификация, создается новая версия справочного элемента и вносятся корректировки;

- далее создаются связи типа specification link между элементом справочника и документом, который содержит 3D-модель изделия.

Справочник стандартных изделий сформирован на основании стандартной интеграции CAD-системы SolidWorks с PLM-системой Enovia SmarTeam. Хранение стандартных изделий в PLM-системе SmarTeam требуется с интеграцией с существующим модулем SolidWorks ToolBox для сохранения связей и корректного формирования конструкторской документации. Также следует отметить, что при заполнении справочника стандартных изделий в PLM-систему SmarTeam, автоматически загружаются все конфигурации стандартного изделия.

Составной частью реализации ЕИП в рамках проектирования бортовой РЭА стала интеграция EDA-системы Altium Designer и PLM-системы SmarTeam. В рамках данной интеграции был разработан программный модуль реализации справочников ЭРИ.

Модуль формирования справочника ЭРИ в PLM-системе Enovia SmarTeam представляет из себя СОМ-компонент. Разработанные модули при загрузке данных EDA-системы Altium Designer в первый раз обеспечивают автоматическое заполнение справочника ЭРИ в PLM-системе SmarTeam и создание связей между справочными и добавляемыми данными. При повторной загрузке данных, программно обновляются связи между загружаемыми данными и элементами справочника.

#### **Заключение**

Существование современного предприятия невозможно без использования CALS-технологий, в условиях постоянного повышения требований к конкурентоспособности отечественной продукции, сокращению сроков ее вывода на внешние рынки, что подразумевает соответствие процессов предприятия международным CALS-стандартам.

Предложенный подход к реализации преемственности при разработке бортовой РЭА, то есть повторное использование ранее спроектированных и испытанных конструкторских решений, обуславливает повышение эффективности процессов проектирования в долгосрочной перспективе. Разработанный подход и программный модуль могут применяться при автоматизации процессов проектирования бортовой РЭА с применением PLM-системы Enovia SmarTeam.

#### **Литература**

1. Каленкович Н. И., Радиоэлектронная аппаратура и основы её конструкторского проектирования, 7., Издательство: БГУИР, Год: 2008, Страниц: 199.

## РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА ПО ПРИЕМУ ПЛАТЕЖЕЙ

Темникова К.Ю.

Томский политехнический университет

E-mail : [arika777@inbox.ru](mailto:arika777@inbox.ru)

### Введение:

Каждый из нас хоть раз в своей жизни сталкивался с проблемой покупки различных товаров и услуг. Не так давно основным средством оплаты были обычные бумажные и металлические деньги. Но с бурным развитием IT-технологий у человека появилась возможность заменить их на электронные и использовать для оплаты терминалы и электронные платежные системы.

Уже по итогам 2011 года оборот российского рынка моментальных платежей вырос по сравнению с 2010 годом более чем на 15%, превысив 892 млрд. рублей.

Назначение платежа	Доля в общем обороте рынка, %	
	2010 г.	2011 г.
Сотовая связь	73,5	66,0
Интернет	3,5	4,0
Телевидение	1,7	2,0
Погашение кредитов	8,7	13,0
Электронные деньги	1,7	2,0
ЖКУ	1,5	1,0
Остальное	9,4	12,0
Весь рынок	100,0	100,0

Рис. 1. Структура рынка моментальных платежей по итогам 2011 г.

В настоящий момент в Томске существует несколько фирм, занимающихся продажей POS-терминалов:

- Touch and Pay
- Uts
- Терминал-сервис
- ЭкоЭкспресс
- ТПРС

Соответственно, каждая стремится удержать старых клиентов и привлечь новых. А для этого необходимо качественное ПО, способное сделать процесс оплаты максимально удобным и быстрым.

Поэтому целью моей работы была разработка собственного ПО фирмы, чтобы осуществлять, отслеживать и предоставлять информацию о платежах с операторского места, взамен старого, купленного 5 лет назад.

### Разработка операторского места:

Для разработки был выбран объектно-ориентированный язык программирования C# и среда разработки VisualStudio, т. к. в данной среде имеется удобный графический конструктор и возможность использования локальной БД.

При загрузке приложения проходит проверка на соответствие введенного логина и пароля, которые хранятся в БД на сервере ТРПС. В

проверке правильности пароля участвуют хэш пароля и MD5 подпись.

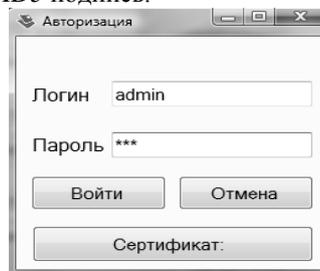


Рис. 2. Новое ПО. Форма авторизации

Далее приложение обращается к API RegPlat, которое построено на обмене данными от клиента к серверу в виде HTTP (HTTPS) к php-скрипту запросов (POST) и ответе от сервера в виде XML документа с кодировкой UTF-8. Запрос защищен MD5 подписью.

В случае возникновения ошибки, сервер возвращает её код и описание. В противном случае, возвращается список секций, шаблонов и их полей.

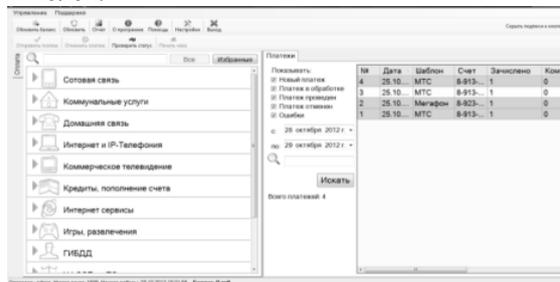


Рис. 3. Новое ПО. Главная форма

Далее необходимо выбрать нужную секцию и шаблон, заполнить все поля и нажать «Оплатить».

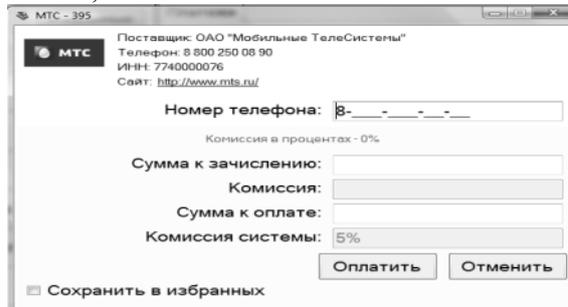


Рис. 4. Новое ПО. Форма платежа

После создания платежа, вся информация из заполненных полей заносится в локальную БД. Это удобно тем, что для использования приложения нужно только установить его на ПК, установка каких-либо других программ для работы с БД, типа MS SQL, не требуется. Вся

занесенная информация тут же отображается на главной форме в таблице справа.

Проведение платежа осуществляется с помощью протокола взаимодействия на прием платежей.

Протокол состоит из 2 команд:

- РАУ – проведение платежа;
- СЧЕСК – проверка состояния платежа, отправленного ранее;

Над платежом в таблице доступны определенные действия:

- для нового платежа: проведение, просмотр информации, отмена, проверка статуса

- для проведенного платежа: проверка статуса, печать чека, просмотр информации

Все кнопки для этого находятся в панели инструментов. Так же они доступны из контекстного меню.

Для удобства клиентов добавлена возможность печати предчека, которой не было в старом ПО. Так же становится доступной возможность составления отчетов по проведенным платежам в MS Office Excel, что очень удобно для начальников и директоров.

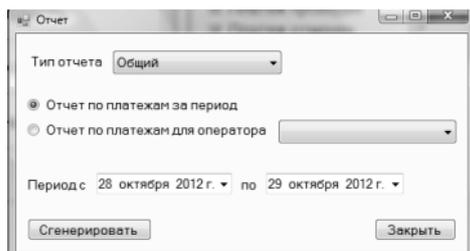


Рис. 5. Новое ПО. Форма генерации отчета

В новое ПО добавлена возможность создания списков избранных платежей и шаблонов, для большего удобства оператора. Список избранных шаблонов хранится в формате XML, загружается при запуске приложения и сохраняется при завершении работы. Список избранных платежей хранится в локальной БД. Оба списка можно редактировать и передавать с одного операторского места на другое.

В приложении имеется форма настроек, для изменения внешнего вида главной формы, параметров активности пользователя и параметров печати чеков и предчеков.

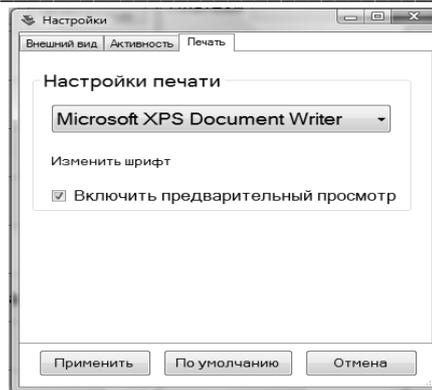


Рис. 6. Новое ПО. Форма настроек. Настройки печати

В приложениях Visual C# часто содержатся данные, не являющиеся исходным кодом. Такие данные называются ресурсами проекта и могут включать двоичные данные, текстовые файлы, аудио- и видеофайлы, таблицы строк, значки, изображения, XML-файлы или любой другой тип данных, необходимых для приложения. Данные ресурсов проекта хранятся в формате XML в файле с расширением RESX (имя по умолчанию – Resources.resx).

В данном приложении ресурсами являются изображения, используемые для иконок форм и кнопок.



Рис. 7. Новое ПО. Ресурсы

В настоящее время приложение находится ещё в стадии доработки, исправляются текущие ошибки и вносятся корректировки в функционал и интерфейс.

#### Заключение:

Таким образом, за основу разработанной мною программы было принято старое ПО, оно было изменено и доработано для удобства использования оператором и основано на использовании API-функций и протоколов непосредственно ТРПС. Как говорилось выше, программа написана на C#, что делает её более современной, т.к. старое ПО было написано на Delphi.



Рис. 8. TelePay клиент, до сих пор используемый ТРПС. Главная форма

#### Литература:

1. “E-moneyNews”: Новости и консалтинг [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.e-moneynews.ru/rynok-momentalnyx-platezhej-itogi-2011-goda/> свободный.
2. Описание функций (API) для работы с платежной системой. Брошюра 2011 г.-27с.
3. Шлюз RegPlat - прием платежей. Брошюра 2011 г.-12с.

## КЛИЕНТСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ФОТОКАМЕРАМИ, ОСНОВАННОЕ НА АРХИТЕКТУРЕ TANGO

Васильев Г.А., Вичугов В.Н.

Томский политехнический университет

[georgy13@mail.ru](mailto:georgy13@mail.ru)

### Введение

Фотокамеры являются одним из способов получения визуальных данных при визуальном наблюдении за различными процессами. Иногда отсутствует возможность физического присутствия человека, связанная с его нахождением в другом месте или вредностью протекающего процесса, который необходимо визуально наблюдать. Решить данную проблему позволяет использование фотокамер, имеющих возможность доступа из компьютерной сети.

В Институте синхротронного излучения, входящем в состав Института технологии города Карлсруэ (KIT), возникла потребность использования различных фотокамер для проведения экспериментов с пучком заряженных частиц, производимым синхротроном ANKA. Использование множества разнообразных фотокамер привело к необходимости применения единого интерфейса для получения данных и управления фотокамерами. Решением данной проблемы является использование системы Tango [1].

Tango является открытым проектом, разрабатываемым консорциумом синхротронных научных институтов, в их числе основную роль играют ESRF, Soleil, DESY и др. Технология Tango представляет собой программный комплекс, имеющий клиент-серверную архитектуру. Сервер представляет собой сервис, позволяющий взаимодействовать с реальной физической установкой посредством использования драйверов, поставляемых разработчиком установок, и возможностей технологии CORBA. Клиентское приложение в системе Tango предназначено для управления Tango-сервером посредством отправления команд и взаимодействия с атрибутами сервера. Универсальный интерфейс, предоставляемый сервером, позволяет создавать разнообразные по сложности клиентские приложения (рис. 1).

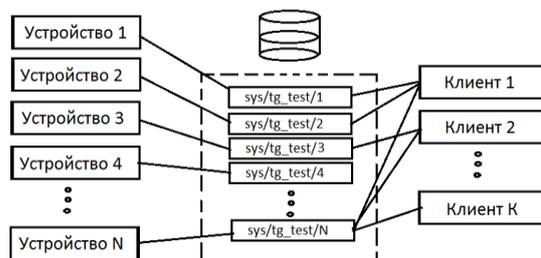


Рис. 1. Схема взаимодействия Tango

Tango предоставляет разработчику возможность разрабатывать приложения на языках программирования C++, Java и Python.

### Приложение для работы с фотокамерами

Перед разрабатываемым приложением для фотокамер выдвигались такие требования как работа с realtime изображениями и скриншотами, кроссплатформенность, возможность манипулирования изображением, отрисовка получаемых изображений с допустимой частотой 25-50 Герц. Из выдвигаемых условий следует, что задача получения фотографий является критичной в отношении времени. Все предоставляемые языки программирования позволяют решить задачу кроссплатформенности, но все они показывают различные временные показатели по скорости выполнения исполняемого кода и работы с соответствующими Tango библиотеками. Тестирование скорости получения данных от разработанного тестового Tango-сервера показало, что наилучший показатель демонстрирует приложение, написанное на языке C++ с использованием Qt Framework [2] (далее Qt) по сравнению с приложением на Python и Java.

В ходе проектирования [3] разрабатываемого приложения imageClient было декомпозировано на компоненты, представленные на рисунке 2.



Рис. 2. Декомпозиция приложения

Данная декомпозиция позволяет разделить приложение на компоненты, которые в ходе эксплуатации могут быть беспрепятственно модифицированы или заменены на новые соответствующие блоки.

На синхротроне ANKA используется множество фотокамер от различных производителей с различными характеристиками: цветовыми схемами (RGB, RGBA, черно-белое изображение), количеством бит для кодирования цвета одной точки (8, 16, 24, 32 или 48 бит). Данный факт потребовал создания различных режимов по отображению приходящей информации с сервера. Считывание картинки с сервера осуществляется путем считывания Tango атрибута с сервера, который в терминологии языка C++ является одномерным массивом (vector) данных типа unsigned char или unsigned short [4]. Тип данных unsigned char подразумевает использование 8 бит информации на каждый канал, unsigned short – 16 бит. В связи с тем, что в библиотеке Qt отсутствуют возможности обработки изображений с 16 бит информации на каждый цветовой канал [5], потребовалось реализовать преобразование входных данных типа unsigned short в тип unsigned char с использованием карты цветов.

В процессе получения изображения возникают ситуации, когда требуется преобразование изображения. Для решения этой задачи были выделены такие базовые параметры изображения, как яркость, гамма, контрастность и такие виды преобразования как вращение, изменение масштаба, зеркальное отображение. Для каждой данной характеристики был разработан соответствующий класс для хранения и изменения соответствующего значения. Эти классы связаны между собой логической связью путем использования абстрактного класса Property, реализующего концепцию полиморфизма. Данный подход использования полиморфизма позволит в дальнейшем беспрепятственно для рабочей системы добавлять новые свойства.

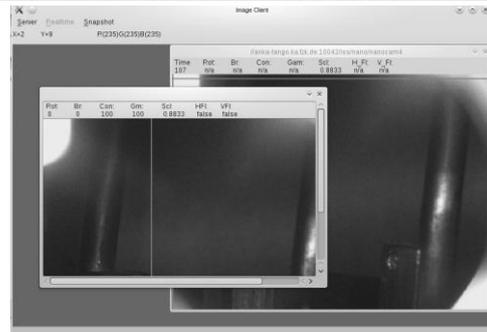


Рис. 3. Различные режимы отображения полученного изображения в рабочих окнах

Отрисовка изображения в приложении осуществляется при помощи использования компонента QImage. Имеется необходимость отображения в рабочем окне получаемого с фотокамеры изображения целиком или крупного масштабирования отдельных ее частей. С этой целью в приложении были реализованы оба этих режима. Отображение всего изображения реализовано путем его масштабирования в компоненте QWidget в соответствии с размерами рабочего окна. Режим масштабирования отдельных частей изображения был реализован путем отрисовки участка изображения в рабочем окне, прокручиваемом с помощью полос прокрутки, т.е. компонента QScrollArea. Информация о параметрах изображения отображается на экране при помощи компонента QLabel (рис. 3).

Пример работы приложения представлен на рисунке 4, где изображены два рабочих окна, взаимодействующих с различными фотокамерами.

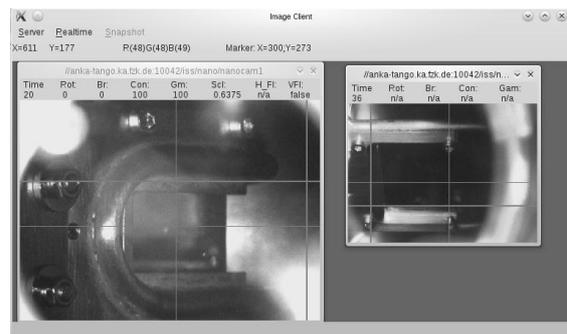


Рис. 4. Пример работы разработанного приложения imageClient

### Заключение

В данной работе представлен подход к разработке и пример реализации клиентской части системы видеонаблюдения при помощи фотокамер и технологии Tango. Преимуществом данного подхода является разграничение между Tango-клиентами и Tango-сервером задач взаимодействия с реальной физической установкой и выполнения требуемой обработки данных. Разработав один Tango-сервер, можно

разработать множество разнообразных по сложности, функционалу и типу решаемых задач клиентских приложений. В настоящий момент существует несколько свободных проектов по работе с Tango API. Соответствующим проектом, основанным на использовании Qt, является QTango [6]. В текущей версии библиотеки QTango-4.3.1 отсутствуют компоненты для работы с изображением. Разработанная методика по работе с изображениями, получаемыми с Tango сервера, в разработанном приложении imageClient может быть положена в основу разработки нового компонента библиотеки QTango.

#### Литература

1. Официальный Web сайт проекта Tango [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.tango-controls.org>, свободный.

2. Официальный Web сайт проекта Qt [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.qt-project.org/>, свободный.

3. Фаулер М. Рефакторинг: улучшение существующего кода. – Пер с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2003.-432с., ил.

4. The TANGO Team. The TANGO Control System Manual Version 7.2.- October 6 2010

5. Шлее М. Qt4.5. Профессиональное программирование на C++.- СПб.: БХВ-Петербург, 2010.- 896 с.: ил. + DVD – (В подлиннике)

6. QTango WEB страница [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.tango-controls.org/Documents/gui/qt-tango-related-stuff>, свободный

## ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ НА ПРИМЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТОБОРОТА DIRECTUM И СИСТЕМЫ БИЗНЕС-МОДЕЛИРОВАНИЯ BUSINESS STUDIO

Васильева А.Н., Шутова Ю.О., Вичугова А.А.

Томский политехнический университет  
n-businka@mail.ru

#### Введение

**Интеграция** – это объединение компонентов, элементов объекта с целью создания общей системы, позволяющей оптимизировать бизнес-процессы предприятия.

На данный момент времени задача интеграции является одной из самых актуальных и приоритетных задач, стоящих перед компаниями-разработчиками систем. По мнению аналитиков около 30% бюджета компаний тратится именно на решение вопросов, связанных с интеграцией.[1]. С учетом того, что при этом охватывается довольно широкий спектр деятельности, от обеспечения связи между двумя системами до создания единого информационного пространства внутри предприятия, а также налаживания мостов между информационными системами организаций-партнеров, то затраты компаний являются вполне обоснованными.

В данной работе речь пойдет об интеграции между системой электронного документа документооборота Directum со средой визуального бизнес-моделирования Business Studio. Цель работы состоит в том, чтобы изучить систему электронного документооборота Directum и Business Studio и возможности интеграции между этими системами. Актуальность выбранной темы заключается в том, что проводимые исследования касаются ранее не рассматриваемого в рамках учебного процесса вопроса интеграции между системами Directum и Business Studio. Ориентируясь на заявленную цель, поставлены следующие задачи:

1. Изучение программных продуктов Business Studio и Directum.

2. Знакомство с понятием интеграции и практическое применение знаний при работе с системой Directum и Business Studio.

3. Сделать вывод о новых возможностях, которые дает интеграция.

#### Система электронного документооборота Directum

Directum – система электронного документооборота и управления взаимодействием, разработанная российскими специалистами. Интерфейс на русском языке и большое количество сопроводительной документации делают эту систему достаточно легкой изучения и использования. Система Directum нацелена на повышение эффективности работы всех сотрудников. Сегодня эта разработка используется во многих ведущих фирм страны, например Буровые системы ООО Удмурской области, Башнефтегеофизика, Газпром геофизика г. Москвы, Гипрогазцентр Нижегородская область

#### Система бизнес – моделирования Business Studio

**Business Studio** - система визуального бизнес – моделирования, основное назначение которой - описание моделей бизнес-процессов предприятия.

Проектирование организационной структуры: в Business Studio выполняется с помощью специального модуля, который обеспечивает установление отношений подчинения для

различных единиц структуры. Построение организационной структуры основан на иерархическом принципе, то есть, каждый нижестоящий уровень контролируется вышестоящему.

Анализ и оценки стоимости процесса: позволяет с помощью модуля ФСА, оценить стоимость процесса, система позволит формировать ТЗ на автоматизацию, в котором детально описаны процессы, которые нужно автоматизировать для успешной работы предприятия.

Сегодня Business Studio используется в ОАО «Гипроспецгаз» (г. Санкт-Петербург), Газэнергосеть, Русская Телефонная Компания МТС, Завод бурового оборудования (г. Оренбург), IT-центр Группы заводов "Металлкомплект" и т.д.

### Интеграция между Business Studio и Directum

Условно процесс взаимодействия между системами можно описать следующей схемой приведенной на рис. 1.



Рис. 1. Схема процесса взаимодействия между системами

Коннектор содержит в себе все необходимые настройки, обеспечивающие возможность интеграции. Настройка взаимодействия с системой начинается с того, что в коннектор поступает информация о среде, с которой будет производиться интеграция. На основе поступивших конфигураций о системе формируются интерфейс интеграции, иначе сценарий, по которому будет происходить передача данных, отправленных из внешней среды, в нашем случае Business Studio в Directum. Интеграция Business Studio и Directum дает пользователям выполнить следующие операции над бизнес-процессами: моделирование, регламентацию, исполнение, контроллинг.

Схема, показывающая взаимодействие двух систем в рамках интегрированного решения представлена на рис. 2.



Рис. 2. Схема взаимодействия систем в рамках интегрированного решения

Двухсторонняя передача данных между системами обеспечивает обмен схемами процессов и общими справочниками.

Таким образом, в Business Studio выполняется проектирование диаграмм процессов и организационной структуры предприятия, которые впоследствии могут быть переданы в Directum, где на основе переданных диаграмм процессов создаются схемы типовых маршрутов. Возможности системы Business Studio представлены на рис. 3.



Рис. 3. Возможности системы Business Studio

В Business Studio к спроектированной модели бизнес-процесса автоматически формируется регламентирующая документация. В свою очередь в системе Directum выполняется согласование, хранение, а также последующее предоставление выше обозначенной документации пользователям.

Стоит отметить, что в СЭД Directum происходит выполнение бизнес-процесса, а накопленная статистическая информация может быть впоследствии передана в Business Studio для анализа. Анализ может проводиться либо на основе графиков, основными показателями которых являются количество запусков процесса, количество завершений, а также средняя длительность той или иной операции, либо на основе гистограмм. В результате проводимого анализа выявляются процессы с наибольшим отклонением во времени, а также причины, вызвавшие значительные отклонения. В дальнейшем полученные данные применяются для оптимизации процессов, на их основе

проводится функционально-стоимостный анализ (ФСА), а также имитационное моделирование.

#### Заключение

С сентября 2011 эта система Directum стала использоваться в учебных целях на кафедре АиКС ТПУ. Студенты изучают Directum в рамках УИРС (учебно - исследовательской работы студентов) под руководством преподавателей кафедры. Учащиеся имеют возможность получить навыки работы в системе Directum во время практики на предприятиях, работающих с этой системой (например, золотой партнер компании Directum, группа компаний ООО «Интант»). Программный продукт Business Studio используется в рамках учебных дисциплин «Информационные технологии» и «Консалтинг при автоматизации предприятий» с 2010 года для описания и регламентации бизнес-процессов.

Благодаря проделанной работе, было создано методическое пособие по интеграции между

системами Directum и Business Studio. Изучение данных систем и методического пособия позволяет получать студентам навыки работы в едином информационном пространстве, предназначенном для анализа, проектирования и управления предприятиями и организациями различных сфер деятельности.

#### Литература

1. Три важнейшие тенденции мирового ИТ-рынка [Электронный ресурс]/ авт. Ольга Шматалюк - Режим доступа:

2. <http://www.iemag.ru/analytics/detail.php?ID=15945>, свободный.

3. Официальный сайт компании Directum [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.directum.ru/>

4. Официальный сайт компании Business Studio [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.businessstudio.ru/>

## РОЛЬ ЭЛЕКТРОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ СТАНДАРТОВ В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ СТАНДАРТОВ HL7, OPENEHR, DICOM

Якушин Д.А., Пономарев А.А.

Томский политехнический университет  
[diman07-1991@mail.ru](mailto:diman07-1991@mail.ru)

#### Введение

Современное общество неизбежно движется в сторону информатизации всё большего и большего количества своих функций. Какие-то структуры быстро стали доступны в цифровом виде, другие, более консервативные службы, поддаются переменам медленнее. Также многое зависит от готовности общества принять те или иные изменения. И, конечно, важнейшей частью является инициатива и поддержка государства по созданию и внедрению электронных служб, позволяющих более эффективно реализовывать различные его функции.

За последние 40 лет в мире разработано большое количество разнообразных стандартов электронной медицины. Хотя в общем случае универсального стандарта нет, и разные стандарты зачастую реализовывают различные стороны такой огромной области как медицина. Наиболее распространёнными являются Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), EDIFACT, openEHR, xDT, Cisco Medical Data Exchange Solution, HL7. Именно HL7 показал хорошие результаты в сравнительных исследованиях и на данный момент наиболее распространён. В таблице 1 опубликована сравнительная таблица функциональности четырёх стандартов:

Таблица 1. Сравнительная функциональность четырех стандартов: DICOM, xDT, EDIFACT, HL7

Название функции	DICOM	xDT	EDIFACT	HL7/CDA
Информационная система госпиталя	x	x	x	x
Информация радиологии	x	-	-	x
Система хранения и обмена изображениями	x	-	-	x
Главный индекс пациентов	-	x	-	x
Графический диагноз	x	-	-	x
Архивирование	x	x	-	x
Комментарии к диагнозу	-	x	-	x
Изображения	x	-	-	x
Промежуточные отчеты	-	-	-	x
Видео в документации	-	-	-	x
Регистрация пациентов	-	x	-	x
ERP	x	x	x	x
Создание счетов	-	x	x	x
Рецепты	-	-	-	x

Преобразование данных	-	x	-	x
Сведения о ЧС	-	-	-	x
Практики врачей	-	x	x	x

Приведя сравнительную функциональность некоторых стандартов, остановимся на более подробном рассмотрении стандартов HL7, openEHR и DICOM.

#### Стандарт HL7

Health Level 7 (Седьмой Уровень медицинского документооборота) – стандарт обмена, управления и интеграции электронной медицинской информации [1].

Седьмым уровнем система названа по аналогии с семью уровнями взаимодействия открытых систем, Open Systems Interconnection или OSI. Т.е. это процессы самого высокого уровня.

Общая структура составляющих HL7 технологий приведена на рисунке 1.

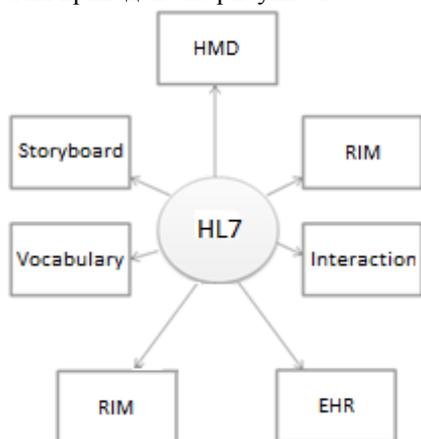


Рис. 11. Общая структура HL7

Седьмой уровень поддерживает выполнение таких задач как:

- Структурирование передаваемых данных;
- Возможности проектирования систем;
- Достижение согласованности передач;
- Безопасность;
- Идентификация участников;
- Доступность [1].

#### Стандарт OpenEHR

OpenEHR — открытый стандарт управления, хранения и обмена электронными историями болезни (ЭИБ) [2].

В openEHR, все данные о здоровье человека:

- хранятся в течение всей его жизни;
- формат данных не должен зависеть от организации разместившей эту информацию;
- размещенная информация ориентирована на человека.

Стандарт активно развивается силами интернационального сообщества. Головной офис фонда openEHR находится в Лондоне. Наибольший вклад в развитие стандарта вносит компания OceanInformatics.

Общая схема аппарата описания данных представлена на рисунке 2. Ядром системы является система базовых типов и способ построения ссылок. Это статическая неизменяемая часть.



Рис. 2. Общая схема аппарата описания данных стандарта openEHR

Стандарт openEHR содержит в себе очень выразительную, отвечающую медицинским реалиям модель данных. Кроме того, в самом стандарте предусмотрены стандартные способы:

- импорта и экспорта данных (в том числе и в HL7 CDA)
- генерации программных и печатных форм;
- языковой поддержки;
- клинических процессов;
- и многого другого [2].

#### DICOM

DICOM – это медицинский стандарт, разработанный ассоциацией NEMA для хранения и передачи графической и текстовой медицинской информации. Стандарт DICOM позволяет организовать цифровую связь между различным диагностическим и терапевтическим медицинским оборудованием [3].

Для транспорта данных DICOM использует TCP-протокол, то есть стандартный протокол сетевого взаимодействия между компьютерами. Аппаратное взаимодействие также основано на стандартных кабельных решениях, что позволяет выполнять соединение компьютера и диагностического аппарата даже при включенном питании. Применение в стандарте DICOM модели ISO/OSI и протокола TCP/IP обеспечивает подключение практически любых типов платформ: DOS/Windows, Unix, Mac и т.д. [3].

Для эффективной работы требуется больше, чем простое соединение оборудования через кабели. Нужно комплексное решение по управлению всей диагностической информацией, начиная с ввода изображений и заканчивая архивацией. Поэтому DICOM позволяет организовать не только пересылку по сети, но и автоматическую обработку данных.

Использование DICOM-совместимого оборудования и медицинской информационной системы значительно уменьшает время

подготовки и проведения медицинских исследований.

Для достижения максимального эффекта DICOM поддерживает все стадии диагностики и помогает снизить себестоимость медицинских услуг за счет следующих факторов:

- сокращения времени обслуживания диагностического оборудования;
- отказа от пленок и затрат на их хранение;
- значительного сокращения потерь изображений и результатов исследований [3].

#### **Заключение**

В настоящее время существует и разрабатывается множество различных электронных форматов хранения медицинских данных. Бесспорно, велика их роль и в сфере здравоохранения в целом, и в деятельности каждого лечебно-профилактического учреждения. Рассмотренные нами стандарты получили свое

развитие благодаря широкой поддержке соответствующих комитетов. В нашей стране в последнее время начали появляться свои собственные электронные стандарты хранения медицинских данных, которые в большинстве своем базируются на стандартах HL7, openEHR, DICOM и других.

#### **Литература**

1. HL7 (медицинский стандарт) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/HL7>, свободный.
2. Стандарт openEHR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infinity.ru/openehr-1>, свободный.
3. PACS система и протокол DICOM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.medialog.ru/?tree\\_id=69](http://www.medialog.ru/?tree_id=69), свободный.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ OLAP ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И ИНТЕРПРИТАЦИИ ДАННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН (ГДИС)**

**Жданова Е.К., Алексеев А.А.**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
E-mail: [zhdanova\\_ek@sibmail.com](mailto:zhdanova_ek@sibmail.com)

#### **Введение**

Современная научная технология разработки нефтяных и газовых месторождений базируется на всестороннем и детальном изучении свойств продуктивных пластов и содержащихся в них жидкостей и газов, а также изучении сложных процессов, происходящих в пластах при их эксплуатации.

Исследование месторождений начинается с момента их открытия и продолжается до полной выработки извлекаемых запасов нефти и газа. Получаемая информация используется для проектирования, контроля и регулирования систем разработки месторождений, что обеспечивает необходимые темпы и степень выработки запасов при минимальных затратах.

Одним из важнейших источников информации являются гидродинамические исследования пластов и скважин (ГДИС).

ГДИС – это система мероприятий проводимых на скважинах по специальным программам, т.е. замер с помощью глубинных приборов ряда величин (изменения забойных давлений, дебитов, температур во времени и др), последующая обработка замеренных данных, анализ и интерпретация полученной информации о продуктивных характеристиках – параметрах пластов и скважин [1].

Темой данной статьи является «Использование OLAP технологий для анализа и интерпретации данных гидродинамических исследований нефтяных скважин (ГДИС)». Данная статья

является частью работы по разработке информационной системы, которая позволит полностью автоматизировать процесс интерпретации полученных данных с последующей обработкой и анализом полученных результатов.

Актуальность данной работы сводится к тому, что бы изучить технологию OLAP, сравнить производительность реляционной БД и OLAP-куба, а также построение прототипа OLAP-куба для дальнейшего его применения в web-приложении, которое будет обрабатывать и анализировать данные ГДИС.

Настоящая работа выполнялась в рамках одного из направлений деятельности научно-учебной лаборатории "Виртуальный промысел" Института Кибернетики ТПУ.

#### **Архитектура системы**

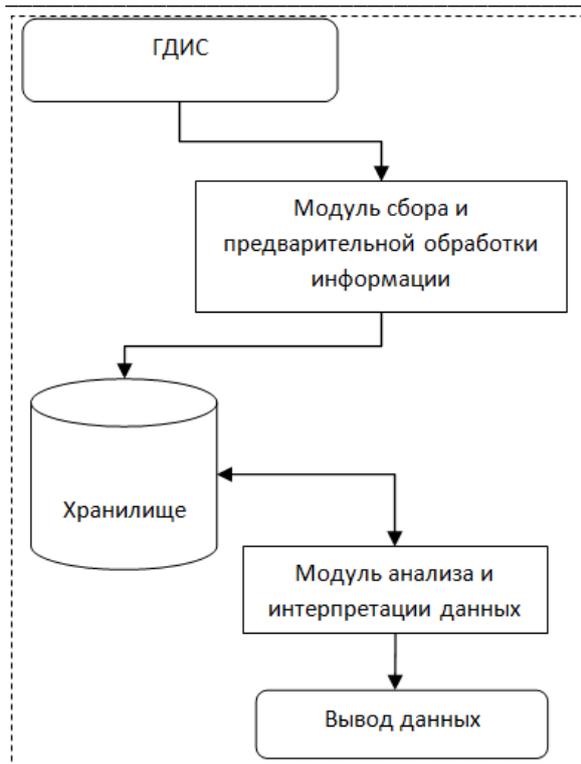


Рис. 1. Архитектура информационной системы

Архитектура разрабатываемой системы, является многокомпонентным комплексом (рис. 1), который включает в себя следующие компоненты:

– Модуль сбора данных. Данный модуль предназначен для предварительной подготовки входных данных, поступающих со скважин, для импорта в базу данных;

– Хранилище данных. Ядро системы, в котором данные представлены в виде OLAP-кубов;

– Модуль анализа и интерпретации данных. Модуль, предназначенный для обработки данных, с возможностью последующей выгрузки данных в виде отчетов.

#### Хранилище данных

Для организации хранилища данных была использована OLAP (On-Line Analytical Processing) технология. Если постараться охватить OLAP во всех его проявлениях, то это совокупность концепций, принципов и требований, лежащих в основе программных продуктов, облегчающих аналитикам доступ к данным.

Для достижения максимальной производительности следует правильно выбрать режим хранения, который определяет способ организации данных на диске. Выбор того или иного режима влияет на требуемый объем свободного дискового пространства и скорость поиска и извлечения информации. Существует три режима: многомерный OLAP (MOLAP), реляционный OLAP (ROLAP) и гибридный OLAP

(HOLAP). В режиме MOLAP дисковое пространство на OLAP-сервере организовано более эффективно: данные хранятся в проиндексированном, многомерном формате. ROLAP создает реляционные таблицы для хранения агрегатов в Хранилище данных и обращается к базе данных этого Хранилища, чтобы получить данные из таблиц фактов или агрегатов при обработке пользовательских запросов. HOLAP представляет собой гибрид MOLAP и ROLAP; агрегаты данных хранятся в многомерном формате на OLAP-сервере, но для доступа к информации таблицы фактов происходит обращение к БД Хранилища данных [2].

Проведен анализ производительности системы класса OLAP-клиент, которую характеризуют основные показатели такие как: время первоначальной загрузки куба в память клиентского компьютера (время выпуска отчета) и время выполнения OLAP-операций[3].

Рассмотрим некоторые факторы, от которых зависит величина данных показателей (табл.1).

Таблица 1. Зависимость производительности

Время выпуска отчета	Время выполнения OLAP-операций
<i>Объем обрабатываемых данных</i>	
OLAP-клиент в момент работы должен иметь в оперативной памяти весь куб: исходные данные и агрегаты. Если объем данных превышает объем оперативной памяти, задействуется виртуальная память. При этом происходит обмен (swapping) с диском, что существенно сказывается на скорости работы.	При выполнении любой OLAP-операции над данными многомерного куба выполняется перерасчет фактов. С ростом объема куба (объема данных, кол-ва измерений, фактов и т.д.) увеличивается время их выполнения.
<i>Тип источника данных (локальная таблица или сервер СУБД)</i>	
Для получения данных OLAP-клиент формирует SQL-запрос, содержащий условия первичной группировки данных. Для локальных таблиц группировка происходит на ПК пользователя, при этом время первоначальной загрузки данных максимально. Если источник данных - реляционная СУБД, то первичная группировка выполняется средствами сервера БД и время	На время выполнения OLAP-операций тип источника данных не влияет, поскольку OLAP-клиент при выполнении OLAP-операций работает с готовым кубом в оперативной памяти ПК пользователя.

зависит от мощности сервера.		этом скорость загрузки куба снижается.	
<i>Структуры данных (количество записей, количество измерений, количество элементов измерений, длина измерений и количество фактов).</i>		<b>Заключение</b> В результате проделанной работы, для разработки информационной системы, которая позволит полностью автоматизировать процесс интерпретации полученных данных с последующей обработкой и анализом полученных результатов, был выбран режим хранения ROLAP и построен прототип OLAP-куба, содержащий данные замеров скважин. В дальнейшем будет произведена доработка данного куба, и он будет использован для облегчения работы с данными ГДИС.	
Для формирования куба в оперативную память загружается весь массив исходных данных. Т.о, с ростом количества записей время загрузки данных увеличивается. С увеличением кол-ва фактов, измерений, элементов измерений и длины измерений растет объем вычисляемого куба в оперативной памяти ПК.	В зависимости от сложности алгоритма перерасчета фактов различные OLAP-операции имеют разное время выполнения.	<b>Литература</b> 4. Гидродинамические исследования скважин: учебное пособие / П. В. Мангазеев [и др.]; Томский политехнический университет (ТПУ), Центр профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела. — Томск: Изд-во ТПУ, 2004. — 340 с. 5. OLAP-производительность [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <a href="http://www.i2r.ru/static/221/out_17507.shtml">http://www.i2r.ru/static/221/out_17507.shtml</a> , свободный. 6. Результаты тестирования производительности системы "Контур Стандарт" [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <a href="http://www.iso.ru/print/rus/document5923.phtml">http://www.iso.ru/print/rus/document5923.phtml</a> , свободный.	
<i>Мощность пользовательского компьютера</i>			
Базовый принцип работы OLAP-клиентов - работа с многомерным кубом в памяти пользовательского ПК. Объем куба, загруженного в память, складывается из объема исходных таблиц и объема вычисленных агрегатов. В зависимости от объема куба может задействоваться не только оперативная, но и виртуальная память, при	Все OLAP-операции над данными куба выполняются в памяти пользовательского компьютера, поэтому время их выполнения находится в прямой зависимости от объема оперативной памяти.		

## DESIGNING AND DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS AND INTERPRETATION OF THE HYDRODYNAMIC WELL TESTING

E.K. Zhdanova

Scientific advisor: A.A. Alekseev, engineer

Language advisor: V.S. Morozov, lecturer.

Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, 30 Lenin Avenue

E-mail: zhdanova\_ek@sibmail.com

### Introduction

To date, the problem of hydrodynamic well testing is being studied by oil industry scientists around the world and a large number of various monographs has been published.

Among the problems of well testing the following should be emphasized:

- Uncertainty in the quality evaluation of the pressure build-up curves (PBUCs) and possibilities to define reservoir parameters basing on them;

- Transfer of some PBUCs to the category of incompletely studied wells (not fully recovered PBUCs).

Topicality of the given work is reduced to creation of information system that will allow

automating the process of interpreting the data with subsequent processing and analyzing the obtained results.

This work was carried out within one of the directions of activities of the "Virtual Oilfield" research and training center of the Institute of Cybernetics of TPU.

In particular, one of the primary goals of the "Virtual Oilfield" project is to support the planning process of geological and engineering operations. Planning can be carried out with the help of well testing. For processing and interpretation of the data received after testing a well, the present research employs PanSystem software.

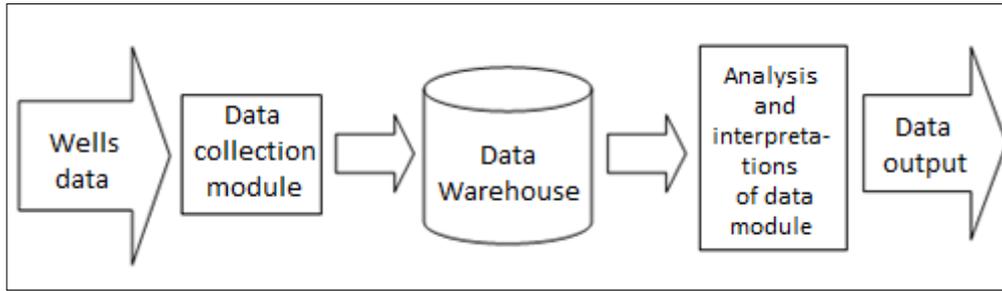


Fig. 1. Information system architecture

### Information system architecture

The architecture of the developed system is multicomponent complex (fig. 1) which includes the following components:

- Data collection module. This module intended for preliminary input data preparation. Data are coming from wells for import in database;
- Data Warehouse. It is nucleus of system wherein data are presented in the form of OLAP-cubes;
- Analysis and interpretations of data module. Module designed to data processing with the possibility of uploading the data in reports.

### Processing and analyzing data module

Information system requires the following data for analysis:

- Well parameters
- Reservoir parameters
- Fluid parameters

Measuring the performance of wells or the flow rate of the liquid obtained from the well is necessary to account the company's oil output. Well flow rate also characterizes the geological and technical condition of the producing reservoir and the wells, and therefore is a parameter, measurement of which is required during oil field development and well operation.

The formulae below are used to define the model parameters in PanSystem.

Well production rate is described by Darcy's law:

$$q_0 = \frac{K * h * (P_r - P_{wf})}{18.41 * \mu_0 * B_0 * [\ln \frac{r_e}{r_w} - 0.75 + S]}$$

Storage constant Cs:

$$C_s = \frac{q_s * B_0}{24 * \Delta P_{int}}$$

$C_D$ , the dimensionless wellbore storage constant, is calculated as:

$$C_D = \frac{0.8936 * C_s}{\phi * C_t * h * r_w^2}$$

Radial permeability (k), is determined from a zero-slope line (tg = 0) by:

$$k = \frac{1412 * \mu_0 * B_0 * q_s}{h} \left( \frac{0.5}{\Delta p} \right)$$

We used the data in the form of an .xls file (Excel).

Figure 2 shows the change in pressure and flow rate before closing the well on the PBUC.

Processing of PBUC study was carried out using graph-analytical method.

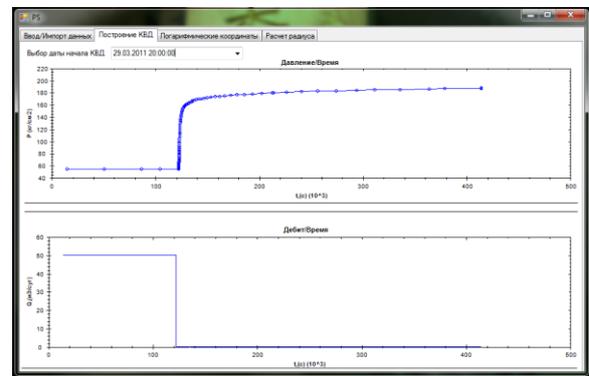


Fig. 2. Review of well performance study

Figure 3 shows the diagnostic graph of mathematical modeling of PBUC in bilogarithmical coordinates. The upper curve represents the the change of delta Pressure with the depth of the upper perforation holes and the logarithm of time, and the lower curve is the derivative of pressure.

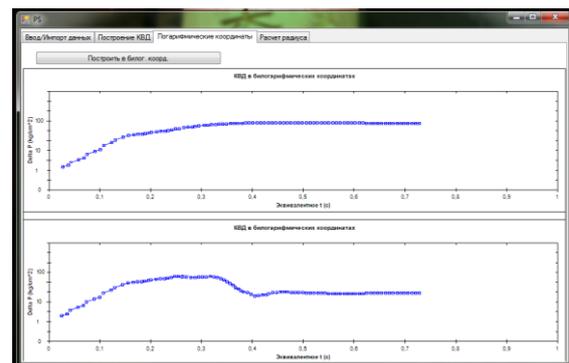


Fig. 3. PBUC diagnostic graph in bilogarithmical coordinates

According to the known data, for further research for a high permeability oil reservoir it is necessary to calculate the investigation radius ( $r_{inv}$  is the investigation radius, which determines the size of the area around the well that influences the results of well testing).

The classical definition of  $r_{inv}$  is given by:

$$r_{inv} = 0.037 \sqrt{\frac{k * t}{\phi * \mu * C_t}}$$

where:

$k$  – permeability (md) - (effective permeability of oil);

$t$  – time (hours);

$\phi$  – porosity;

$\mu$  – oil viscosity (cPs) - (in place);

$C_t$  – total compressibility of the system (cm<sup>3</sup>/kgs).

Figure 4 shows the interface for calculating the well investigation radius.

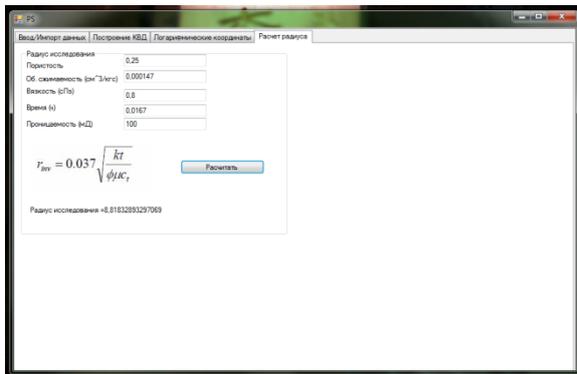


Fig. 4. Investigation radius calculation window

## Conclusion

The given article been reviewed the process of information system design and development, which provide precise analysis and calculation of data received from hydrodynamic well testing followed by interpretation of obtained data.

As a result of the work using C # language in Visual Studio was implemented:

- Construction of a diagnostic graph in bilogarithmical coordinates that can be used to determine the flow regime in the reservoir;

- Calculation of the investigation radius of the known data.

In the future we plan to develop a method for applying the model to the obtained diagnostic graphs for determination of reservoir parameters.

Is also being developed a data warehouse using the technology of OnLine Analytical Processing (OLAP).

## References

1. PanSystem 2010 User Guide
2. Гидродинамические исследования скважин: учебное пособие / П. В. Мангазеев [и др.]; Томский политехнический университет (ТПУ), Центр профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела. — Томск: Изд-во ТПУ, 2004. — 340 с.
3. Herbert Schildt C# 4.0: The Complete Reference /2010. — p. 1056
4. Шпаргалка по ZedGraph [Electronic resource]. — Access mode [free]: <http://jenyay.net/Programming/ZedGraph>

**СЕКЦИЯ 6.  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И  
ТЕХНОЛОГИИ**

## ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Гиниятуллина О.Л., Андреева Н.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук  
(Кемеровский филиал)  
a\_nat\_v@mail.ru

Современный уровень угледобычи наносит колоссальный вред окружающей среде. Несмотря на то, что международные и российские контролирующие организации разработали большое количество стандартов на проведение работ по добыче полезных ископаемых, к сожалению, ситуация с окружающей средой вызывает большую тревогу у экологов. Особенно сильное влияние антропогенное воздействие оказывает на водные объекты и растительный мир.

Несмотря на развитие новых информационных технологий и достижений космической индустрии, в настоящее время применяются в основном традиционные методы экологического мониторинга (бумажные карты, полевые исследования, точечные сборы и т.д.). Подобные исследования имеют ряд существенных ограничений: 1. совместное действие разнообразных факторов окружающей среды; 2. большие по протяженности территории угледобычи. Это в свою очередь требует значительных денежных затрат и зачастую не дает ожидаемого результата, или вызывает большие технические трудности при их реализации. Современные космические технологии предоставляют уникальный инструмент для проведения подобных исследований, который позволяет снизить либо совсем убрать подобные ограничения – дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) [4].

В данной работе рассматривается опыт применения данных ДЗЗ для геоэкологического анализа объектов угледобывающего района и его автоматизация.

Анализ проводится по массиву космоснимков среднего разрешения со спутников Landsat и Spot и высокого разрешения RapidEye в диапазоне не менее чем за 5 лет (в рамках работы приводятся результаты за 2007 – 2012гг). Подобный временной интервал необходим для создания наиболее правильной картины динамики изменения окружающей среды района в условиях активной угледобычи.

На начальном этапе необходимо выполнить дополнительные преобразования снимков (так называемая предварительная обработка), что позволяет снизить шумовые эффекты, нормализовать цветовые гистограммы и подготовить снимок для дальнейшей обработки. Для этого предлагаем использовать минимальное

шумовое дробное преобразование, которое позволяет отделить шум в данных и снизить вычислительные требования для последующей обработки снимка [1].

Далее необходимо произвести разграничения водных и антропогенных объектов и выявить природные объекты с активным антропогенным воздействием (антропогенные озера, природные озера с активным воздействием угледобычи). Для этого используется метод построения классификации с обучением на основе способа спектрального угла. В результате обработки алгоритма получается тематическая карта исследуемого региона с четким разделением объектов по классам.

После этого ставится задача обнаружения загрязнений водных объектов, для решения которой используется анализ спектральной отражательной способности объектов [3]. Любой объект обладает собственной уникальной отражательной кривой, по которой можно оценить его состояние. Так как в результате выполнения предыдущих этапов было сформировано два класса объектов: природные и антропогенные, то на каждую зону интереса получаются спектральные кривые, как по каждому узкому каналу электромагнитного спектра, так и синтезированные (рис. 1, 2). После чего выполняется сравнение с эталонными спектральными кривыми из библиотеки NASA при помощи нормализации спектра коэффициента отражения, т.е. удаление континуума снимка.

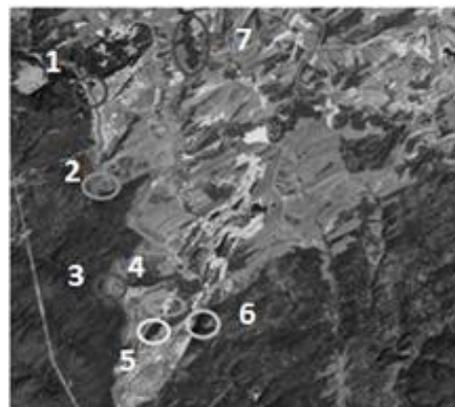


Рис. 1. Расположение “зон интереса”: 1-3 – р. Чумыш; 4-7 – природно-техногенные водоемы

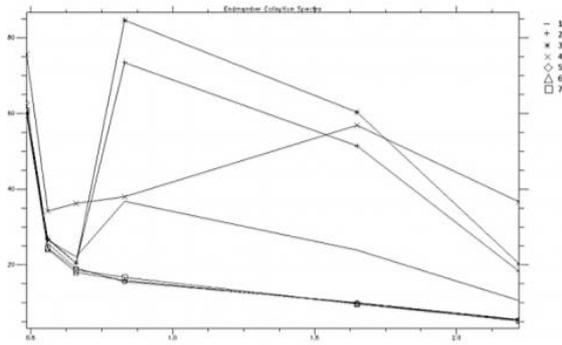


Рис. 2. Синтезированные спектральные кривые по 7 объектам

Полученные спектральные кривые на каждый объект в зонах интереса, позволяют идентифицировать объекты, степень их загрязнения и причины возникновения. В ходе исследования были получены следующие результаты: превышение количества взвешенных частиц в воде увеличивает отражение в ближней ИК-зоне спектра, а органических веществ (типа нефтепродуктов, фенолы и т.п.) – в средней ИК-зоне [2].

Так как влияние водной среды оказывает непосредственное воздействие на растительность, то было проанализировано состояние биомассы в районах угледобычи. Выявлено негативное влияние открытых работ (угольных разрезов) на растительность, что было подтверждено в процессе расчета нормализованных (рис. 3) и специализированных вегетационных индексов, используемых для подсчета объемов биомассы и оценки состояния растительности.

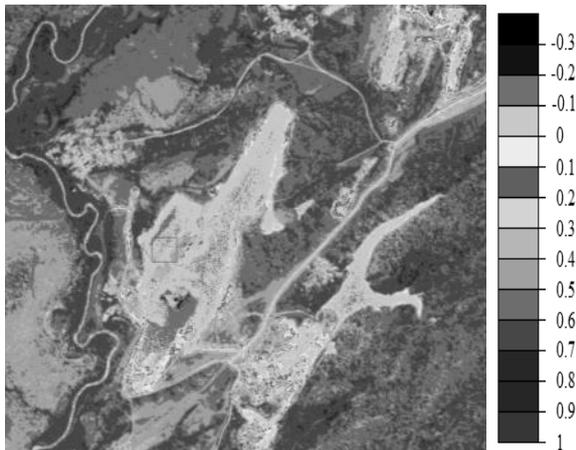


Рис. 3. Результат расчета вегетационного индекса NDVI

На основе всех результатов построена карта различий для объектов в течении 2007-2012 гг., используя алгоритмы предварительной обработки: нормализация и стандартизация, которые дают возможность наглядно увидеть, как положительную динамику изменений окружающей среды, так и отрицательную. Нормализация дает более точный результат, т.к. используется весь диапазон значений, в то время как стандартизация использует среднее значение яркости и стандартное отклонение.

На языке программирования IDL (интерактивный язык управления данными, являющийся идеальной средой для анализа и визуализации данных и создания различных приложений) написан модуль, который позволяет автоматизировать весь процесс обработки снимков. Что привело к более удобному и быстрому анализу объектов окружающей среды.

Горнодобывающая промышленность оказывает негативное влияние на окружающую среду, происходят изменения в поверхностной части атмосферы, в почвенном слое земли и наиболее негативное влияние оказывается на водные системы. В связи с этим остро стоит вопрос об оценке степени оказания вреда на окружающую среду. Для этого целесообразно использовать космический мониторинг и последующее дешифрирование космоснимков, что дает возможность оперативно отслеживать и анализировать процессы изменения окружающей среды. А спектральная отражательная способность объектов, на уровне спектральных кривых, позволяет идентифицировать объекты, и также отслеживать незначительные изменения их состояния за счет антропогенного воздействия.

#### Литература

1. Boardman, J. W., F. A. Kruse, and R. O. Green, 1995, Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data: in Summaries, Fifth JPL Airborne Earth Science Workshop, JPL Publication 95-1, v. 1, p.23-26.
2. Freek D. van der Meer, Steven M. de Jong. IMAGING SPECTROMETRY Basic Principles and Prospective Applications. Dordrecht, 2001.
3. Дейвис Ш.М., Ландгребе Д.А., Филлипс Т.Л. и др. Дистанционное зондирование: количественный подход. М.: Недра, 1983. 415 с.
4. Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. М.: Аспект Пресс, 2004. 184 с.

## ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ ДЛЯ ПОВСЕДНЕВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Дормидонова Д.С.

Томский политехнический университет  
Dinara.sergeevna@mail.ru

### Введение

На сегодняшний день геоинформационные системы (ГИС) плотно вошли в повседневное использование в самых различных областях человеческой деятельности. Если раньше чуть ли не единственным источником данных для ГИС были оцифрованные карты, то теперь космоснимки все чаще используются и для обновления карт, и для первичного ввода информации. Ни для кого не секрет, что подавляющее число топографических карт России устарели на 10-20 лет. Есть и такие районы, на которые карты не обновлялись с 50-х годов прошлого века. Поскольку сегодня эти территории включаются в экономический оборот, актуальные карты становятся насущной необходимостью. Интенсивное развитие систем дистанционного зондирования привело к ощутимому снижению общего уровня цен на коммерчески доступные космоснимки, а также дало возможность более широкого выбора съемочных систем. В совокупности эти факторы и повлияли на ощутимый рост интереса к данным дистанционного зондирования Земли. (ДЗЗ).

### Дистанционное зондирование Земли как источник данных для ГИС

Данные ДЗЗ – важный источник актуальной оперативной информации для ГИС и, пожалуй, единственный из возможных. Стандартной единицей ДДЗ является снимок. Однако характеристики снимков, полученных с разных спутников различаются. Наиболее важными характеристиками данных ДЗЗ являются пространственное и спектральное разрешение (набор каналов), географический охват и другое.

Космическая информация в сегодняшнем мире становится все более разнообразной и точной, возможность ее получения и обновления — все более легкой и доступной. Десятки орбитальных систем передают высокоточные космические снимки любой территории нашей планеты. Их относительная доступность для потребителя, проведение съемок любой территории по желанию потребителя, возможность последующей обработки и анализа космических снимков с помощью различных программных средств, интегрированность с ГИС-пакетами и геоинформационными системами превращают тандем ГИС — ДЗЗ в новое мощное средство географического анализа. Современный мир стремительно развивается во всех областях (строительство, раскопки и т.д.), и если нужно визуально быстро и качественно отследить все

изменения на поверхности Земли, то единственный качественный способ - это использование в ГИС данные ДДЗ.

### Влияние ГИС на проведение дистанционного зондирования Земли

Связь географических информационных систем (ГИС) с дистанционным зондированием сегодня стала фактом не теории, а практики. Без активного использования данных дистанционного зондирования ГИС во многих областях применения просто не имеют будущего. Актуальным остается регулярное обновление информации. Интерес пользователей ГИС сегодня явно смещается от проблем технологии цифрования имеющихся бумажных карт к использованию данных дистанционного зондирования. Методы дистанционного зондирования Земли позволяют с минимальными временными и материальными затратами получать актуальные данные о состоянии земной поверхности, что значительно ускоряет процессы обновления или создания карт различных масштабов и облегчает изучение территории. С помощью высокодетальных данных ДЗЗ можно вести мониторинг территории, составлять карты масштаба 1:5000 и мельче[1].

### Настольные и Web приложения ГИС

С появлением карт в крупнейших поисковиках (Google, Яндекс) Web-GIS-технология стала популярной: карты стали доступнее. Web-GIS-технология становится все более востребованной, так как тенденции использования интернета становятся все очевиднее. На данный момент многие люди являются большими поклонниками карт Google (Google Maps).

Однако все большую популярность приобретают настольные приложения ГИС. Наиболее распространенные из настольных приложений ГИС являются бесплатными и мощными такими как: ДубльГис и GoogleEarth.

ДубльГИС – это бесплатный электронный справочник организаций, объединенный с картой города. Отличное информационное наполнение, совместное использование данных справочника и карты, в основном используется в России[2].

GoogleEarth объединяет спутниковые изображения, географические данные и возможности поиска Google, чтобы создать виртуальное приложение мира, которое можно загрузить на свой рабочий стол, чтобы получить он-лайн доступ к пространственным данным. GoogleEarth на сегодняшний день является наиболее часто используемым приложением ГИС

в мире[3]. Многие люди используют GoogleEarth в основном для развлечения и поиска интересных вещей. GoogleEarth также позволяет добавлять привязки изображений и находить маршруты. Купные социальные сети, такие, как: FaceBook и Вконтакте, сделали возможным геопривязку фотографий. Геопривязка – это процесс предоставления изображению "места". С использованием Panoramio ([веб-сайт для размещения фотографий](#), позволяющий сохранять их [географические координаты](#)) это также очень легко сделать и для GoogleEarth.

Сервис GoogleEarth постоянно обновляется, потому что искушенный пользователь требует все больше качественной и достоверной информации. И эти обновления были бы не возможны без данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ). В начале февраля 2012 года вышло крупное обновления для сервиса GoogleEarth, благодаря которому отображение океанического слоя Земли теперь стало достоверно как никогда прежде. Обновление охватывает топографию рельефа всего мирового океана и показывает самые точные данные о морском дне, которые только известны на сегодняшний день. При создании карт важную роль сыграли данные дистанционного зондирования Земли[4].

Еще одним крупным обновлением GoogleEarth является добавление слоя "3D-здания" в GoogleEarth, где можно просматривать трехмерные модели зданий, памятников и многое другое. Самое интересное, что трехмерные модели в GoogleEarth созданы пользователями со всего мира. Любой человек может добавить модели в GoogleEarth. Также существуют бесплатные инструменты для создания трехмерных моделей: [Google Архитектор](#) и [Google SketchUp](#).



Рис. 1. 3D модель 10 корпуса Томского политехнического университета в приложении GoogleEarth

### ГИС-приложения, приспособленные для мобильных устройств

Мобильные устройства в жизни большинства людей также играют важную роль, и этот факт дал уникальную платформу для дальнейшего

развития ГИС - использование GPS с поддержкой мобильных устройств. Уже в 2010 году количество телефонов с поддержкой GPS в использовании превысило 27 миллионов[5].

GPS является спутниковой и наземной навигационной системой, которая позволяет пользователю определить очень точное местоположение на поверхности Земли. С помощью GPS и цифровой карты можно свободно ориентироваться в незнакомом городе или стране, отследить перемещение автомобилей, поездов, судов и авиалайнеров. Хотя GPS является сложной технологией, пользовательские интерфейсы стали интуитивно понятны даже для нетехнических пользователей. Простой и недорогой GPS-модуль с точностью от 10 до 20 метров укажет ваше местоположение, а более сложные системы укажут местоположение с точностью до сантиметра. В продаже уже появляются мобильные устройства гибридного типа ГЛОНАСС/GPS. Они используют в работе как российскую Глобальную Навигационную Спутниковую Систему (ГЛОНАСС), так и американскую систему GPS. Такое совмещение стандартов позволяет определять координаты абонента с максимальной точностью. Системы GPS и ГЛОНАСС уже сейчас широко используются во многих отраслях человеческой деятельности. Применение же их в сочетании с ГИС и ДЗЗ образует мощную триаду высокоточной, актуальной, постоянно обновляемой, объективной и плотно насыщенной территориальной информации, которую можно будет использовать практически везде.

### Заключение

На сегодняшний день с уверенностью можно сказать, что ГИС являются неотъемлемой частью инструментов в обществе. Они используются повсеместно, даже в тех сферах и областях, к которым, казалось бы, не имеют никакого отношения.

Крайне трудно обществу XXI века обойтись без ГИС-технологий. Невозможно представить современную жизнь, особенно в мегаполисе, без систем позиционирования. Несомненно, ГИС технологии продвинули человечество в своем развитии на несколько шагов вперед и сделали нашу повседневную жизнь более комфортной.

### Литература

1. Кольцов А.С. Геоинформационные системы: учеб.пособие /А.С. Кольцов, Е.Д. Федорков. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2012. 203 с.
2. <http://tomica.ru/2gis>.
3. Основы геоинформатики: В 2-х кн. Кн. 1: учебник для студ. вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарёв.: Издательский центр "Академия", 2011.

4. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. М.: Картогеоцентр Геодезиздат, 2011. 228 с.

5. <http://geography.about.com/od/geographicictchnology/a/Gis-Today.ht>

## ВОЛОНТЕРСКАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ВЕБ-ПЛАТФОРМА «PLACE, I CARE!»

Иванов К.А., Кудинов А.В.

Научный руководитель: Кудинов Антон Викторович, к.т.н, доцент кафедры ВТ ТПУ  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
konstantin.ivn@gmail.com

### Введение

С появлением концепции Web 2.0 пользователи интернет-технологий привыкли не только читать информацию из окна браузера, но и изменять и добавлять ее [1]. Такая тенденция не обошла и геоинформационные системы (ГИС), постепенно предоставляя пользователям все больше возможностей: от редактирования и исправления ошибок в пространственно-координированных данных до публикации своих собственных карт и наполнения их мультимедиа-содержимым. В общем случае данные, которые были добавлены в существующую систему обычными пользователями, относятся к так называемому генерируемому пользователями содержимому (*user-generated content, UGC*). В области геоинформационных технологий такие данные получили название добровольно-добавляемая пространственная информация (*volunteered geographic information, VGI*), а ГИС, работающие с такими данными, называются волонтерскими [2].

Понятия добровольно-добавляемой пространственной информации и волонтерских ГИС появились сравнительно недавно и еще не устоялись в сознании ГИС-специалистов. При этом число программных продуктов, следующих концепции VGI, и их популярность растут значительными темпами [3]. Наиболее известными примерами волонтерских ГИС являются *Wikimapia*, *Open Street Map*, *Project Noah*, *FourSquare*, *Google My Maps*.

Каждый продукт реализует свое видение концепции VGI, используя её в контексте решаемой задачи. При этом ни один из продуктов не предоставляют какого-либо унифицированного механизма по созданию волонтерских ГИС. Отметим, что растёт число пользователей волонтерских проектов, растёт число желающих самостоятельно создавать подобные проекты. Однако, в текущих условиях, каждую новую веб-ГИС необходимо создавать «с нуля» с привлечением квалифицированных специалистов-разработчиков. Поэтому актуальным является обобщение опыта использования существующих VGI-систем и создание инструмента, который бы

позволил создать конкретные проекты без участия разработчиков.

### Веб-платформа «Place, I care!»

Таким универсальным инструментом может стать веб-платформа «Place, I care!» ([www.PlaceICare.com](http://www.PlaceICare.com)), которая является частью совместного международного проекта Национального исследовательского Томского политехнического университета и университета г. Кальяри (Италия) [4].



Рис. 1. Домашняя страница пользователя

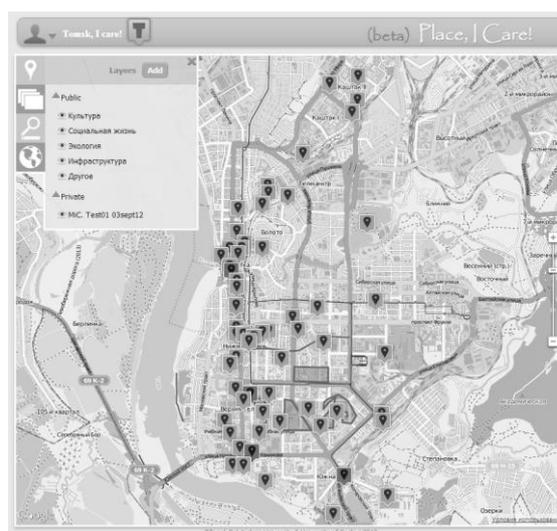


Рис. 2. Страница проекта «Tomsk, I care!»

Ключевым понятием платформы является VGI проект - многопользовательская среда, объединяющая волонтеров с целью сбора, хранения и распространения пространственных данных по определенной тематике. Для работы с

проектами платформа предоставляет следующие функциональные возможности:

- создание и настройка VGI проекта;
- назначение ролей и прав пользователей;
- добавление и редактирование меток на цифровой карте с поддержкой мультимедиа-содержимого;
- обзор, оценивание и комментирование меток;
- управление категориями меток;
- проведение пространственного анализа;
- экспорт/импорт данных VGI проектов;
- создание точечных, линейных и полигональных объектов;
- создание ссылок через механизм пространственных закладок.

#### Архитектура веб-платформы

Платформа имеет трехуровневую архитектуру, состоящую из клиента (веб-браузер), сервера приложений (*Microsoft IIS 7.5, ASP.NET*) и сервера СУБД (*Microsoft SQL Server 2008*).

**Клиентский уровень** включает в себя страницы *Web Forms*, подключенные к ним *JavaScript*-файлы и каскадные таблицы *CSS*. С этими страницами непосредственно работают пользователи через веб-браузер. В них реализован весь интерфейс взаимодействия с сайтом, включая механизмы формирования запросов к серверу и обработки ответов от него.

**Сервер приложений** управляет универсальными обработчиками и серверными классами. Универсальные обработчики иницируются при обращении к ним с помощью *AJAX*-запросов из клиента, обрабатывают эти запросы и возвращают результат выполнения. В серверных классах реализованы методы работы с базой данных, регистрации и аутентификации, экспорт/импорт файлов. Эти методы, в свою очередь, вызываются в универсальных обработчиках.

Самым нижним уровнем является **сервер баз данных**, который управляет базой данных, а также серверным программным обеспечением, включая триггеры, хранимые процедуры и функции. Обращение к базе данных происходит из сервера приложений посредством библиотеки классов провайдера данных *ADO.NET 2.0*.

#### Инструменты пространственного анализа

Одной из ключевых особенностей платформы является поддержка инструментов пространственного анализа, так как проведение такого анализа в существующих VGI-системах в настоящее время недоступно. Так, например, в платформе реализован инструмент пространственного анализа, который позволяет по исходным меткам проекта провести восстановление геополя методом обратновзвешенных расстояний. Такое геополе показывает распределение количества меток и типа их оценок на карте города.

#### Проблема генерализации данных

Важной проблемой, решенной при реализации платформы, является проблема генерализации, заключающаяся в корректном отображении данных при различных масштабах. При достаточно мелком масштабе метки на карте начинают накладываться друг на друга, что, во-первых, делает неудобным выбор той или иной метки, а во-вторых, визуально делает карту слишком перегруженной и сказывается на производительности системы. Проанализировав различные способы решения этой проблемы в подобных продуктах, было решено реализовать механизм кластеризации данных. При этом доступ к объектам кластера легко осуществляется с помощью интерактивного списка.

#### Заключение

Таким образом, разрабатываемая веб-платформа «Place, I care!» поддерживает основной функционал для создания и работы с VGI-проектами любой тематики. Сегодня платформа доступна в тестовом режиме для широкого круга пользователей. В её рамках уже реализовано несколько тематических VGI-проектов.

Перспективными направлениями развития платформы являются:

- разработка мобильных клиентов для *iPhone, Android* и *WindowsPhone*;
- добавление поддержки новых форматов экспорта/импорта данных;
- расширение возможностей пространственного анализа;
- реализация принципа открытости платформы для разработчиков (предоставление API).

Работа выполнялась по тематике госбюджетной НИР в рамках государственного задания «Наука».

#### Литература

1. Mark Graham. Neogeography and the Palimpsests of Place: WEB 2.0 and the construction of a Virtual Earth. [Электронный ресурс] – URL: <http://geospace.co.uk/files/Neogeography.pdf> (дата обращения: 12.10.2012).
2. Michael F. Goodchild. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. [Электронный ресурс] – URL: [http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/vgi/docs/position/Goodchild\\_VGI2007.pdf](http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/vgi/docs/position/Goodchild_VGI2007.pdf) (дата обращения: 12.10.2012).
3. Michael F. Goodchild. Citizens as Voluntary Sensors: Spatial Data Infrastructure in the World of Web 2.0. // International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 2007, Vol. 2, 24-32. [Электронный ресурс]. URL: <http://ijsdir.jrc.ec.europa.eu/index.php/ijsdir/article/view/28/22> (дата обращения: 25.05.2012).
4. Michele Campagna, Anton Kudinov, Konstantin Ivanov, Anastasiya Girsheva. GeoInformatics and Spatial planning bridging the gap towards GeoDesign: focus on VGI // Proceedings of

## ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ В ВИДЕ SAAS-СЕРВИСА

Гиниятуллина О.Л., Харламповцев И.Е., Потапов В.П.

Институт вычислительных технологий СО РАН (Кемеровский филиал)  
[ivan87kharlampenkov@gmail.com](mailto:ivan87kharlampenkov@gmail.com)

Для любого горнодобывающего региона большое значение имеет оценка текущего состояния сейсмической обстановки. Традиционно усилия в этой области направлены на получение и анализ сейсмограмм, представляющих собой запись сейсмических колебаний посредством сейсмографа, и построение карт сейсмического районирования. Стоит отметить, что сведения о сейсмических событиях, собранные в виде сейсмологических бюллетеней, можно рассматривать как разновидность геопространственных данных, и, следовательно, для их анализа могут быть использованы современные геоинформационные системы и методы геоанализа. При таком подходе становится возможным выяснение закономерностей взаимного расположения групп событий по различным регионам. Тем не менее, в настоящее время наблюдается отсутствие информационных систем содержащих инструменты пригодные для сбора, хранения и комплексной обработки сейсмологических бюллетеней, полученных из распределённых источников. Таким образом становится актуальной задача разработки геоинформационной системы обработки массивов сейсмических событий на основе комбинации современных методов обработки пространственных данных с использованием Web- и ГИС-технологий в среде «облачных» вычислений.

В рамках создания подобной системы наиболее важным является вопрос тесной интеграции регулярно обновляющихся удалённых источников данных, вычислительных модулей и средств визуализации. При этом такое взаимодействие должно быть максимально прозрачно для пользователя. В такой ситуации наиболее подходящим решением является использование подхода, основанного на "облачных" вычислениях.

В настоящее время существует несколько определений данного термина, поэтому приведем один из распространенных вариантов: «Облачные вычисления представляют собой динамически масштабируемый способ доступа к внешним вычислительным ресурсам в виде сервиса, предоставляемого посредством Интернета, при этом пользователю не требуется никаких особых знаний об инфраструктуре "облака" или навыков

управления этой "облачной" технологией». При этом «облачный» сервис должен обладать следующими характеристиками:

- Самообслуживание по требованию, то есть потребитель самостоятельно определяет и изменяет вычислительные потребности;
- Универсальный доступ по сети Интернет/Интранет;
- Объединение ресурсов в единый пул для динамического перераспределения мощностей между потребителями в условиях постоянного изменяющегося спроса;
- Эластичность, услуги могут быть предоставлены, расширены и сужены в любой момент времени, как правило, в автоматическом режиме;
- Автоматический учёт потребления услуг.

В рамках «облачных» технологий выделяют следующие модели обслуживания клиентов:

Программное обеспечение как услуга (SaaS, англ. Software-as-a-Service) — модель, в которой потребителю предоставляется возможность использования прикладного программного обеспечения провайдера, а контроль и управление осуществляется облачным провайдером;

Платформа как услуга (PaaS, англ. Platform-as-a-Service) — модель, когда потребителю предоставляется возможность использования облачной инфраструктуры для размещения базового программного обеспечения для последующего размещения на нём новых или существующих приложений;

Инфраструктура как услуга (IaaS, англ. IaaS or Infrastructure-as-a-Service) предоставляется как возможность использования облачной инфраструктуры для самостоятельного управления ресурсами обработки, хранения, сетей и другими фундаментальными вычислительными ресурсами, за исключением основной физической и виртуальной инфраструктурой облака.

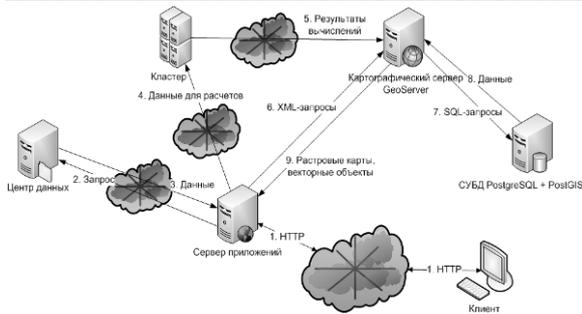


Рис. 1. Архитектура геоинформационной системы

Учитывая особенности создаваемой геоинформационной системы, была выбрана модель SaaS, позволяющая пользователю решать интересные для него задачи, общаясь исключительно с web-интерфейсом и не вникая в особенности реализации вычислительного ресурса и пространственное распределение его элементов. Разработанная архитектура программного обеспечения представлена на рисунке 1.

В процессе разработки была использована СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS, картографический сервер GeoServer для публикации геоданных в сети Интернет по протоколам WMS и WFS и сервер приложений Microsoft Internet Information Services в связке с технологией создания веб-приложений ASP.NET. Клиент построен на основе комбинации HTML и JavaScript библиотеки jQuery. В качестве средства отображения электронных карт используется OpenLayers. Для получения информации об отдельных элементах векторных слоев используется технология AJAX. Взаимодействие с вычислительной подсистемой осуществляется через JavaScript библиотеку реализующую протокол SOAP. Интерфейс пользователя представлен на рисунке 2.

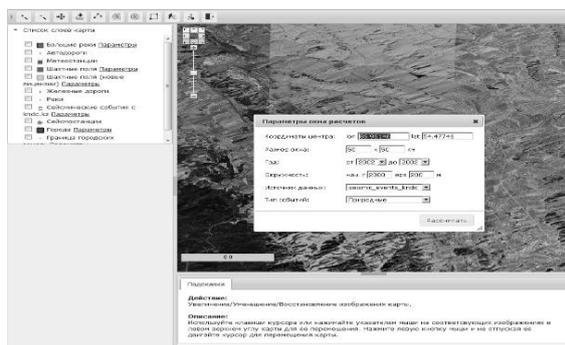


Рис. 2. Интерфейс геоинформационной системы

В рамках системы функционируют несколько вычислительных модулей для анализа сейсмологических бюллетеней. В частности, блок расчета траекторий миграции центров сейсмозергвыделения, компонент для вычисления фрактальных размерностей, проведения спектрального анализа. Для начала

взаимодействия с сервисом пользователю достаточно выбрать соответствующую иконку на панели инструментов. Далее ввести параметры обработки в специальном окне и нажать кнопку "Рассчитать". Результаты работы выбранных алгоритмов будут автоматически переданы на уровень Веб-интерфейса, где происходит отрисовка траектории перемещения центров сейсмозергвыделения, формируется итоговая таблица результатов вычислений.

На основе разработанной геоинформационной системы было выполнено сравнений траекторий миграции центров сейсмозергвыделения ряда регионов Сибири. В соответствии с теорией фракталов были рассчитаны фрактальная размерность D0 (Хаусдорфа), информационная размерность D1 и корреляционная размерность D2. В качестве источника данных использовались сейсмологические бюллетени с сайтов Центра сбора и обработки специальной сейсмической информации Института геофизических исследований Национального ядерного центра Республики Казахстан (Центр данных ИГИ НЯЦ РК, Республика Казахстан, www.kndc.kz), Международного сейсмологического центра (ISC, www.isc.ac.uk) и Геофизической службы Российской академии наук (ГС РАН, www.gsras.ru). Был выбран временной интервал с 2002 по 2011 год. Результаты для различных территорий представлены на рисунке 3.

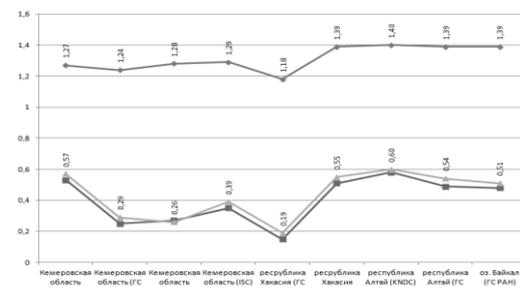


Рис. 3. Фрактальные размерности по регионам

При сравнении значений фрактальных размерностей траекторий миграции, полученные для территории Кемеровской области с другими регионами, выявлено, что Кузбасс выделяется на общем фоне. Для него характерен большой разброс значений D0, D1 и D2, а также отсутствие совпадения значения D0 с результатами для других территорий. Это в свою очередь обусловлено высоким уровнем техногенных землетрясений.

Таким образом, в рамках концепции "облачных" вычислений была разработана геоинформационная система обеспечивающая сбор пространственных данных, в частности сейсмологических бюллетеней, из распределенных источников и их обработку различными методами.

### Литература

1. Опарин В.Н., Потапов В.П., Попов С.Е., Замараев Р.Ю., Харлампенков И.Е. Разработка распределенных ГИС-средств мониторинга миграций сейсмических проявлений // ФТПРПИ. - 2010. - № 6.
2. Опарин В.Н., Потапов В.П., Гиниятуллина О.Л., Харлампенков И.Е. Фрактальный анализ траекторий миграции геодинамических событий в Кузбассе // ФТПРПИ. - 2012. - № 3.
3. Опарин В.Н., Сашурин А.Д., Кулаков Г.И., Леонтьев А.В., Назаров Л.А. и др. Современная геодинамика массива горных пород верхней части литосферы: истоки, параметры,

воздействие на объекты недропользования. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008, 449 с.

4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. — М: Институт компьютерных исследований, 2002, 656с.

5. 3DNews - Daily Digital Digest - Аналитика - Облачные вычисления на каждый день [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://m.3dnews.ru/editorial/cloud\\_computing](http://m.3dnews.ru/editorial/cloud_computing), свободный.

6. Черняк Л. Облака: три источника и три составных части // Открытые системы, 2010. №1.

## ОБЗОР ВОЛОНТЕРСКОЙ ВЕБ-ГИС «TOMSK, I CARE!»

Петрович К.Е., Кудинов А.В.

Научный руководитель: Кудинов Антон Викторович, к.т.н, доцент кафедры ВТ ТПУ  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[christina.petrovich@mail.ru](mailto:christina.petrovich@mail.ru)

### Введение

Долгое время разработка, поддержка и внедрение картографических веб-сервисов или веб-ГИС были прерогативой государства и крупных компаний. Такие веб-сервисы отличались локальностью и узкой специальной направленностью. Пользователи, которые имели доступ к этим сервисам и их данным, могли только просматривать их. Но после выхода в 2005 г. глобального картографического сервиса Google Maps и публикации сервиса API к нему существенно изменились способы разработки и использования картографических веб-сервисов. Теперь каждый пользователь, имеющий доступ в Интернет имеет возможность не только просматривать веб-карты, но и разрабатывать и публиковать свои собственные. При этом появилась возможность совместного доступа, добавления и редактирования данных на картах. Такие данные называются VGI – volunteered geographic information (добровольно-добавляемая пространственная информация). Таким образом, концепция Web 2.0, в основе которой лежит принцип генерации контента пользователями, была использована и для веб-ГИС.

Автором термина VGI считается британско-американский географ Майкл Гудчайлд. Он определил его как новый метод геоисследований, особенность которого заключается в участии обычных людей, чаще всего не имеющих достаточной квалификации, в создании геоинформации [1].

Популярность так называемых VGI-систем с каждым днем растет все больше и больше. Несомненное преимущество заключается в быстрой реакции на какие-либо изменения в окружающем мире. Информация в VGI-системах обновляется гораздо чаще, чем в коммерческих системах, и механизм обновления этих данных

гораздо проще. Пользователями таких систем могут выступать все желающие, имеющие доступ в Интернет. Посредством VGI-систем обычные люди могут делиться различной информацией со всем миром простым и удобным для них способом.

Яркими примерами роста популярности концепции VGI являются такие сервисы как *OpenStreetMap* [2], *Google My Maps* [3], *Wikimapia* [4] и пр. Принцип их работы также заключается в наполнении контента обычными пользователями. И с каждым днем число пользователей этих сайтов растет.

### Платформа «Place, I care!»

В 2011 г. в рамках международного проекта Национального исследовательского Томского Политехнического Университета и Университета г. Кальяри (Италия) началась разработка веб-платформы «Place, I care!» [5], позволяющей пользователям легко создавать собственные VGI-системы. Любой пользователь этой платформы может создавать свои VGI-проекты, наполнять их информацией, настраивать права пользователей. Кроме того пользователи имеют возможность просматривать проекты других пользователей и принимать участие в создании их контента.

### Функциональные возможности веб-ГИС «Tomsk, I care!»

На платформе «Place, I care!» была создана веб-ГИС «Tomsk, I care!» (рис. 1) – система, предназначенная для сбора и распространения добровольно-добавляемой пространственной информации, отражающей мнение граждан о г. Томске с различных точек зрения.



Рис. 1. Веб-ГИС «Tomsk, I care!»

Веб-ГИС «Tomsk, I care!» включает в себя цифровую карту г. Томска с множеством функциональных возможностей. Основная возможность пользователей заключается в просмотре и создании меток. Метка является ключевым понятием всех VGI-систем. В общем случае, метка – это указание определенного места на карте с его описанием. В проекте «Place, I care!» и, соответственно, в веб-ГИС «Tomsk, I care!» к каждой метке добавляется еще и личная оценка пользователей (нравится/не нравится). Таким образом, каждая метка отражает не только местоположение какого-то объекта и описательную информацию о нем, но и личное отношение граждан к этому объекту. Каждый пользователь имеет возможность создавать собственные метки. Эта функциональная возможность является ключевой для всех VGI-систем. Особенность данного проекта заключается в том, что метки могут представлять собой не только точечные объекты, но и линейные или полигональные. Например, для отображения автобусной остановки больше подойдет точечный объект, в то время как парк лучше отобразить полигональным объектом.

Добавление меток происходит с помощью специального окна, в котором можно ввести название метки, ее описание, выбрать слой. При создании метки пользователь обязательно устанавливает оценку создаваемой метке, таким образом, уже при создании метки определяется отношение автора к указанному месту. Добавленные метки можно редактировать (перемещать, изменять название и описание) и удалять. Кроме того существует возможность добавить к созданной метке описание, которое может быть представлено как в виде текста (комментарии), так и мультимедиа-файлами (фото, аудио или видео).

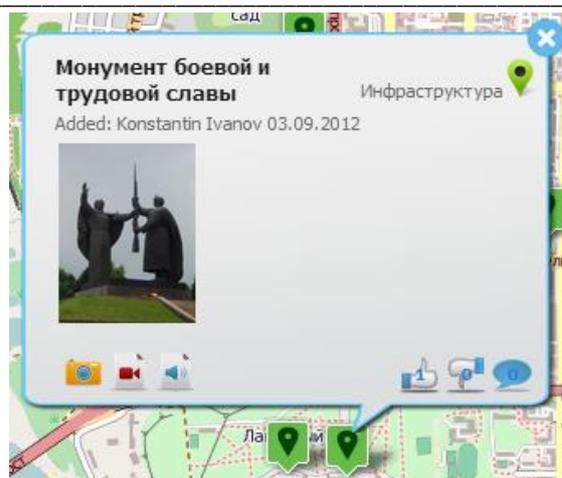


Рис. 2. Просмотр созданной метки

Добавленные пользователями метки описывают г. Томск с различных категорий. Именно разносторонняя оценка и является одной из особенностей проекта, реализация которой представлена в виде гибкого механизма управления слоями. Добавляемую метку пользователь может отнести к одному из существующих слоев (культура, социальная жизнь, экология и т.д.) Также пользователь может добавить новый слой, определив его название и тип доступа (публичный или личный) и пользователей для совместной работы с ним. Пользователь может просмотреть список созданных публичных слоев, а также список частных слоев, к которым он имеет доступ. К каждому слою доступна информация о пользователе, который создал этот слой, дате создания и количестве находящихся на нем объектов. Кроме того механизм управления слоями позволяет настраивать видимость слоев, то есть при отключении видимости слоя объекты этого слоя не будут отражаться на карте.

Любой участник системы может выступать не только как создатель контента, но и как простой пользователь. Он может работать с картой, для чего в системе реализован стандартный механизм навигации по карте. Каждый пользователь системы имеет возможность просматривать карту, созданные на ней метки, информацию о каждой из них, комментарии и мультимедиа-контент. Пользователь может работать со слоями, настраивая их видимость или просто просматривая объекты принадлежащие каждому из них. Пользователи могут работать с полным списком всех объектов веб-ГИС. Кроме того в системе реализован удобный механизм поиска объекта по его названию. К каждой существующей метке пользователь сам может оставить комментарий, поставить оценку (нравится/не нравится) или добавить мультимедиа файл.

Другой особенностью данного проекта является то, что информативными являются не

только окна и панели, но и сами метки. Метки отличаются числом положительных и отрицательных оценок, наличием присоединённых медиа-файлов и текущим состоянием метки. Так редактируемые, перемещаемые и новые (несохраненные) метки отображаются синим цветом. Метка, у которой преобладает положительная оценка, имеет зелёный цвет, в то время как метка с большим числом отрицательных оценок имеет красный цвет. Таким образом, пользователи веб-ГИС «Tomsk, I care!» могут получить определенную информацию о метке, не открывая ее. Соответственно, каждый пользователь системы даже при мелкомасштабном, обзорном просмотре карты уже имеет общее представление об определенных местах города и об отношении пользователей к ним.

#### **Заключение**

Платформа «Place, I care!» и веб-ГИС «Tomsk, I care!» обладают всем необходимым функционалом, присущим VGI-системам. Кроме того, в платформе реализованы возможности, отсутствующие в популярных VGI-системах: полноценная поддержка мультимедиа, поддержка всех основных типов пространственных объектов, механизм сбора и представления вторичной информации о данных (комментариев и оценок пользователей).

Число пользователей системы с каждым днем растет, растет и число создаваемых проектов на базе платформы «Place, I Care!». Запущенный в тестовом режиме в январе 2012 г., проект «Tomsk, I care» уже нашел своих пользователей. На сегодняшний момент в системе зарегистрировано 20 пользователей и добавлено около 100 уникальных меток. Опыт использования платформы и веб-ГИС «Tomsk, I care!» показывает, что данная разработка актуальна и востребована, а значит, требует дальнейшего развития и совершенствования. Следующим шагом планируется расширение функционала платформы и создание мобильного клиента

«Place, I care!»). Соответственно, скоро этот функционал будет доступен и в томском проекте.

Работа выполнялась по тематике госбюджетной НИР в рамках государственного задания «Наука».

#### **Литература**

1. Michael F. Goodchild. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: [http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/vgi/docs/position/Goodchild\\_VGI2007.pdf](http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/vgi/docs/position/Goodchild_VGI2007.pdf) (дата обращения: 12.10.2012).

2. Mordechai (Muki) Haklay, Patrick Weber. OpenStreetMap: User-Generated Street Maps. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://discovery.ucl.ac.uk/13849/1/13849.pdf> (дата обращения: 12.10.2012).

3. Christopher C. Miller. A Beast in the Field: The Google Maps Mashup as GIS/2. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: [https://courseware.e-education.psu.edu/downloads/geog884/miller\\_2006.pdf](https://courseware.e-education.psu.edu/downloads/geog884/miller_2006.pdf) (дата обращения: 12.10.2012).

4. Lakshmi Mummidi, John Krumm. Discovering Points of Interest from Users' Map Annotations. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.153.4245&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 12.10.2012).

5. Michele Campagna, Anton Kudinov, Konstantin Ivanov, Anastasiya Girsheva. GeoInformatics and Spatial planning bridging the gap towards GeoDesign: focus on VGI // Proceedings of the Seventh International Conference on Informatics and Urban and Regional Planning INPUT2012 - Cagliari, Italy, 10-12 May, 2012. - FrancoAngeli, 2012 - p. 1151-1161.

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

Пустовалова Е.А., Миненко К.С., Полуэктова Н.С.

ГОУ СПО Кемеровский горнотехнический техникум  
e-mail: [Elena.pustovalova.1994@mail.ru](mailto:Elena.pustovalova.1994@mail.ru)

#### **Введение**

Геоинформационная система представляет собой работу с данными, распределенными по территории, где сочетаются возможности работы с электронными картами и БД, привязанных к этим картам с эффективными средствами поиска и селекции.

Информационная система, предназначена для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и

связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах.

ГИС – это программный продукт, позволяющий пользователям искать, анализировать и редактировать цифровые карты, а также дополнительную информацию об объектах, например высоту здания, адрес, количество жильцов.

### **Предпосылки возникновения:**

- появление электронных вычислительных машин (ЭВМ) в 50-х годах;
- появление цифрователей, плоттеров, графических дисплеев и других периферийных устройств в 60-х;
- создание программных алгоритмов и процедур графического отображения информации на дисплеях и с помощью плоттеров;
- создание формальных методов пространственного анализа;
- создание программных средств управления базами данных [1].

В своем развитии ГИС прошли 3 периода:

- I. Период государственных инициатив (нач. 1970е – нач. 1980е гг.).
- II. Период коммерческого развития (ранние 1980е - настоящее время).
- III. Пользовательский период (поздние 1980е - настоящее время).

### **Классификация ГИС:**

- 1 По территориальному охвату:
  - Глобальные ГИС.
  - Национальные ГИС.
  - Региональные ГИС.
- 2 По предметной области:
  - ГИС информационного моделирования.
  - Городские ГИС.
  - Муниципальные ГИС (МГИС).
- 3 По архитектуре:
  - Закрытые системы

Основная привлекательность этих систем заключается в приверженности принципу "что видишь, то и получаешь".

- Открытые системы

Понятие "открытые" системы означает открытость для пользователя, легкость приспособления, расширения, изменения, адаптацию к новым форматам.

- 4 По функциональным возможностям:
  - Мощные геоинформационные системы.

Эти ГИС ориентированы на рабочие станции или мощные ПК и сетевую эксплуатацию системы, обрабатывают колоссальные объемы информации, имеют разнообразные средства ввода (от дигитайзеров и сканеров до станций обработки космических снимков) и вывода, имеют развитые средства документирования.

- Настольные геоинформационные системы.

Эти ГИС обладают несколько меньшими возможностями, и предназначены для решения в первую очередь научных задач, но могут быть использованы и в задачах управления. В этих системах не ставится столь жестких требований к качеству и разнообразию средств визуализации, объемам обрабатываемой информации, защите информации и ее сохранности. Эти системы

доступны большинству коллективов и могут работать в любом малом офисе.

- Системы для домашнего и информационно-справочного использования.

Эти ГИС наиболее закрытые системы, которые либо не допускают вовсе внесения изменений в информацию или допускают незначительное ее изменение, например, редактирование записей в базе данных или внесение новых записей [1,3].

### **ГИС как средство принятия решений**

В современных сложных системах, основанных на самых передовых компьютерных технологиях и моделях сложных предметных областей, лицу, принимающему решение (ЛПР), все труднее и труднее выполнять свою самую главную обязанность – принимать решение. Поэтому проблема разработки систем поддержки принятия решения (СППР) на различных уровнях обработки информации является чрезвычайно важной и актуальной. Одним из наиболее перспективных направлений решения данной проблемы является создание СППР на основе геоинформационных систем (ГИС).

Основную ценность в ГИС представляет хранящаяся в ней информация, именно она приносит практическую пользу при решении прикладных задач. Каждая ГИС кроме модулей, занимающихся вводом и выводом информации, обязательно комплектуется средствами, предназначенными для решения специфических задач пользователя. К настоящему времени сложился круг обязательных функций, наличие которых требуется от любой ГИС. Это, прежде всего, арифметические и геометрические функции, сетевой анализ, анализ наложений, выделение объектов в новый слой и утилиты работы с полями баз данных [2,3].

### **Организация работы с ГИС**

С ГИС обычно работает большое количество людей, это операторы, программисты, инженеры, специалисты различных прикладных областей (гидрологи, ботаники, медики, управленцы и др.). Все эти люди имеют различный уровень квалификации при работе с вычислительной техникой и самой ГИС. Поэтому возникает проблема — как уберечь данные, хранящиеся в системе, и само программное обеспечение от намеренного уничтожения или шпионажа с одной стороны и от случайного уничтожения или порчи с другой. ГИС являются уникальными программными продуктами, создаются и работают с дорогостоящей информацией, поэтому практически все ГИСовские программные продукты имеют средства защиты, которые обычно бывают двух видов: собственно средства ГИС и те возможности, которые они имеют, благодаря использованию сетевого программного обеспечения, если ГИС работает в сети.

Есть и множество других аспектов, связанных с работой ГИС, таких как проектирование

системы, организация сбора и обновления информации, обеспечение авторских прав владельцев информации и многие другие[3].

Системы проектирования ГИС

CAD-системы - это системы, для автоматизированного проектирования с использованием средств машинной графики.

Это очень хорошо развитая область применения программного обеспечения, на которой специализируются известные фирмы Autodesk Limited, Seli и др.

AM-системы - программные продукты, специально предназначенные для профессионального производства карт.

Эти системы базируются в основном на рабочих станциях, хотя встречаются и настольные системы для ПК. AM хорошо справляются с производством стандартных карт типа морских или топографических, где все элементы содержания известны заранее, хранятся в специальных библиотеках, содержащих сам символ и его код.

FM-системы - это системы управления пространственно распределенными объектами, с каждым из которых связана существенная, содержательная информация [3].

Следует заметить, что для решения большинства задач сетевого управления вовсе не важна метрическая точность, действительное положение объектов в пространстве.

Системы мелкомасштабного пространственного анализа. Такого рода системы связаны, прежде всего, с задачами природопользования, а также территориального планирования и управления.

В России такого рода системы также появились впервые в организациях геологического и географического профиля. Именно с системами пространственного анализа связаны два подхода к построению ГИС: растровый и векторный. Растровые системы менее распространены.

#### **Заключение**

Современные геоинформационные системы являются мощным инструментом при

комплексных геологических исследованиях, проводимых как в научных, так и в производственных целях.

ГИС представляет собой сложный информационный ресурс, объединяющий в своём составе не только собственно электронные карты, но и данные из разнообразных городских информационных систем. Поэтому создание МГИС затрагивает большое количество информационных ресурсов, повышая их ценность за счёт реализации возможности анализа информации с учётом пространственного расположения. Пространственная привязка позволяет сопоставить данные, собранные в различных системах. Кроме того, при решении задачи привязки БД к топооснове, происходит уточнение информации, содержащейся в БД, например, за счёт коррекции почтовых адресов.

Создание подобных геоинформационных систем позволит интегрировать муниципальные предприятия в единую автоматизированную среду управления, а в дальнейшем — объединить подобные МГИС в единую информационную систему России, что является одной из перспективных задач автоматизации управления административно—территориальными единицами.

ГИС обеспечивает:

- рост производительности;
- улучшение уровня обслуживания;
- повышение эффективности деятельности;
- получение крупной прибыли за счет

более точного учета.

#### **Литература**

1) Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. и др. Основы геоинформатики. Книга 2. Учебное пособие.

2) Материалы международной конференции «ГИС для устойчивого развития окружающей среды».

3) Цветков В.Я. «Геоинформационные системы и технологии».

## **МЕТОД СПУТНИКОВОЙ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБНАРУЖЕНИЯ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Семенов А.В., Потапов В.П.

Кемеровский филиал института вычислительных технологий СО РАН, г. Кемерово, Россия  
[werewolf\\_me@mail.ru](mailto:werewolf_me@mail.ru)

Статья посвящена мониторингу просадок земной поверхности методом дифференциальной радиолокационной интерферометрии (DInSAR), использующим радиолокационные снимки (РЛС) с синтезированной апертурой получаемые космическими сенсорами. Самолетные радарные

сенсоры хуже подходят для решения этой задачи и не рассматриваются в данной статье.

Оседание земной поверхности на значительных площадях может стать причиной серьезных повреждений антропогенных объектов, в том числе инфраструктуры и подземных коммуникаций, а также нанести ущерб

сельскохозяйственным землям из-за нарушения дренажа и других структурных изменений почв. Мониторинг и пространственный анализ деформаций земной поверхности имеет большое значение для планирования землепользования, мелиорации и рекультивации земель [1].

Мониторинг областей подземной разработки полезных ископаемых классическими методами, такими как оптические измерения или мониторинг с помощью GPS, позволяет выявлять деформации с субмиллиметровой точностью в местах замеров. Однако получение данных мониторинга в формате плотной двумерной сетки является дорогостоящим и затратным по времени для больших площадных оценок и может быть использовано только для небольших локальных зон. Кроме того, при анализе конкретного события деформации горно-технологического рельефа, могут потребоваться и ретроспективные данные, получить которые классическими методами проблематично, так как локальный мониторинг чаще всего осуществляется после происшествия связанного с событием деформации.

Изображения радаров с синтезированной апертурой (РСА), являются хорошей альтернативой классическим методам выявления деформаций земной поверхности.

Дистанционное изучение Земли с использованием спутниковых радаров позволяет проводить площадные исследования относительных изменений высотных отметок земной поверхности, состоявшихся между двумя пролетами спутника. Данные методики, начиная с 90-х годов прошлого века, широко применяются за рубежом для мониторинга оседания земной поверхности, обусловленного добычей твердых и жидких полезных ископаемых [2]. Российский опыт является весьма ограниченным и включает малочисленные исследования оседаний земной поверхности в районах месторождений нефти и газа, контроль деформаций газопроводов.

Используя несколько радарных изображений (на основе геометрических ограничений) охватывающих регион интереса, метод радиолокационной дифференциальной интерферометрии может определить деформации с высокой степенью точности (1см и точнее) на большой площади с высоким пространственным разрешением [3]. Метод дифференциальной интерферометрии хорошо себя показывает при мониторинге всех видов деформаций земной поверхности: подвижки в результате сейсмических событий, активность вулканов, движения ледников и шельфов и, в том числе, подвижки в результате ведения горных работ [3].

Метод дифференциальной интерферометрии подходит как для регистрации деформаций возникших в результате открытых работ, так и

деформаций возникших в результате подземной выработки.

В случае открытых горных работ, метод дифференциальной интерферометрии применяется для высокоточной оценки просадок земной поверхности в окрестностях разреза. С помощью обычного метода радиолокационной интерферометрии, использующего в качестве исходных данных пары радарных изображений для построения моделей высот (DEM), возможен мониторинг за объемом добычи полезных ископаемых из открытого разреза. Делается это с помощью построения моделей высот на разные даты и вычисления объема разности этих высот. Такой метод имеет гораздо меньшую вертикальную точность и плохо подходит для выявления мелких смещений земной поверхности, однако для решения данной задачи его точности достаточно.

В случае подземной выборки, метод радиолокационной интерферометрии способен выявить мельчайшие (до нескольких миллиметров) просадки земной поверхности на обширной территории вокруг шахты, что не позволяет сделать классические методы.

Важной особенностью радарных данных является их комплексный состав, они состоят из значений фазы и магнитуды. Если значения фазы трудно-интерпретируемые и используются для геометрических расчетов вместе с магнитудой, то значения магнитуды интерпретируемы отдельно от фазы и в визуальном плане представляют собой аналог монохромного спектрального изображения, на котором хорошо различимы объекты на местности. Таким образом, любая модель поверхности или деформаций земной поверхности изначально имеет точно связанное с ней в пространстве и во времени черно-белое изображение местности. Это позволяет строить комбинированные кадры, совмещающие в себе информацию о деформации земной поверхности и изображение исследуемой территории даже при отсутствии других источников пространственных данных. Пример такого кадра представлен на рисунке 1.

Смещения были вычислены из данных двух снимков сенсора Radarsat-1 Европейским Космическим Агентством (ESA) [4]. Первый снимок получен до тектонического события, второй – после. Как видно по рисунку 1, метод дифференциальной интерферометрии обеспечил высокую точность учета смещений в диапазоне от -10 миллиметров до +10 миллиметров. Несмотря на такие слабые смещения, на карте явно выражена основная траектория провала земной поверхности, что говорит о высокой чувствительности метода.

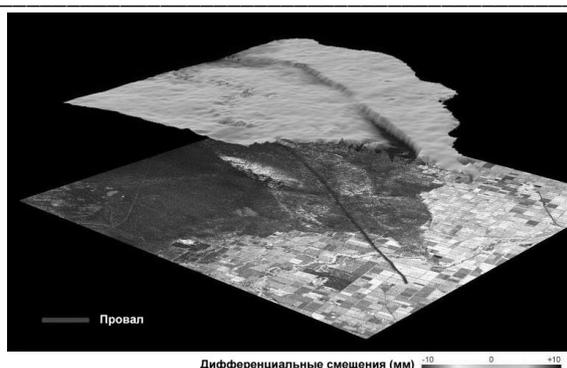


Рис. 1. Изображение смещений земной поверхности после тектонического события в 2006 году, Superstition Hills, Калифорния



Рис. 2. Смещения в районе г. Полысаево, за 2008-2010 годы, серым выделены отрицательные смещения, линией обведена территория шахты «Заречная»

С помощью метода дифференциальной интерферометрии возможно построение площадных карт смещений земной поверхности на различные моменты времени, что позволяет использовать их как материал для создания системы мониторинга геоэкологического состояния горнопромышленных регионов. Например, на рисунке 2 показана карта смещений на территорию города Полысаево Кемеровской области. Карта получена методом радарной интерферометрии. В качестве исходных данных использовались снимки сенсора ALOS-PALSAR за 2008 и 2010 годы. Серые зоны отражают отрицательные смещения земной поверхности, которые оказались в диапазоне от -1 до -150 миллиметров. Темной линией обведена территория Шахты «Заречная», расположенная прямо в городской черте. Как видно по карте смещений, просадки наблюдаются не только на территории предприятия, но и далеко за его пределами в зоне городской застройки. Значения

смещений получены в лаборатории геоинформационного моделирования Кемеровского филиала ИВТ СО РАН, используя свободно распространяемый программный пакет GMTSAR.

Сервисы, объединяющие картографическую информацию, модели рельефа и расчётные модели смещений земной поверхности в рамках одной геоинформационной системы, могут помочь в мониторинге антропогенного воздействия на окружающую среду, последствий сейсмических событий как природного, так и техногенного характера. Кроме того, такие сервисы могут стать очень важными инструментами поддержки принятия решений, связанных с обеспечением безопасности горнопромышленных регионов.

Метод дифференциальной интерферометрии представляет собой новый перспективный метод обнаружения смещений земной поверхности. Высокая площадь охвата позволяет методу строить площадные оценки смещений, а высокая точность (до миллиметров) не уступает классическим методам мониторинга с помощью GPS и оптических замеров. Учитывая, что для вычисления смещений, достаточно правильно отобрать исходные радарные данные и обработать их в любом свободно распространяемом пакете программного обеспечения, этот метод может в скором времени получить широкое распространение в геоинформационных системах мониторинга.

#### Литература

1. Didier Massonnet and Kurt L. Feigl. Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface. *Reviews of Geophysics*, 1998.
2. Филатов А.В. Обнаружение подвижек земной поверхности в зоне интенсивной нефтедобычи методами радарной интерферометрии // Вестник Югорского государственного университета. 2006. № 4. С. 103–109.
3. Wang, Bu-Chin. Digital signal processing techniques and applications in radar image processing. John Wiley & Sons, Inc. 2008.
4. Yaobin Sheng, Yunjia Wang, Linlin Ge, Chris Rizos. Differential radar interferometry and its application in monitoring underground coal mining-induced subsidence. Jiangsu Key Laboratory of Resources and Environmental Information Engineering, Xuzhou, 2007.

## ВЫБОР МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ПРОГРАММНОМ ПРИЛОЖЕНИИ «АМЕОР»

Сивов Ю.А., Иванов Е.Н., Кононов Ю.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[sivov.yu@gmail.com](mailto:sivov.yu@gmail.com)

### Введение

Ряд месторождений Западной Сибири, в том числе Томской области, находятся на поздней стадии разработки, которые характеризуются сложным строением и значительной долей остаточных запасов. Добыча нефти на месторождениях может быть существенно повышена за счет современных методов воздействия на пласты. Планирование применения методов увеличения нефтеотдачи (МУН) является сложной задачей, требующей систематического подхода при ее решении. Одним из важных этапов при планировании МУН до начала моделирования является предварительный анализ данных для выбора метода.

В настоящее время методика выбора МУН при проектировании разработки нефтяных месторождений является не до конца формализованной процедурой. В то же время выбор оптимальной технологии увеличения нефтеотдачи для конкретных геолого-физических и экономических условий разработки является одной из самых трудных задач для инженера-разработчика. В данной работе предлагается выбор МУН на основе аналитической оценки геолого-физической информации в разработанном программном приложении (ПП) «АМЕОР».

Методика аналитической оценки разработана на основе обзора зарубежных и отечественных литературных источников по выбору МУН и состоит из следующих этапов:

1. Обычный скрининг и ранжирование методов.
2. Переход к детальному скринингу.
3. Детальный скрининг методов.

### Обычный скрининг и ранжирование методов

Скрининговые исследования дают оценку целесообразности применения МУН, исходя из ограниченного числа характеристик коллектора и флюидов, обычно критических. Обычный скрининг представляет собой сопоставление усредненных характеристик пласта с табличными критериями применимости, выработанными ранее на основе мирового и отечественного промышленного опыта. В предлагаемой методике скрининг осуществляется по нечеткой логике с использованием критериев применимости, обобщенных по опубликованным данным [1, 2]. Нечеткая логика в программе подразумевает доверительный интервал для значений,

формируемый возможной погрешностью измерений пределов критериев применимости и частично успешным применением МУН в случаях, когда значения свойств нефтяных пластов выходят за пределы границ критериев применимости (рис. 1).



Рис. 1. Пример нечеткой логики вычисления критериального параметра применимости  $c_j$

Коэффициент применимости определяется как:

$$K_n = \left(\frac{p}{n}\right) \sum_j^n c_j,$$

при всех  $c_j > 0$ ;

$$K_m = \left(\frac{p}{n}\right) \sum_j^m c_j,$$

при условии, что хотя бы один  $c_j < 0$ , где  $c$  – критериальный параметр;  $j$  – номер критериального параметра;  $m$  и  $n$  – количество отрицательных и общее количество критериальных параметров для метода соответственно;  $p$  – параметр, определяющий границы интервала коэффициента применимости.

В ПП «АМЕОР» после вычисления коэффициента применимости каждого МУН, методы ранжируются на торнадо-плоте по степени их применимости к введенным пользователем условиям коллекторов (рис. 2).

Коэффициент применимости варьируется в фиксированном, задаваемом пользователем, интервале. На рисунке 1 интервал закреплен границами от -2 (метод не применим) до 2 (благоприятен для применения).

Таким образом, с помощью ранжирования методов можно выявить наиболее перспективные технологии повышения нефтеотдачи для последующего анализа.

### Переход к детальному скринингу

Перед переходом к детальному скринингу предлагается использовать лепестковые

диаграммы для изучения влияния некоторых свойств коллектора на рассчитанный коэффициент применимости МУН (рис. 3).

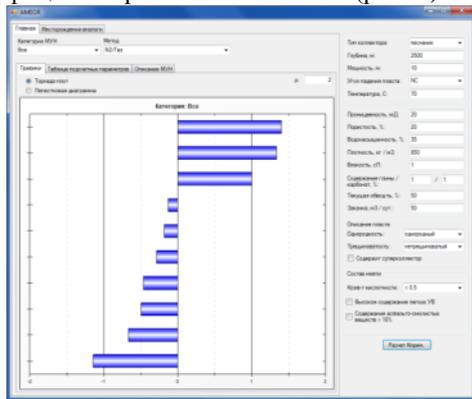


Рис. 2. Торнадо-плот применимости МУН

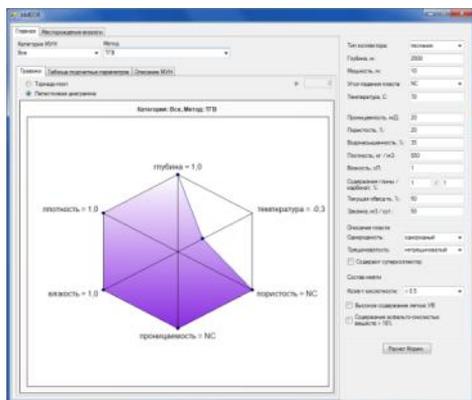


Рис. 3. Лепестковая диаграмма метода термогазового воздействия (ТГВ)

На данном шаге рекомендуется использовать интегрированные в программу знания: тезисное описание МУН, технические и некоторые экономические ограничения по методам, а также ссылки на литературу, что дает дополнительную информацию по влиянию свойств коллектора на коэффициент применимости МУН.

#### Детальный скрининг

Цель детального скрининга – решить достаточно ли общего имеет исследуемое месторождение с известными залежами, где ранее проводились МУН. Такой скрининг позволяет использовать опыт предшествующей разработки. В предлагаемой методике детальный скрининг производится с помощью поиска месторождений-аналогов в собранной авторами базе данных по применению МУН на российских и зарубежных месторождениях [3].

Месторождения-аналоги ищутся в соответствующем окне программы путем задания допустимых отклонений от свойств исследуемого месторождения по всем или для каждого геолого-физического свойства в отдельности.

В случае успешного поиска в окне вывода информации появляются следующие данные по месторождению-аналогу: название, локализация, начало разработки, применяемый МУН,

технологический эффект, ссылки на источники информации, где можно подробнее узнать о месторождении-аналоге.

#### Анализ нефтяного месторождения в «AMEOR»

Приведем пример анализа геолого-физической информации с помощью ПП «AMEOR»: влияния метода ТГВ на Первомайском месторождении, пласт Ю10. Производилось сопоставление результатов, полученных на основе алгоритмов «AMEOR» и лабораторных исследований по пласту. При лабораторном эксперименте было отмечено значительное увеличение коэффициента вытеснения, снижение остаточной нефтенасыщенности с 0,35 до 0,18 [4]. «AMEOR» на основе введенных свойств коллектора показал высокий коэффициент применимости метода ТГВ на пласте месторождения – 1,92.

При поиске месторождений в диагностическом модуле программы были выявлены аналоги в США: Buffalo и West Ceder Hills, где производится полномасштабное применение метода ТГВ. Информацию по данным месторождениям, результаты лабораторных исследований и математического моделирования можно использовать в дальнейшем анализе.

#### Заключение

С помощью авторской программы «AMEOR» оптимизирован выбор МУН для конкретных геолого-физических характеристик пласта на основе получаемой оценки применимости каждого из методов. Программа и интегрированная в нее база данных могут быть дополнены с учетом новых методов, разработок и проектов МУН.

На примере нефтяного месторождения Томской области показано, что методика даёт адекватные результаты оценки применимости технологии воздействия и значительно сокращает время выбора оптимального МУН.

#### Литература

1. Альварado В., Манрик Э. Методы увеличения нефтеотдачи пластов. Планирование и стратегии применения. – М.: Премиум Инжиниринг, 2011. – 244 с.
2. Муслимов Р.Х. Планирование дополнительной добычи и оценка эффективности методов увеличения нефтеотдачи пластов. – Казань: Изд-во КГУ, 1999. – 280 с.
3. Иванов Е.Н., Кононов Ю.М., Росляк А.Т., Сивов Ю.А. Мировые и отечественные проекты МУН: Свидетельство о государственной регистрации базы данных. №2012620655, 2012.
4. Боксерман А., Телин А., Макатров А., Пияков Г. Лабораторное моделирование применения термогазового воздействия для условий пласта Ю10 Первомайского месторождения // Нефтеотдача. – 2005. – № 5. – С. 34–38.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ В МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ РЫНКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ Г.АСТАНЫ

Валиева Ш.К., Кабдуш Е.Б., Карабаев Д.Д., М.Н. Мусабаева

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева

[just\\_me@list.ru](mailto:just_me@list.ru)

### Введение

В науках о Земле и обществе, имеющих дело с пространственными данными, сложилась интересная ситуация - информационный «взрыв» соседствует с информационным «голодом». Часть специалистов сетует на ограниченность сведений, что ведет к упрощению описаний, гипотетичности исследований, их некондиционности и т. д., другие, наоборот, не успевают переработать горы материала. Парадокс? Вряд ли, скорее объективная картина стихийно сложившейся реальности. Даже располагая предельными данными, рационально ли мы ими распоряжаемся и используем их? К сожалению, в большинстве случаев нет. Сложно получить сведения об уже накопленных материалах, затруднен обмен и доступ к ним - ведомственные и даже личные барьеры, режимные ограничения и неупорядоченность данных препятствуют рациональному и эффективному использованию информационных ресурсов.

ГИС включает в себя интерактивные карты и прочие виды, оперирующие с наборами географических данных. Карты - это мощный модельный образ для определения и стандартизации того, как люди используют географическую информацию и взаимодействуют с ней. Интерактивные карты предоставляют основной пользовательский интерфейс для большинства ГИС-приложений. Они доступны на многих уровнях: от карт для беспроводных мобильных клиентов до Web-карт в браузерах и карт в мощных настольных ГИС-приложениях.

### ГИС-технологии в обработке маркетинговой информации.

Функциональные возможности

Для разных типов географических объектов - городов, регионов, районов и т.д. - на карте отображаются сводные показатели, рассчитанные на основе информации из витрины данных модуля Analyzer (например, объемы продаж предприятия и его конкурентов).

На карту можно наносить данные, импортируемые в Analyzer из внешних источников - из файлов электронных таблиц или таблиц баз данных.

Модуль GEO содержит все стандартные возможности геоинформационного приложения для работы с картой, такие как сдвиг видимой области карты, изменение ее масштаба, увеличение в рамке, идентификация объекта.

В модуле реализован инструмент построения буферных зон (автоматическое выделение

географических объектов одного типа, попадающих в сферу «притяжения» выделенных объектов).

Функциональные возможности геоинформационных систем дают возможность наглядно представлять и анализировать специализированные данные в свете их пространственного распределения, облегчают ввод, хранение и обработку информации.

Применение технологий ГИС для проектирования размещения субъектов, ведущих образовательную деятельность, позволяет:

- планомерно обеспечивать население региона требуемыми образовательными услугами и сервисом;
- планировать контингент учащихся, экономическую деятельность на рынке образовательных услуг;
- координировать политику и деятельность различных по профилю и размещению образовательных учреждений и организаций;

Трудность при введении геоинформационных систем в инструментарий проектирования пространственного размещения объектов системы образования заключается в необходимости трудоемкой предварительной подготовительной работы: введения картографической информации, оцифровки карт, проектирования и первичного наполнения баз данных, что, в свою очередь, требует подготовленных специалистов. Но, с другой стороны, построенная однажды модель может служить базой для проведения исследовательских и проектировочных работ. В идеальном варианте объединение региональных сетей в глобальную республиканскую сеть на базе ГИС могут стать основой для создания модели образовательного пространства РК.

Сбор многочисленной информации об учебных заведениях, сопоставление различных данных, анализ этих данных процесс трудоемкий. В этом случае роль пространственного моделирования рынка образовательных учреждений с использованием геоинформационных систем имеет важное значение. Тематические карты учебных заведений наглядно предоставляют всю нужную информацию. Используя тематическую карту, абитуриенты и их родители имеют возможность сделать более подробный анализ при выборе того или иного учебного заведения.

Базовым компонентом любой ГИС являются географические или пространственные данные, представленные в виде цифровых данных о

пространственных объектах и включающие сведения об их местоположении и свойствах, пространственных и непространственных атрибутах. Полное описание пространственных данных складывается из взаимосвязанных описаний топологии, геометрии и атрибутики объектов.

Тематические слои в геоинформационной системе сопровождаются атрибутивными базами данных (БД), содержащими необходимую для исследований информацию: цифровую, описательную, графическую и т.д. (рис. 1).

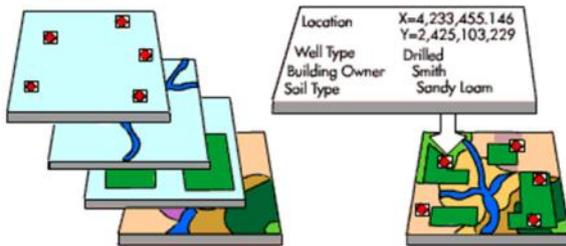


Рис. 1. Тематические слои

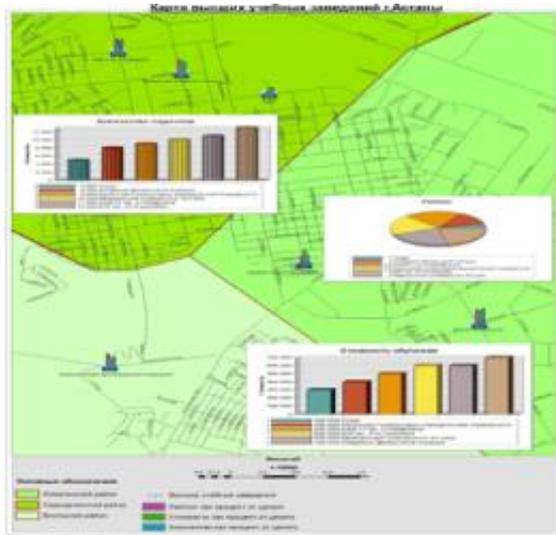


Рис. 2. Карта высших учебных заведений г. Астана

Эта информация связывается с пространственными объектами через систему идентификаторов. Каждый пространственный объект геоинформационной системы имеет уникальный внутренний идентификатор, который прилагается ему при создании топологии, и внешние пользовательские идентификаторы, которых может быть несколько в зависимости от структуры баз данных и поставленных задач.

В основе нашей работы лежали информационные данные об университетах Казахстана, колледжах и языковых школах города Астаны. Это данные о цене, рейтинге, количестве обучающихся и т.д. Впоследствии эти данные были привязаны к географическим данным (рис. 2, 3, 4).

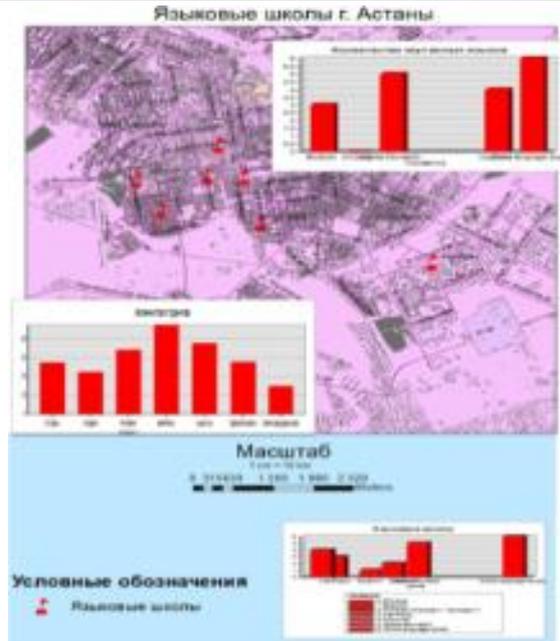


Рис. 3. Карта языковых школ г. Астана

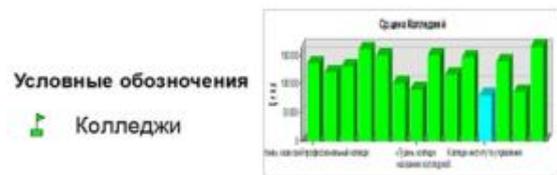
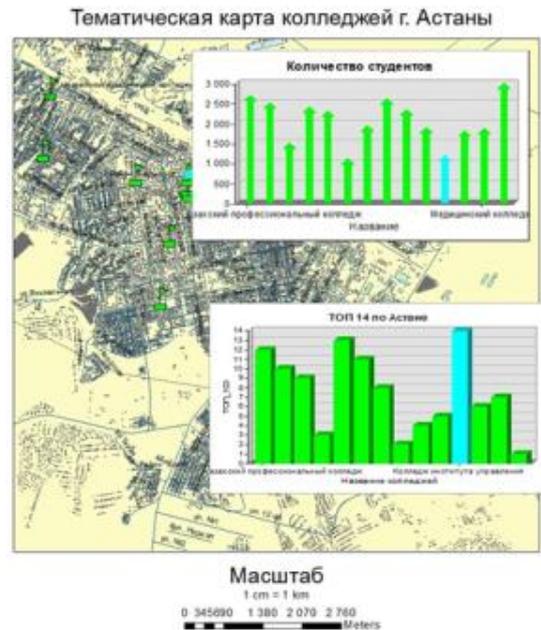


Рис. 4. Карта колледжей г. Астана

Проведенный анализ обобщенных материалов показывает, что от рейтингов наших учебных заведений зависит не только цена, но и количество обучаемых. Также мы можем увидеть, в каких районах города густо расположены наши заведения и где их не хватает. Размещение некоторых языковых школ зависит от повсеместного расположения колледжей и университетов. Карты предоставляют готовую

информацию для абитуриентов и их родителей, также многие преподаватели, аналитики и др. люди могут сделать анализ о наших учебных заведениях.

**Литература**

1. Капралов Е. Г., Кошкарев А.В., Тикунов В. С. – «Геоинформатика»
2. <http://gis.dgtu.donetsk.ua/ru/gis.html>
3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
4. Н. Я. Колюжной – «Маркетинг»
5. Е. В. Суркова – «Основы маркетинга»
6. / Б.И. Герасимов, В.В. Дробышева, О.В. Воронкова – «Статистические исследования в маркетинге введения в экономический анализ»
7. <http://www.dataplus.ru/support/library/index.htm>
8. Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. – «Геоинформационные системы»
9. Журкин И.Г., Шайтура С.В. – «Геоинформационные системы»

**СЕКЦИЯ 7.  
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
СИСТЕМЫ И МЕТРОЛОГИЯ**

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ТЕЧЕЙСКАТЕЛЕЙ

Фаерман В.А., Аврамчук В.С.

Томский Политехнический Университет  
[TheUnit@sibmail.com](mailto:TheUnit@sibmail.com)

В России в эксплуатации находится около 1 млн. км подземных трубопроводов жилищно-коммунального комплекса, в том числе 523 тыс. км водопроводов. На 2003 год, по данным Научно-технического совета Госстроя России, средний уровень износа сетей в коммунальном хозяйстве составлял около 60 %, а в отдельных регионах достигал 70 % [1]. В последние годы, несмотря на активное проведение реформ, ситуация продолжает оставаться сложной. В связи с тем, что более 40% водопроводных и 30% тепловых сетей выслужили установленные сроки и находятся в аварийном состоянии, потребитель вынужден оплачивать большие потери, составляющие до 20% по воде и до 40% по тепловой энергии [2]. Другим негативным следствием неудовлетворительного состояния подземных трубопроводов канализации и водоснабжения являются повсеместное ухудшение экологической ситуации и растущие вспышки инфекционных заболеваний [1]. Последнее время, наблюдается ежегодный рост числа аварий, связанных с нарушением тепло- и водоснабжения [3].

Наиболее распространенным типом аварий на трубопроводах является нарушение целостности трубы и образование мест истечения жидкости – течей. Для устранения аварии необходимо определить местоположение течи. Наиболее целесообразным решением при поиске течей представляется использование специальных приборов – течеискателей. Среди известных типов указанных приборов наибольшее распространение получили акустические течеискатели, подразделяющиеся на две группы – корреляционные течеискатели и шумофоны [4].

Шумофоны представляют собой комплект из одного или двух специальных датчиков (геофонов) и блока оператора. Геофоны, размещающиеся на поверхности земли над трубопроводом, регистрируют и передают на блок оператора звуковые сигналы, распространяющиеся по грунту, в том числе шумы от тока воды по трубе и истечения жидкости в месте аварии. Оператор на слух анализирует шум и, продвигаясь вдоль трубопровода, определяет местоположение течи. Для упрощения работы специалиста и повышения точности нахождения утечки, на блоке оператора ряда шумофонов предусмотрен вывод информации об уровне звуковых сигналов. Для этой же цели, в ряде разработок, используется дополнительный геофон, с помощью которого осуществляется сравнение уровня шума в различных точках трубопровода. Не смотря на

сравнительно низкую стоимость приборов данного типа, они имеют значительный недостаток: точность и скорость обнаружения утечки зависит от субъективной способности оператора распознать звук истечения жидкости на фоне городского шума и шума тока воды по трубе [4].

Упомянутого недостатка лишены корреляционные течеискатели. Корреляционные течеискатели представляют собой комплект приборов, включающий в свой состав пару виброакустических датчиков и блок оператора. Виброакустические датчики устанавливаются на поверхность трубы в точках доступа, расположенных на концах обследуемого участка трубопровода. Датчики фиксируют звуковые сигналы, распространяющиеся по поверхности трубы, и передают их на блок оператора по радиоканалу или кабельной линии связи. В блоке оператора осуществляется цифровая обработка сигналов, в ходе которой происходит фильтрация для выделения полезных сигналов от течи на фоне различных шумов, а также корреляционный анализ сигналов, позволяющий определить местоположение течи. В настоящее время корреляционные течеискатели получили широкое распространение в связи с тем, что они сравнительно просты и удобны в эксплуатации, а также имеют относительно высокие показатели точности [4].

К современным корреляционным течеискателям предъявляется ряд строгих требований, обусловленных особенностями их применения. Основным требованием является точность определения местоположения утечки, что связано с высокими материальными и временными затратами возникающими в случае получения неточного или недостоверного результата. Высокой считается точность  $\pm 10$  см, при исследовании трубопровода максимально допустимой длины. В связи с периодической необходимостью проведения работ по диагностике трубопроводов в неблагоприятных погодных условиях, к течеискателям предъявляется требование сохранения работоспособности в сложных условиях внешней среды, например, при температуре до  $- 25^{\circ}$  С. Внимание также уделяется механической прочности конструкции разъемов кабелей и корпусов устройств. Важной эксплуатационной характеристикой современных течеискателей являются длительность работы от аккумуляторных батарей и возможности подзарядки как от промышленной сети 220В, так и от автомобильного аккумулятора, что

объясняется затяжным характером проведения полевых работ (до 15 часов). Удобство эксплуатации и транспортировки, а следовательно длительность и эффективность работ по поиску и локализации течи, во многом определяются габаритами и весовыми характеристиками течепоискового комплекта. Современный течеискатель, умещающийся в один транспортировочный кейс, изображен на рисунке 1. В связи с тем, что в ряде случаев наиболее эффективным методом обследования трубопроводов является проведение замеров в реальном времени, современные корреляционные течеискатели должны поддерживать данный режим работы [5].



Рис. 1. Современный течепоисковый комплект

В настоящее время предлагается достаточное для выбора количество корреляционных течеискателей российского и импортного производства. В число наиболее распространенных и совершенных моделей входят Aquascan 610L (Guttermann, Швейцария) и LeakFinderRT (Echologics Engineering, Канада) [6,7]. Данные приборы отличаются компактным размером, высокой точностью (обусловлено использованием высокочувствительных пьезоэлектрических датчиков с усилением сигнала и эффективных алгоритмов обработки сигналов), возможностью длительной работы без подзарядки, удобным в эксплуатации пользовательским интерфейсом. Основные технические характеристики Aquascan 610L и LeakFinderRT приведены в таблице 1. Недостатком данных течеискателей можно считать высокую стоимость (более 500 тыс. рублей).

Таблица 1. Технические харак-ки течеискателей

Характеристика	LeakFinderRT	Aquascan 610L
Точность (для гор. сетей)	±10 см	1 см на 100 м
Материалы трубопроводов	10 различных типов	Все стандарт., режим смешанных материалов
Скорость распространения шума	Определяется по таблице; предусмотрено расширение таблиц	Определяется по таблице; предусмотрена возможность измерения
Продолжительн.	10-15 ч, зависит	До 12 ч,

автономной работы	от условий	датчики до 8 ч
Фильтрация шумов	Режимы автомат. и ручной настройки фильтров	
Связь с датчиками	Через передающий блок	Датчики со встроен. передатчиками

Одним из наиболее распространенных корреляционных течеискателей российского производства является прибор Т-2001 (ООО Инкотес, Нижний Новгород) [8]. Несмотря на то, что он уступает в точности (1 см на 10 м обследуемого участка трубопровода) и универсальности (предназначен для работы только с чугунными или стальными трубами) зарубежным аналогам, он находит применение благодаря относительно низкой стоимости (до 250 тыс. руб.). Другим примером корреляционных течеискателей российского производства может служить акустический томограф Каскад – 2, преимуществом которого является возможность диагностики технического состояния трубопроводов методом акустической томографии [4].

Стоит отметить то, что точность, быстроедействие и эффективность работы корреляционных течеискателей во многом определяется качеством алгоритмов цифровой обработки сигналов, использованных при разработке устройства. В связи с этим представляется актуальной задача разработки и программной реализации усовершенствованных методов цифровой фильтрации с целью выделения частотного диапазона, содержащего полезный сигнал утечки, для улучшения эффективности последующего применения методов корреляционного анализа.

#### Литература

1. Добромислов А. Я. Проблема долговечности и надежности трубопроводных систем // Сантехника. - 2003. - №5. - С. 2-6.
2. РИА Новости. Сюжет: ситуация вокруг повышения тарифов на услуги ЖКХ [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ria.ru/trend/ tariff\\_growth\\_16032010/](http://ria.ru/trend/ tariff_growth_16032010/), свободный.
3. Официальный сайт Министерства Регионального Развития РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.minregion.ru/activities/gkh/314.html>, свободный.
4. Сайт, посвященный акустической томографии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://watersound.ru/poisk-techej>, свободный.
5. Кошкин С. Ю. Выбор корреляционного течеискателя // Megatech. - 2011. - №2-3. - С. 52-56.
6. Официальный сайт компании Эколинк. Течеискатели LeakFinderRT [Электронный ресурс]. Режим доступа:

[http://www.ekolink.ru/uploads/catalogerfiles/leakfinder-rt/LeakFinderRT\\_rus.pdf](http://www.ekolink.ru/uploads/catalogerfiles/leakfinder-rt/LeakFinderRT_rus.pdf), свободный.

7. Официальный сайт компании Z-Техно. Течеискатели производства Gutterman [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.z-tec.ru/cat/gutterman.pdf>, свободный.

8. Официальный сайт компании Альтаир. Течеискатель Т-2001 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.baz-alt.ru/product\\_8496.html](http://www.baz-alt.ru/product_8496.html), свободный.

## МОДЕЛЬ КАЧЕСТВА МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОЦЕССА СО СПЛОШНЫМ КОНТРОЛЕМ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ И ДИСПЕРСИИ

Гопоненко А.С.

Томский политехнический университет  
E-mail: andreigoiponenko@gmail.com

### Введение

Одной из наиболее важных задач в современном производстве является получение продукции высокого качества за счёт уменьшения вариабельности производственных процессов. В настоящее время многие продукты получают в результате прохождения через множество процессов [1]. Продукт создаётся в течение  $n$  процессов в серии, причем после каждого подпроцесса необходим контроль качества продукции, после чего принимается решение либо о передаче продукта на следующий процесс, либо на исправление, если это возможно (рис. 1). То есть для определения качественных характеристик после каждого  $n_i$ -го процесса необходимо использовать сплошной контроль [2].

В многоступенчатых процессах качество конечного продукта зависит от вариабельности каждого  $n_i$ -го подпроцесса [3]. Таким образом, необходимо учитывать факторы, влияющие на вариабельность подпроцессов, чтобы контролировать качество готового продукта.

### Модель

За основную математическую модель, описывающую данные из выборки, которую получаем при измерении основной характеристики продукта после прохождения через подпроцесс  $i$ , возьмём распределение Гаусса:

$$\varphi_i(x) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x_j - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2}\right).$$

Это приемлемо, так как большинство физических процессов можно смоделировать с помощью этого распределения, при этом необходимо учитывать, что:

- нет неизвестных факторов, влияющих на выборку, или они несущественны;
- существуют верхние и нижние пределы выборки;
- крайние события происходят не чаще, чем предсказывает правило трёх сигм и не имеют больших последствий.

Кроме того, необходимо учитывать факторы, которые могут повлиять на вариабельность

процесса, и, как следствие, вызвать брак продукции.

Для того чтобы изготавливаемый продукт обладал необходимым качеством, необходимо учитывать настройку и наладку  $n$  подпроцессов, в ходе которых создается продукт. Говорят, что процесс настроен, если математическое ожидание  $\mu$  его основной характеристики совпадает с номинальным  $\mu_{ном}$ . Процесс налажен, если поле рассеяния характеристики  $6\sigma \leq \Delta_{eqi}$  [4]. Учитывая это, запишем выражения  $Z_1$  и  $Z_2$ , отражающие степень настройки и наладки подпроцессов:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^n k_1 \left[ \Phi\left(\frac{U_i - \mu_i}{\sigma_i}\right) - \Phi\left(\frac{L_i - \mu_i}{\sigma_i}\right) \right];$$
$$Z_2 = \sum_{i=1}^n k_2 \left[ \Phi\left(\frac{U_i - \mu_i}{3\sigma_i}\right) - \Phi\left(\frac{\mu_i - L_i}{3\sigma_i}\right) \right],$$

где  $U_i$  и  $L_i$  – нижний и верхний контрольные пределы,  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты пропорциональности [5]. Тогда результирующее выражение запишем как  $R(x) = f(\varphi_n(x), Z_1, Z_2)$ .

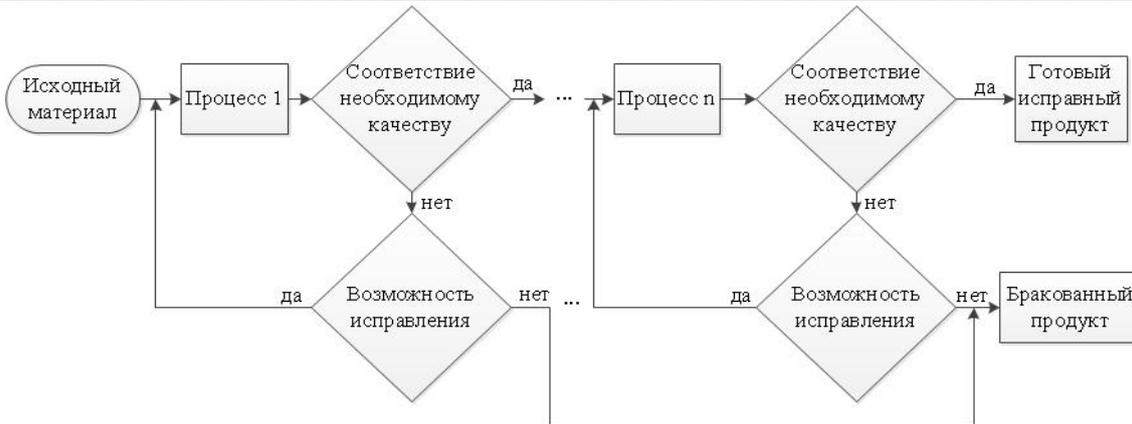


Рис. 1. Модель качества многоступенчатого процесса при сплошном контроле

**Пример**

В программном пакете Statistica смоделируем массив из 200 данных на каждый из 10 подпроцессов. Воспользуемся формулой  $=\text{RndNormal}(y_i) + \mu_i$ , где  $y_i \approx 0,1$ , а  $\mu_i$ :

Таблица 1

$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$	$\mu_6$	$\mu_7$	$\mu_8$	$\mu_9$	$\mu_{10}$
1,00	1,01	1,10	1,25	1,30	1,35	1,45	1,50	1,55	1,61

Используя программу, определяем среднеквадратическое отклонение (СКО) –  $y$  и перцентили (35% и 65%) – пределы  $L$  и  $U$  соответственно. Рассмотрим, как ведут себя  $Z_1$  и  $Z_2$  при изменении  $y_i$  и  $\mu_i$ . Для этого вычислим значения  $Z_1$  и  $Z_2$  при  $y_i = y * 0,8$ ;  $y; y * 1,2$  и  $\mu_i = \mu * 0,75$ ;  $\mu * 0,8$ ;  $\mu * 0,85$ ;  $\mu * 0,9$ ;  $\mu * 0,95$ ;  $\mu$ ;  $\mu * 1,05$ ;  $\mu * 1,1$ ;  $\mu * 1,15$ ;  $\mu * 1,2$ ;  $\mu * 1,25$ . В данном примере коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  примем равными 1. Далее – построим графики зависимости  $Z_1$  и  $Z_2$  от  $\mu_{10}$  (рис. 2). Здесь выбрано  $\mu_{10}$ , потому что это среднее значение характеристики готового продукта.

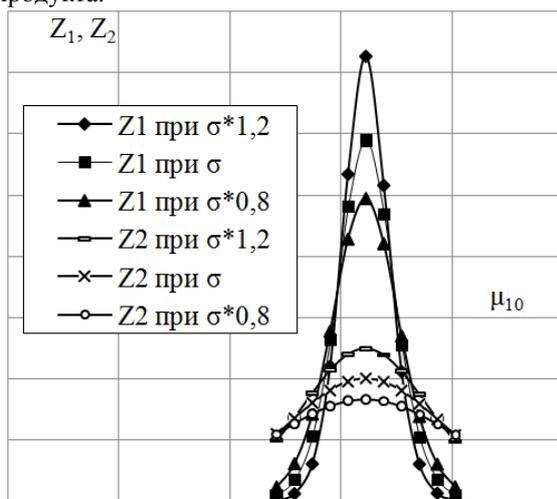


Рис. 2. Графики зависимостей  $Z_1$  и  $Z_2$  от  $\mu_{10}$

При сложении выражений получим результирующие графики (рис. 3).

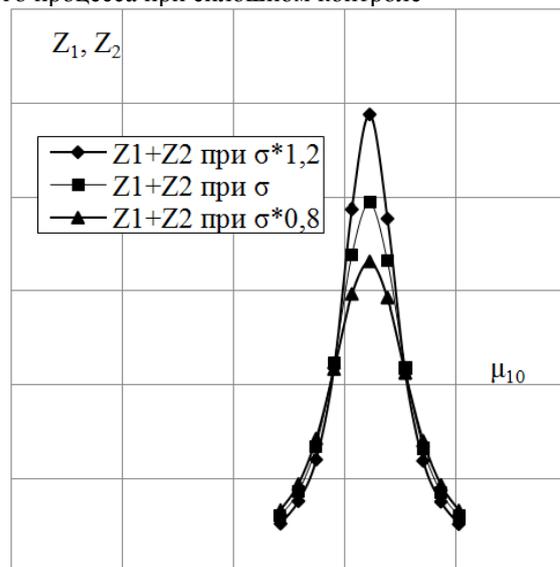


Рис. 3. Графики зависимостей  $Z_1+Z_2$  от  $\mu_{10}$

По форме графики на рисунках 2 и 3 напоминают график распределения Гаусса, что вполне закономерно, учитывая характер функций  $Z_1(\mu)$  и  $Z_2(\mu)$ . Построенные графики выражают качественные характеристики при отклонении результатов измерений от среднего значения, а также при изменении СКО.

Изменяя  $k_1$  и  $k_2$ , можем менять значение рассматриваемых функций, то есть эти коэффициенты позволяют рассматривать различные данные  $x$  совместно с  $Z_1$  и  $Z_2$  в выражении  $R(x)$ .

**Вывод**

Разработана модель для многоступенчатых производственных процессов, при этом характеристики готового продукта зависят от характеристик всех подпроцессов, необходимых для создания продукта.

На конкретном примере показаны изменения результирующей функции от изменения математического ожидания и СКО. Пределы  $L$  и  $U$  устанавливаются согласно требованиям производителя.

Полученная модель обеспечивает менеджерам по качеству методику для оптимизации

процессов. Анализ чувствительности модели предоставляет рамки, в которых менеджеры могут уменьшить отклонения для подпроцессов и улучшить их производительность.

#### Литература

1. Bowling S.R., Khasawneh M.T., Kaewkuekool S., Cho B.R., A Markovian approach to determining optimum process target levels for a multi-stage serial production system, *European Journal of Operational Research*, pp. 1-15 (2003).
2. Al-Sultan K.S. and Pulak M.F., Optimum target values for two machines in series with 100% inspection. *Int. J. Opl. Res.*, 120, pp. 181–189 (2000).

3. Salih O. Duffuaa, Umar M. Al-Turki, Ahmet A. Kolus, A process targeting model for a product with two dependent quality characteristics using 100% inspection, *International Journal of Production Research*, pp. 1–15 (2008).

4. Казанцева Н.Н. Статистический контроль и статистические методы управления качеством: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 116 с.
5. Teeravaraprug J., Multi-Product Process Mean with Customer's Loss Consideration, *Thammasat Int. J. Sc. Tech.*, Vol. 11, No. 3, pp. 22–28 (2006).

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ СРЕД В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРАХ

Кочумеев В.А., Трубочев А.А.\*, Стукач О.В.

Томский политехнический университет

\*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
[vladkohum@mail.ru](mailto:vladkohum@mail.ru)

В современном мире автоматизация контроля технологических процессов, находит все большее место в различных отраслях производства. Одним из важных вопросов контроля в производстве, является измерение уровня наполненности закрытых резервуаров, будь то нефтехранилища, трюм танкера или элеватор с зерном.

Применение автодинных уровнемеров на диоде Ганна имеет ряд преимуществ- во первых это стоимость системы, точности измерения, массогабаритные характеристики.

Приемо-передающие модули (ППМ) автодинного типа имеют наиболее простую конструкцию. Основным элементом таких устройств является автогенератор, работающий в режиме излучения и приема собственных колебаний, отраженных от исследуемого объекта.

Основным элементом автодинного устройства является диод Ганна. Благодаря нелинейной вольтамперной характеристике диода, автодин сочетает в себе функции генератора сверхвысокочастотного излучения и смесителя излученного и принятого отраженного сигнала. Регистрация смешанного сигнала осуществляется в основном в цепи питания диода, что обеспечивает простейшую конструкцию приемопередающего модуля.

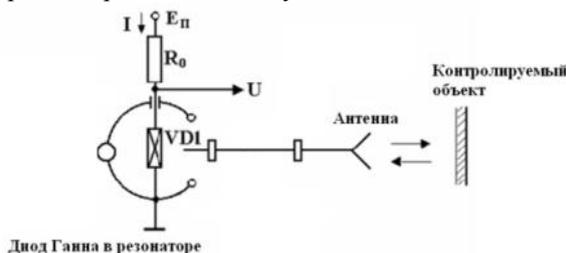


Рис. 1. Функциональная схема автодинного генератора

Принцип действия автодинов основан на возмущении параметров автоколебаний КВЧ генератора (амплитуды и частоты) под воздействием отражённого от объекта исследования когерентного КВЧ излучения, в результате чего выделяется разность генерируемой и принимаемой частот в виде биений [1].

Структурная схема системы автоматизированного измерения уровня представлена на рисунке 2. Система состоит из  $N$  датчиков, расположенных в контролируемых резервуарах. Все датчики подключены к общему кабелю («витая пара») с помощью интерфейса RS-485, на концах которого установлены терминальные резисторы, номиналом 120 Ом. Из программы оператора в шину поступает запрос с номером датчика и командой для исполнения. Датчик, определивший свой адрес, проводит измерение и отправляет в шину ответ, содержащий свой адрес и данные. На компьютере оператора, в специальном программном обеспечении, отображается информация об уровне выбранного резервуара. Максимальное количество устройств, подключаемых к шине, составляет 32 (31 датчик и 1 ПК).

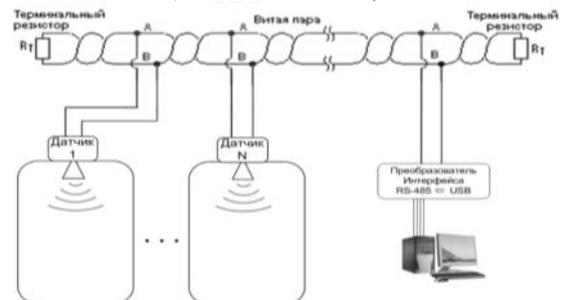


Рис. 2. Структурная схема системы автоматизированного измерения уровня

По двум проводам, составляющим «витую пару», передается балансный сигнал, т.е. сигнал на одном проводе является идеально точной противоположностью сигнала на втором проводе. На рисунке 3 изображена осциллограмма балансного сигнала [2].

Благодаря симметрии линий относительно «земли» в них наводятся помехи, близкие по форме и величине. В приемнике с дифференциальным входом сигнал выделяется путем вычитания напряжений на линиях, поэтому после вычитания напряжение помехи оказывается равным нулю. В реальных условиях, когда существует небольшая асимметрия линий и нагрузок, помеха подавляется не полностью, но ослабляется существенно.

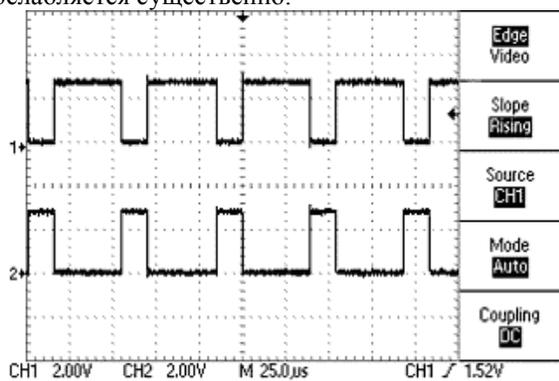


Рис. 3. Осциллограммы сигнала передаваемого по двум проводам

Принцип действия всех известных радарных уровнемеров основан на измерении времени распространения радиоволны от антенны уровнемера до поверхности среды, уровень которого измеряется, и обратно.

Существует два способа измерения дальности:

1. Прямой - импульсный (Pulse modulation)
2. Косвенный - частотно-модулированный (Frequency Modulated Continuous Wave)

Классическим методом является импульсный, когда излучаемый импульс отражается от среды и возвращается в приемник, и время, за которое импульс проходит до среды и обратно пропорционально расстоянию до него.

Недостатком данного метода является тот факт, что при малых расстояниях необходимо генерировать импульсы длительностью в доли наносекунд, что приводит к несоразмерному удорожанию аппаратуры.

Альтернативой является косвенный метод, использующий линейный частотно-модулированный сигнал, который идеально подходит для измерения малых расстояний [3]. Уровнемер излучает СВЧ сигнал, частота которого изменяется непрерывно по линейному закону между двумя значениями  $f_1$  и  $f_2$  (рис. 4). Отраженный от поверхности контролируемой среды сигнал принимается той же антенной и обрабатывается. Его частота сравнивается с

частотой сигнала, излучаемого в данный момент времени. Значение разности частот ( $\Delta f$ ) прямо пропорционально расстоянию до поверхности.

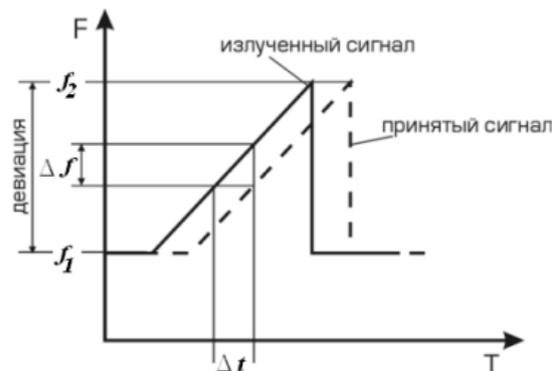


Рис. 4. Линейная зависимость изменения частоты от времени

Анализ развития рынка радарных уровнемеров показывает, что в настоящее время радарные уровнемеры по основным техническим характеристикам (надежность, точность, диапазон измерения, коммуникационные возможности) в основном удовлетворяют существующим и перспективным требованиям потребителей. Вместе с тем, сдерживающим фактором дальнейшего увеличения удельного веса радарных уровнемеров на рынке, является их сравнительно высокая цена. Основной вклад в стоимость радарного уровнемера вносит стоимость его высокочастотной части (антенна и приемопередающий блок). Поэтому естественно предположить, что основная конкурентная борьба среди производителей развернется в направлении снижения себестоимости высокочастотной части. Причем в сегменте высокоточных уровнемеров (с точностью  $\pm 0,5$  мм ...  $\pm 1$  мм), где узкий луч ( $4^\circ$  -  $6^\circ$ ) является одним из обязательных условий, снижение себестоимости может быть осуществлено или за счет совершенствования технологии изготовления больших антенн или за счет перехода на более высокие частоты и совершенствования технологии высокочастотных приемопередающих блоков. Так как трудно ожидать существенного улучшения технологии изготовления антенны, второе направление представляется более вероятным [4].

Предложенная система измерения уровня с помощью автодинных ППМ, главным преимуществом которой является максимальная простота СВЧ блока (следовательно, и стоимость), без ухудшения показателей технических характеристик, относительно аналогичных систем.

#### Литература

1. С.Д. Воторопин, В.Я. Носков. Автодинные минирадары КВЧ диапазона. XV-я Международная Крымская Микроволновая Конференция «CriMiCo-2005». Труды

конференции. – Севастополь: сентябрь 2005 г. – С. 937-938.

2. Локотков А. Интерфейсы последовательной передачи данных. Стандарты EIA RS422A/RS485. – Журнал СТА, 1997, №3

3. С.М. Смольский, С.Д. Воторопин, П.С. Остапенков и др. Автодинные ЧМ-локаторы КВЧ диапазона с непрерывным излучением для задач

обнаружения, измерения и управления. ТКЭА, вып.1, 2005, стр. 7-13.

4. Либерман В.В., Личков Г.Г. Радарные уровнемеры. Прошлое, настоящее, будущее // Журнал Промышленные АСУ и контроллеры, 2006, №8.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛЬНОТОЧНЫХ ШУНТОВ

Кузнецова Е.Ю., Заревич А.И.

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет  
E-mail: katua1993k1@mai.ru

### Введение

Современное развитие энергетики больших мощностей связано с необходимостью генерировать и измерять большие импульсные токи. Эти токи могут достигать величин порядка сотен килоампер при длительности импульса до сотен миллисекунд, и их измерения существенно осложняются образованием сильных магнитных полей, электродинамических сил и эффектами рассеивания. В условиях значительных электромагнитных помех используют сильноточные безиндуктивные шунты [1].

Актуальной остается задача определения динамических метрологических характеристик токовых шунтов, которая требует для своего решения наличия дорогостоящих источников гармонического или импульсного тока большой амплитуды или труднореализуемых методов измерения малых импедансов шунтов.

Целью статьи является экспериментальное исследование импульсного метода определения динамических метрологических характеристик токовых шунтов на примере сильноточного шунта на 20 кА.

### Метод определения динамических характеристик сильноточных шунтов

Задача определения динамических метрологических характеристик токовых шунтов может быть решена путем подачи на вход токового шунта короткого импульса тока. При этом, входной и выходной сигналы шунта необходимо записать в память цифрового осциллографа и определить их спектры. Амплитудно- и фазочастотная характеристики определяются по арифметическому отношению спектральных плотностей входного и выходного сигналов на соответствующих частотах. Авторами был предложен и исследован алгоритм реализации указанного метода для определения частотных характеристик преобразователей тока [3]. Алгоритм был реализован на языке технических вычислений MATLAB и апробирован при определении амплитудно- и

фазочастотных характеристик интегрирующей RC-цепи.

В ходе исследований было показано, что в полной мере метод применим только для цепей, которые в исследуемом частотном диапазоне описываются дифференциальными уравнениями первого порядка. Для цепей более высокого порядка применимость метода ограничена минимальной шириной резонансов, которые могут быть различимы в результате преобразования Фурье.

### Экспериментальные исследования АЧХ и ФЧХ сильноточного шунта

Предложенный метод был применен для экспериментального определения амплитудно- и фазочастотной характеристик шунта коаксиальной конструкции, предназначенного для измерения импульсных токов амплитудой до 20 кА [1]. Материалом внутреннего цилиндра резистивной части шунта является манганин, внешнего цилиндра – медь. Активное сопротивление шунта составляет порядка 170 мкОм.

Для этого эксперимента был разработан и изготовлен формирователь импульса тока. Электрическая принципиальная схема формирователя, представлена на рис. 1.

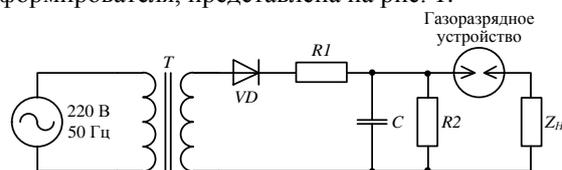


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема формирователя импульса тока

Схема эксперимента по определению динамических характеристик шунта представлена на рис. 2.

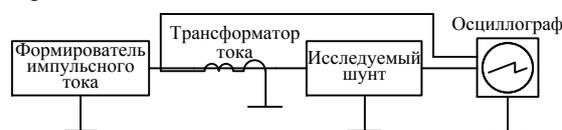


Рис. 2. Схема эксперимента по определению динамических характеристик шунта

На рис. 3 приведены типичные осциллограммы сигналов, полученные с выходов эталонного трансформатора тока (кривая 1) и шунта (кривая 2).

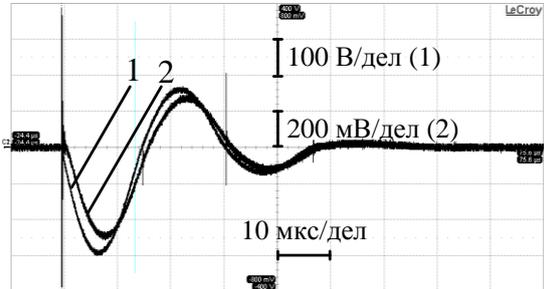


Рис. 3. Сигналы с выходов эталонного трансформатора тока (кривая 1) и сильноточного шунта (кривая 2)

Как видно из представленных осциллограмм, амплитуда импульса тока, протекающего через шунт, достигает значения  $\sim 3$  кА. Сигнал с выхода шунта имеет резкий выброс на фронте, обусловленный переходными процессами, наложением протекающего через шунт тока и собственными колебаниями в шунте, имеющими частоту порядка 30 МГц. Сигналы на рис. 3, для наглядности, приведены к одному масштабу.

Полученные в соответствии с описанным авторами в [2] методом экспериментальные АЧХ и ФЧХ шунта представлены на рис. 4.

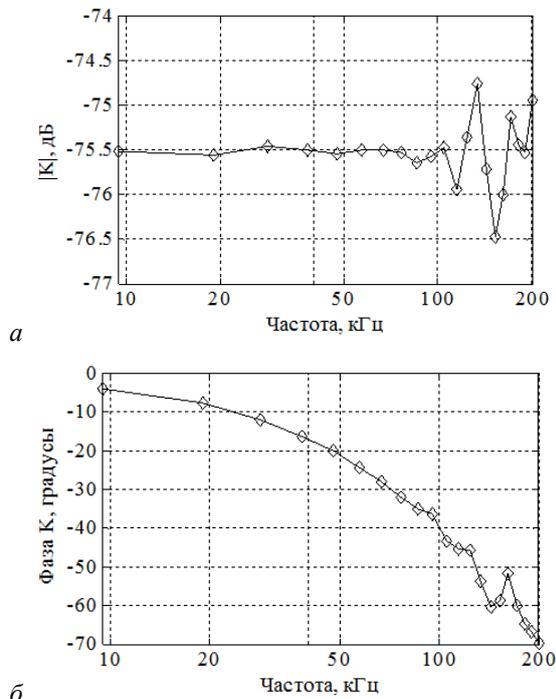


Рис. 4. Коэффициент передачи сильноточного шунта: а) АЧХ; б) ФЧХ

Из приведенных характеристик видно, что в диапазоне частот до 100 кГц шунт имеет линейный коэффициент передачи  $|K|$  по амплитуде, составляющий порядка -75,5 дБ. Кривая ФЧХ при этом имеет равномерный спад. Таким образом, шунт ведет себя как звено первого порядка. Заметим, что частотный диапазон исследуемого шунта не ограничивается значением 100 кГц. Однако, с ростом частоты возрастает погрешность определения коэффициента передачи. На рис. 5 приведен результат расчета этой погрешности.

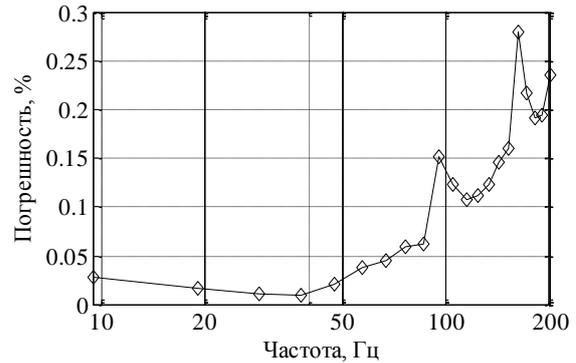


Рис. 5. Погрешность определения коэффициента передачи сильноточного шунта

Из расчета видно, что на частотах до 90 кГц погрешность не превышает 0,1 %. На более высоких частотах поведение шунта имеет сложный характер, не поддающийся описанию в рамках линейной модели, что и приводит к росту погрешности. Также рост погрешности при увеличении частоты связан с резонансными явлениями в соединительных проводах и шумами в использованном оборудовании. Измерения, проводимые на этих частотах, будут приводить к некорректным результатам. Таким образом, полученное значение частоты 100 кГц ограничивает полосу пропускания шунта возможностью представления его линейной моделью. **Выводы**

Экспериментально исследован метод определения амплитудно- и фазочастотной характеристик линейных электрических цепей. Применение метода для сильноточного токового шунта позволило определить его коэффициент передачи в диапазоне частот до 90 кГц с погрешностью не более 0,1 % при амплитуде зондирующего импульса тока порядка 3 кА. Предложенный метод не требует использования дорогостоящего оборудования для формирования гармонических или импульсных токов большой амплитуды. Использование цифровой обработки позволяет существенно сократить трудоемкость определения метрологических характеристик сильноточного энергетического оборудования.

#### Список литературы

1. Muravyov S.V., Borikov V.N., Natalinova N.M. A computer system: measurement of welding

surge currents // Measurement and Control. – 2009. – V. 42. – № 3. – P. 44–47.

2. Cherbaucich C., Crotti G., Kuljaca N., Novo M. Evaluation of the dynamic behaviour of heavy current shunts // Metrology in the 3<sup>rd</sup> Millennium: Proc. XVII IMEKO World Congress. – 22–27 June, 2003. – Dubrovnik, Croatia, 2003. – P. 586–589.

3. Заревич А.И., Муравьев С.В., Бедарева Е.В., Величко О.Н. Цифровая обработка импульсных сигналов для определения частотных характеристик преобразователей тока // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 5. – С. 116–120.

## АЛГОРИТМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

Солтанова Д.Г., Заревич А.И.

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: dianasol@sibmail.com

### Введение

Современное развитие энергетики больших мощностей связано с необходимостью генерировать и измерять большие импульсные токи. Эти токи могут достигать величин порядка сотен килоампер при длительности импульса до сотен миллисекунд, и их измерения существенно осложняются образованием сильных магнитных полей, электродинамических сил и эффектами рассеивания. В условиях значительных электромагнитных помех используют сильноточные безиндуктивные шунты [1, 2]. Для таких преобразователей актуальна задача определения динамических метрологических характеристик.

Целью статьи является описание разработанного группой исследователей кафедры КИСМ ТПУ алгоритма цифровой обработки импульсных сигналов, получаемых при определении амплитудно- и фазочастотной характеристик (в дальнейшем АЧХ и ФЧХ).

### Алгоритм цифровой обработки импульсных сигналов

В исследуемом методе определения динамических характеристик на вход преобразователя подается короткий импульс тока, входной и выходной сигналы сохраняются в памяти цифрового осциллографа и затем подвергаются спектральным преобразованиям. Искомые АЧХ и ФЧХ определяются по арифметическому отношению спектральных плотностей входных и выходных сигналов на соответствующих частотах.

Метод применим только для цепей, которые в исследуемом частотном диапазоне описываются дифференциальными уравнениями первого порядка. Для цепей более высокого порядка применимость метода ограничена минимальной шириной резонансов, которые могут быть различимы в результате спектрального анализа.

Алгоритм метода реализован на языке технических вычислений MATLAB. [3] Таким образом, заметно сокращается время расчетов и снижается погрешность вычисления.

Получаемые в эксперименте входные и выходные сигналы шунта представлены последовательностью из  $N$  элементов  $x(t_k)$ , где  $t_k$  – время регистрации  $k$ -го элемента в последовательности ( $1 \leq k \leq N$ );  $x(t_k)$  – входной сигнал, а  $y(t_k)$  – выходной сигнал. Дискретное преобразование Фурье, примененное сигналам, даст их спектральный состав в виде соответствующих векторов комплексных чисел  $X(\omega_k)$  и  $Y(\omega_k)$ :

$$X(\omega_k) = \sum_{j=1}^N x(t_j) \omega_N^{(j-1)(k-1)},$$

$$Y(\omega_k) = \sum_{j=1}^N y(t_j) \omega_N^{(j-1)(k-1)}, \quad \omega_N = e^{-2\pi i/N}$$

где  $\omega_k$  – вектор частот, соответствующий комплексным векторам  $X(\omega_k)$  и  $Y(\omega_k)$ , полученный, исходя из длины выборки и частоты Найквиста.

В условиях физического эксперимента реальный импульсный сигнал всегда зашумлен и нестабилен. Также вносят свою погрешность средства измерения. Влияние этих случайных факторов снижают путем многократных измерений и усреднения их результатов по ансамблю.

При постоянном размере выборки  $N$  и неизменности длительности развертки цифрового осциллографа, частоты компонентов  $\omega_k$  дискретного преобразования Фурье остаются неизменными и не зависят от смещения сигнала относительно начала выборки. Следовательно, шумы и искажения измеряемых сигналов приведут к случайной погрешности спектральных компонент на фиксированных частотах.

В предположении, что случайные погрешности подчинены нормальному закону, повышение точности практического применения метода может быть достигнуто путем равномерного усреднения по ансамблю реализаций спектральных компонент сигналов на фиксированной частоте. Усредненные спектральные компонент сигналов  $\bar{X}(f_k)$  и

$\bar{Y}(f_k)$  находятся по выражениям:

$$\bar{X}(f_k) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j(f_k),$$

$$\bar{Y}(f_k) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_j(f_k), \quad (1)$$

где  $X_j(f_k)$ ,  $Y_j(f_k)$  - спектральные компоненты сигналов на фиксированной частоте  $f_k$ ,  $n$  - количество элементов в последовательности,  $k$  - номер элемента.

Для нахождения АЧХ и ФЧХ определяется коэффициент передачи шунта:  $\bar{K}(f_k) = \frac{\bar{Y}(f_k)}{\bar{X}(f_k)}$ .

(2)

Погрешность предложенного метода оценивается путем определения функции когерентности  $\gamma_{xy}$  между спектральными плотностями сигнала-отклика  $\sum_{j=1}^n |\bar{Y}_j(f_k)|^2$  и тестового сигнала  $\sum_{j=1}^n |\bar{X}_j(f_k)|^2$ , как предложено в [4]:

$$\bar{\gamma}_{xy}^2(f_k) = \frac{\left| \sum_{j=1}^n \bar{X}_j^*(f_k) \bar{Y}_j(f_k) \right|^2}{\sum_{j=1}^n |\bar{X}_j(f_k)|^2 \sum_{j=1}^n |\bar{Y}_j(f_k)|^2}. \quad (3)$$

Относительная погрешность определения коэффициента передачи  $K(f_k)$  могут быть получены из выражения (4) следующим образом:

$$\sigma(\bar{K}(f_k)) = \frac{1}{\sqrt{2n}} \frac{\sqrt{1 - \bar{\gamma}_{xy}^2(f_k)}}{|\bar{\gamma}_{xy}(f_k)|}. \quad (4)$$

**Алгоритм.** Определение АЧХ и ФЧХ преобразователя тока

1: Пусть:  
 $N$  - длина последовательности мгновенных отсчетов входного и выходного сигналов;  
 $n$  - число импульсов в ансамбле;  
 $t_k$  - временные отсчеты;  
 $x(t_k)$  и  $y(t_k)$  - мгновенные,  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  - усредненные отсчеты входного и выходного сигналов;  
 $N_2$  - длина последовательности отсчетов, кратная степени 2;  
 $f_k$  - частоты спектральных компонент сигналов;

$X(f_k)$ ,  $Y(f_k)$ ,  $\bar{X}(f_k)$  и  $\bar{Y}(f_k)$  - спектральные компоненты сигналов и их усредненные значения

2: **for**  $j = 1, n$  **do**

3: Загрузка мгновенных отсчетов входного  $\langle t_k, x(t_k) \rangle$  и выходного  $\langle t_k, y(t_k) \rangle$  сигналов

4: Определение длины последовательности отсчетов  $N$

5: Разделение загруженных отсчетов на три последовательности:  $t_k$ ,  $x(t_k)$  и  $y(t_k)$

6: **▶** Проверка  $N$  на кратность степени 2

**if**  $N \neq 2^{\lceil \log_2 N \rceil}$  **then**

7: **▶** Поиск усредненного значения отсчетов последовательностей  $x(t_k)$  и  $y(t_k)$

$$\bar{x} \leftarrow \frac{4}{N} \sum_{j=\lceil \frac{3}{4}N \rceil}^N x(t_j), \quad \bar{y} \leftarrow \frac{4}{N} \sum_{j=\lceil \frac{3}{4}N \rceil}^N y(t_j)$$

для  $k = \lceil \frac{3}{4}N \rceil, \dots, N$

8: **▶** Определение новой длины последовательности отсчетов

$$N_2 \leftarrow 2^{\lceil \log_2 N \rceil}$$

9: Увеличение длин последовательностей  $x(t_k)$  и  $y(t_k)$  до  $N_2$

10: **▶** Экстраполяция мгновенных отсчетов  $x(t_k) = \bar{x}$ ,  $y(t_k) = \bar{y}$  для  $k = N+1, \dots, N_2$

11: **end if**

12:  $N \leftarrow N_2$

13: Определение шага квантования  $t_s$  как усредненной разности между соседними элементами в последовательности  $t_k$

14: Применение к последовательностям отсчетов  $x$  и  $y$  процедуры быстрого преобразования Фурье и определение спектральных компонент  $X$  и  $Y$  сигналов

15: **▶** Определение частот  $f_k$  спектральных компонент сигналов

$$f_k \leftarrow k/2t_s \text{ для } k = 0, \dots, N/2 + 1$$

16: **▶** Усреднение спектральных компонент сигналов

$$\bar{X}(f_k) \leftarrow \bar{X}(f_k) + \frac{1}{n} X_j(f_k);$$

$$\bar{Y}(f_k) \leftarrow \bar{Y}(f_k) + \frac{1}{n} Y_j(f_k)$$

17: **end for**

18: Определение АЧХ  $|K(f_k)|$  и ФЧХ  $\arg(K(f_k))$  по выражениям (1) и (2)

19: Определение функции когерентности  $\gamma_{xy}(f_k)$  и среднего квадратического отклонения  $\sigma(f_k)$  по выражениям (3) и (4)

20: Визуализация и сохранение результатов

**Вывод**

В статье был рассмотрен алгоритм цифровой обработки импульсных сигналов. Алгоритм основан на совместной цифровой обработке усредненных по ансамблю мгновенных отсчетов входного короткого импульсного воздействия и отклика на него. Частотная зависимость коэффициента передачи рассчитывается с

применением быстрого преобразования Фурье напряжений с выходов исследуемого и эталонного преобразователей.

#### Литература

1. Векслер М.С., Теплинский А.М. Шунты переменного тока. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 120 с.
2. Muravyov S.V., Borikov V.N., Natalinova N.M. A computer system: measurement of welding surge currents // Measurement and Control. – 2009. –

V. 42. – № 3. – P. 44–47.

3. Мэтьюз Д.Г., Финк К.Д. Численные методы. Использование MATLAB, 3-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 720с.
4. Бендат Дж.С., Пирсол А.Дж. Применения корреляционного и спектрального анализа. – М.: Мир, 1983. – 312 с.

## ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PXI-ПЛАТФОРМЫ

Рункова Е.С., Заикина А.А.

Научный руководитель: С.В. Силушкин  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
634050, г. Томск, пр-т Ленина 30  
e-mail: zaikina.anastasija@yandex.ru

#### Введение

Новые возможности в решении задач измерения электрической мощности открыли достижения в области физики, микроэлектроники и цифровой технике, позволившие автоматизировать процесс измерений и проводить его в режиме удаленного доступа.

Измерение мощности сигналов, как синусоидальных, так и несинусоидальных является актуальной задачей. Так как, кроме коммерческих потерь, в энергетических сетях имеются технологические потери, важной составляющей которых являются потери, связанные с неудовлетворительным качеством электроэнергии, к которым относят следующие ее показатели: отклонение напряжения, колебания напряжения, несинусоидальность напряжения, несимметрия напряжений, провал напряжения и др. [1]. Для корректного учета потребленной электрической энергии, необходимо иметь приборы, регистрирующие показатели качества электроэнергии и, в частности, различные виды мощности соответствующих сигналов.

Для определения мощности электрических сигналов, как правило, используются методы, применимые только для сигналов синусоидальной формы. Однако в последнее время, из-за изменения характера нагрузки, когда сигналы тока и напряжения представляют собой сигналы искаженной формы, такие методы не годятся. В таких случаях применение цифрового метода, основанного на дискретизации сигнала по уровню и времени, позволяет рассчитывать мощность для любой формы сигнала. Так как, если напряжение и электрический ток являются периодическими функциями времени с одинаковым периодом, то они могут быть представлены функциями посредством разложения в ряд Фурье, а активную  $P$ , полную  $S$  и реактивную  $Q$  мощности

рассчитывают с учетом гармонических составляющих [2].

В работе используется косвенный метод измерения мощности, основанный на цифровой обработке сигналов. Для расчетов  $P$ ,  $S$ ,  $Q$  использованы алгоритмы, предложенные К. Будеану и С. Фризе [3, 4].

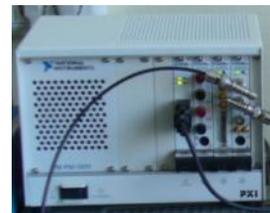
#### Используемое оборудование и программное обеспечение

Для разработки цифрового способа измерения мощности сигналов в звуковом диапазоне использованы:

- генератор АКТАКОМ AWG-4105;
- модульная платформа NI PXI-1031;
- цифровой осциллограф NI PXI-5421;
- графическая среда программирования LabVIEW 2009 компании National Instruments (США).

#### Описание решения

Генератор AWG-4105 на рис. 1а представляет собой двухканальный источник высокостабильных сигналов с низким уровнем искажений [5]. Встроенные модулирующие функции позволяют генерировать сигналы заданной формы (синусоидальной, прямоугольной, треугольной) без использования внешнего источника модулирующего сигнала. Прибор имеет возможность удалённого управления с помощью команд SCPI. Генератор также позволяет воспроизводить импульсные сигналы, сигналы шума и произвольной формы, при этом они могут быть сдвинуты по фазе относительно друг друга.



а б  
Рис. 1. Используемое оборудование:  
а) генератор AWG-4105, вид спереди;  
б) платформа PXI-1031 с подключенными измерительными модулями.

Измеряемые сигналы поступают на соответствующие модули платформы NI PXI, предназначенной для создания автоматизированных измерительных и испытательных комплексов [6].

Платформа PXI-1031 на рис. 1.б представляет собой 6-ти слотовое шасси, в состав которого входит модуль цифрового осциллографа PXI-5124 [7].

Оцифровка сигналов с генератора производится модулем NI PXI-5421, представляющий собой 12-разрядный двухканальный цифровой осциллограф с возможностью как внутренней, так и внешней синхронизации. Осциллограф имеет два АЦП, что позволяет проводить измерения сигналов по двум каналам одновременно, независимо друг от друга.

Осциллограф PXI-5421 позволяет измерять следующие параметры сигналов: амплитудные и среднеквадратические значения напряжений, частоту, угол сдвига фаз, частоту. Так как программная часть осциллографа располагается на компьютере в виде виртуального прибора с открытым кодом, то имеется возможность расширять функциональные возможности данного средства измерений. Например, для проведения цифровой обработки сигналов сложной формы требуется добавить соответствующие программные блоки, позволяющие проводить математическую обработку дискретных сигналов.

Для управления модулями PXI, проведения измерений и последующей обработки данных разрабатывается виртуальный прибор «Цифровой измеритель мощности» [8].

#### Экспериментальные исследования

Измерение параметров сигналов напряжения  $U_1$  и  $U_2$  производится по схеме, представленной на рис. 2. Для контроля измеряемых параметров сигналов используются мультиметр Agilent 3458A и фазометр Ф2-34.

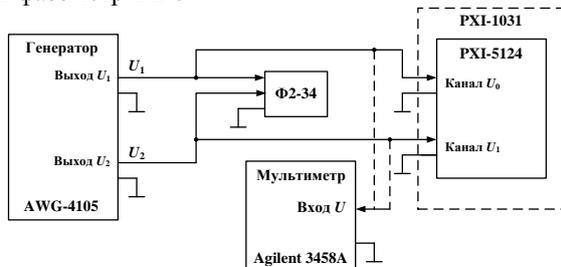


Рис. 2. Схема проведения измерений параметров сигналов

С генератора формировались сигналы напряжения синусоидальной формы различной амплитуды и фазовыми сдвигами между ними. В табл. 1. представлены результаты измерений мощностей, фазового угла между сигналами для случая:  $S = 6 \text{ ВА}$ ,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $P = 4,24 \text{ Вт}$ ,  $Q = 4,24 \text{ Вар}$ .

Таблица 1. Результаты измерений  $P$ ,  $S$ ,  $Q$ ,  $\varphi$  и соответствующие погрешности

Определяемые значения	Частота сигнала $f$ , кГц				
	0,045	0,060	1	5	10
$S_{\text{изм.}}$ , ВА	6,00	6,00	6,00	6,00	6,01
$\delta_S$ , %	0	0	0	0	-0,17
$P_{\text{изм.}}$ , Вт	4,22	4,22	4,24	4,21	4,20
$\delta_P$ , %	0,6	0,5	0,16	0,8	0,9
$Q_{\text{изм.}}$ , Вар	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32
$\delta_Q$ , %	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8
$\varphi$ , град.	45,22	45,18	45,25	45,4	45,5
$\Delta\varphi$ , град.	0,22	0,18	0,25	0,4	0,5

Результаты измерений параметров сигналов показывают, что они не превышают допустимое значение основной погрешности PXI-5124 [7].

#### Заключение

Результаты экспериментальных исследований показывают, что измеритель мощности обеспечивает измерение мощности в частотном диапазоне от 45 Гц до 10 кГц. Погрешность измерений активной и полной мощностей находится в пределах  $\pm 1 \%$ , а реактивной мощности –  $\pm 2 \%$ .

Модульная структура предлагаемого прибора позволяет адаптировать ее к требованиям заказчика, а ее параметры могут быть улучшены путем добавления новых аппаратных и программных модулей в состав измерителя мощности. Дополнив соответствующими программными модулями возможно проведение спектрального анализа сигналов.

#### Литература

- ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. с 1999-01-01. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 61 с.
- Безикович А.Я., Шапиро Е.З. Измерение мощности в звуковом диапазоне частот. – Л.: Энергия, 1980. – 168 с.
- Budeanu C.I. Puisslances reactiv'es et fictives. – Bucharest: Inst. Romain de l'Energie, 1927.
- Fryze S. Active, reactive and apparent power in circuits with non sinusoidal voltage and current // Przegl. Elektrotech. – 1931. – № 7, 8; 1932. – P. 193–203.
- AWG-4105 генератор сигналов специальной формы. URL:

[http://www.aktakom.ru/kio/index.php?ELEMENT\\_ID=42426&phrase\\_id=252623](http://www.aktakom.ru/kio/index.php?ELEMENT_ID=42426&phrase_id=252623) (дата обращения: 30.09.2012).

6. PXI Platform. 2012. URL: <http://www.ni.com/pxi> (дата обращения: 30.09.2012).

7. NI PXI/PCI-5124 Specifications. 12-Bit 200 MS/s Digitizer. 2008. URL:

<http://www.ni.com/pdf/manuals/371135h.pdf> (дата обращения: 30.09.2012).

8. Силушкин С.В., Муравьев С.В., Фомичев Ю.М., Емельянова Е.Ю. Цифровой измеритель мощности сигналов сложной формы на базе PXI-платформы. // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 4.

## DETERMINATION OF HIGH-FREQUENCY CHARACTERISTICS SHUNTS

E. Yu Kuznetsova

Tomsk Polytechnic University

E-mail: [katua1993k1@mai.ru](mailto:katua1993k1@mai.ru)

### Introduction

The modern development of high power associated with the need generate and measure the large pulsed currents. These currents can reach values of the order of hundreds of kA at a pulse length to hundreds of milliseconds, and their measurement is greatly complicated formation of strong magnetic fields, electrodynamic forces and the effects of dispersion. In the conditions of significant electromagnetic noise using high-current non-inductive shunts [1].

A topical task definition of the metrological characteristics of dynamical current shunts, which requires for its solutions availability costly sources of harmonic or pulsed current with large amplitude or unwieldy methods of measuring low impedance of shunt.

The purpose of this paper is an experimental study of the pulse method for determining of dynamical pulse of the metrological characteristics of current bypass grafts on the example high current shunt to 20 kA.

### The method of determining the dynamic characteristics of high current shunt

The problem of determination of the metrological characteristics of dynamical current shunts can be solved by filing to the input of current shunt short pulse of current. In this case, the inlet and outlet signals of the shunt must be written to the memory digital oscilloscope and determine their spectra. Amplitude-and phase-frequency characteristics are determined by the arithmetic ratio of spectral densities of the input and output signals at the appropriate frequencies. The authors have proposed and investigated the algorithm implementation the indicated method for to determine the frequency characteristics of the converter current [3]. The algorithm has been implemented on the MATLAB technical computing, language and was tested to determine the amplitude-and phase-frequency characteristics of the integrating RC-circuit.

Studies have shown that the method is applicable only for chains that are in the frequency range described by differential equations of the first order.

For circuits of a higher order the method is limited of a minimum width of resonances, which can be distinguishable as a result of the Fourier transform.

### Experimental studies of AFC and PFC high current shunt

The proposed method is applied for experimental determination amplitude and phase characteristics of the shunt coaxial design, intended for measurement pulse current amplitude up to 20 kA. [1] Material of the internal cylinder of the resistive path of shunt is manganin, the outer cylinder - copper. Active resistance of the shunt is about 170 m $\Omega$ . For this experiment was developed and produced shaper of a current pulse. The electrical schematic diagram of shaper is shown in fig. 1.

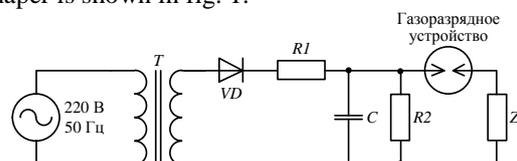


Fig. 1. The electrical schematic diagram of shaper

In Fig. 2 shows typical oscillograms of signals obtained from the output of a standard current transformer (curve 1) and shunt (curve 2).

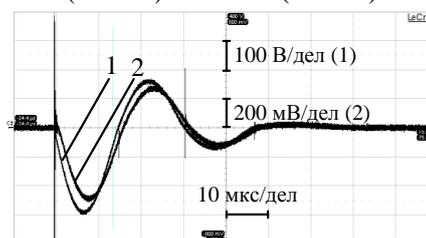


Fig. 2. Signals from the outputs a standard current transformer (curve 1) and high-current shunt (curve 2)

As seen from the oscillograms, pulse amplitude of current flowing through the shunt, reaches a value of ~ 3 kA. The output from the shunt has a sharp emissions caused transition processes, overlay flowing through through the shunt current and oscillations in the shunt having frequency of 30 MHz.

Signals in Fig. 2, for illustration purposes are brought to one scale.

Obtained according to the described by the authors in [2] experimental frequency and phase response shunt shown in Fig. 3.

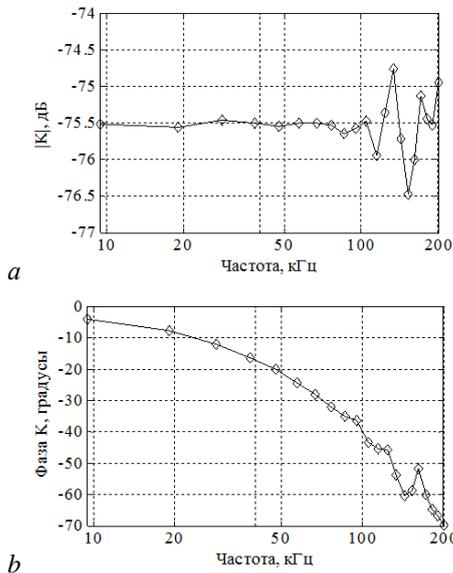


Fig. 3. Transfer coefficient of the high-shunt: a) AFC and b) PFC

From these characteristics see that in frequency range up to 100 kHz, shunt has a linear transfer coefficient  $|K|$  on amplitude of around 75.5 dB. PFC curve in this case a uniform decline. In such a way, the shunt behaves as a link of the first order. Note that the frequency range of the investigated shunt not limited to the value 100 kHz. However, increases with increasing frequency error of transfer coefficient. In Fig. 4 shows the result of the calculation of this error.

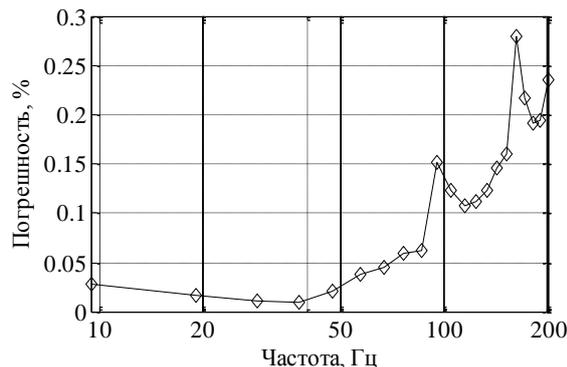


Fig. 5. Error of determination the coefficient of transmission of the high-current shunt

Calculations show that for frequencies up to 90 kHz, the error does not exceed 0.1%. At higher frequencies, the behavior of the shunt is complex, can not be described in the linear model, which leads to an increase in errors. Also increase of errors with increasing frequency is connected with resonance phenomena in the connecting wires and noises in the used equipment. Measurements made at these frequencies will lead to incorrect results. In such a way, the value 100 kHz bandwidth limits the ability to bypass the submission of its linear model.

### Conclusions

Experimentally was investigated method of determining the amplitude and phase response of linear circuits. Application of the method for the high-current shunt allowed to determine its coefficient of transmission at frequencies up to 90 kHz with error not exceeding 0.1% at the amplitude of the probing current pulse of about 3 kA. Proposed method of not require the use of expensive equipment to generate harmonic or pulse currents of large amplitude. The use of digital processing allows significantly reduce the complexity of determining the metrological characteristics of a high-power equipment.

### References

1. Muravyov S.V., Borikov V.N., Natalinova N.M. A computer system: measurement of welding surge currents // Measurement and Control. - 2009. - V. 42. - № 3. - P. 44-47.
2. Cherbaucich C., Crotti G., Kuljaca N., Novo M. Evaluation of the dynamic behaviour of heavy current shunts // Metrology in the 3rd Millennium: Proc. XVII IMEKO World Congress. - 22-27 June, 2003. - Dubrovnik, Croatia, 2003. - P. 586-589.
3. Zarevich AI Ants SV Bedareva EV, Velichko ON Digital processing of pulsed signals to determine the frequency characteristics of the current transducers // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. - 2012. - T. 320. - № 5. - S. 116-120.

## DEVELOPMENT OF THE INDUCTIVE MEASURING CONVERTER

A.V. Rogovyh, E.S. Vasilevskaya

Tomsk polytechnic university  
nastya\_rogovyh@mail.ru

Resistive and inductive converters are the basis for the construction of wide-ranging voltage and current transformers, which are used for forming test signals. Such items are necessary for determining metrological characteristics of modern electronics components. These products are in demand by companies which produce equipment, testing and metrology laboratories and in industries such as mechanical engineering, aviation and rocket-space industry, engine, electrical, electronic and radio electronics, shipbuilding, and others (including the field of defense production).

The purpose of our research is to carry out theoretical and experimental research to develop inductive transducers.

After reviewing the literature and conducting patent investigations the construction requirements were formulated for inductive voltage divider, which must have the following metrological characteristics:

- 1) the top border of a dynamic range – up to 10 V of the active values;
- 2) scale spacing –  $10^{-6}$  from value of a signal at the divider entrance;
- 3) reducing inaccuracy of large-scale transformation in all dynamic and frequency ranges in comparison with existing prototypes.

Components of IVD's (Inductive Voltage Divider) research was carried out in three stages. At the first stage, the dispersion of magnetic permeability was determined. At the second stage, impedance windings for wounded decades were measured. At the third stage, the relative inaccuracy of the coefficient of decades divider were determined.

Four cores, made of a material GM 501 (GAMMAMET ® 501) to create a low-frequency part of the IVD, were used. The cores are made of tape thickness of 25 microns with an amorphous structure by rapid quenching of the cobalt-based alloy and are placed in plastic protective containers. The cross-section of the core, indicating labeling sizes shown in Figure 1, and the typical physical properties of GM 501 are shown in Table 1.

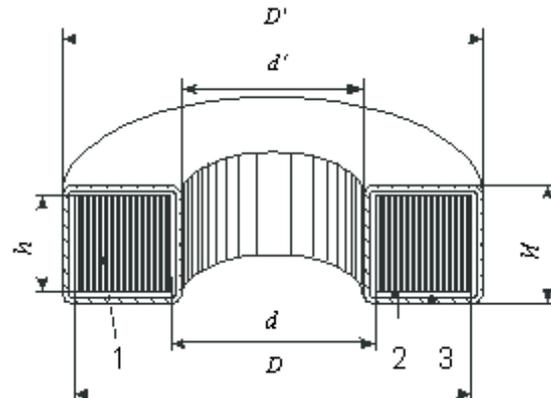


Fig. 1. The cross-section of the core: 1 – tape magnetic; 2 – damping filler; 3 – protective container

Table 1. Physical properties of a material of GM 501

Property of a material	Value
Magnetic induction of saturation B800	0,43 T
Maximum relative permeability	600000
Coercive force	0,15 A/m
Factor of squareness $V_r/B_{800}$	0,6
Saturation magnetostriction	$<0,2 \times 10^{-6}$
The electrical resistivity	$1,4 \times 10^{-6} \text{ Ohm} \times \text{m}$
Density	$7700 \text{ kg/m}^3$
Curie temperature	160 °C
Crystallization temperature	570 °C
Factor of thermal linear expansion	$11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Specific magnetic losses at frequency $3 < f < 200 \text{ kHz}$	$P = 3,6 \times 10^{-6} f^{1,72} B_m^{2,12}, \text{ W/kg}$ f – frequency, Hz, $B_m$ – the maximum magnetic induction, T

The calculation of the impedance has inductive-capacitive nature and differs from the results of the experiment, because of influence of the leakage inductance of the windings.

The core used as the first stage for the two-stage construction with the winding of section Universal type, is given in fig. 2.

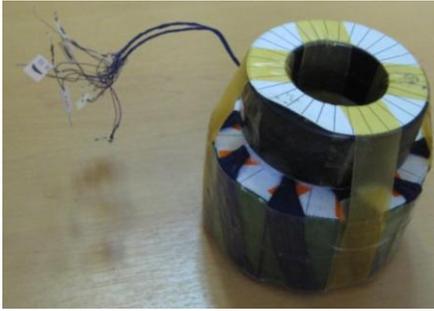


Fig. 2. Two steps of the first and second decades of IVD

Physical configuration of the inductive voltage divider which was created is shown in Figure 3, and its metrological characteristics are shown in Table 2.



Fig. 3. Physical configuration of the inductive voltage divider

Table 2. Technical characteristics of developed IVD

Characteristic	Value
Number of decades	6
Number of steps of the first and second decades	2
Number of channels	2
Operating Frequency Range	(0,02–1000) kHz
Input impedance (on frequency of 1 kHz)	100 k Ohm, 250 H
Output impedance (on frequency of 1	2 Ohm,

Characteristic	Value
kHz)	300 м H
Allowable input voltage, V (f - frequency of the input signal)	0,47 f
The maximum allowable input voltage	350 V
Maximum permissible voltage setting error ratio (on frequency of 1 kHz)	± (0,01 – 0,4) %

The obtained results can also be applied in the development and research of various intellectual tools of accounting and measurement of the parameters of electrical energy (electricity meters, watt meters, varmeter, power factor meter, etc.). Multifunctional digital SR (measuring instruments and systems which allow analyzing dozens of electrical variables and parameters of the energy networks simultaneously and in real time) made on their basis, may in the next decade become the main means of electricity accounting and quality control.

#### Conclusion

As a result, new inductive voltage divider, developed in the Institute of Cybernetics at the Chair of CMSM (Department of Computer Measurement Systems and Metrology), was analyzed. Also element base of divider components was investigated. The results of the research, in particular, can be recommended to be used for testing semiconductor power of electronic components or for testing the power of electrical equipment to measure complex shape currents in various industrial processes.

#### Literature

1. Isachenko V.P., Osipov V.A., Sukomel A.S. Heat transfer: The textbook for higher education institutions. – M: Energoizdat, 1981. – 416 pages.
2. Vexler M. S., Teplinsky A.M. Shunt of an alternating current. – L.: Energoatomizdat, 1987. – 120 pages.
3. Danilov A.A. Kodoupravlyaemy divider of tension as measure of linearity of function of measuring instruments / A.A transformation. Danilov, G. P. Shlykov//Measuring equipment. – 1996. – N 3. – Page 52-55.

## THE PULSE SIGNALS DIGITAL PROCESSING

D.G. Soltanova

The National Research Tomsk Polytechnic University

E-mail: [dianasol@sibmail.com](mailto:dianasol@sibmail.com)

### Introduction

The modern development of high power energetics is linked with the necessity to generate and measure high surge currents. These currents can reach hundreds of kA with a pulse length to hundreds of milliseconds, and their measurement is greatly complicated by the formation of strong magnetic fields, electrodynamic forces and the effects of dispersion. In conditions of high electromagnetic

interference non-inductive high current shunts are used [1,2]. The task of dynamic metrological characteristics determining is urgent for such converters.

The purpose of this paper is a description of pulse signals digital processing algorithm, received by the determination of amplitude- and phase-frequency characteristics, which was designed by the group of researchers of chair CMSM.

### The algorithm of impulse signals digital processing

Short pulse current is supplied in the determining dynamic characteristics method to the input of the converter, input and output signals are stored in oscilloscope and then are exposed to spectral changes. The required frequency and phase response functions are determined by the arithmetic ratio of the spectral density of the input and output signals at the appropriate frequencies. [3]

The method is suitable only for circuits that are described by differential equations of the first order in the frequency range. The method is limited for circuits of a higher order by the minimum width of resonances, which can be distinguished by spectral analysis.

Method algorithm is implemented in technical computing language of MATLAB. [4] Thus, the time of calculation and error of calculations are significantly reduced.

The input and output signals of the shunt obtained in the experiment are represented by a sequence of  $N$  elements  $x(t_k)$ , where  $t_k$  - the time of registration of the  $k^{\text{th}}$  element in the sequence ( $1 \leq k \leq N$ );  $x(t_k)$  - the input signal and  $y(t_k)$  - output signal. Discrete Fourier transformation (DFT), applied to signals, will give their spectral composition in the form of the corresponding vectors of complex numbers  $X(\omega_k)$  and  $Y(\omega_k)$ :

$$X(\omega_k) = \sum_{j=1}^N x(t_j) \omega_N^{(j-1)(k-1)},$$

$$Y(\omega_k) = \sum_{j=1}^N y(t_j) \omega_N^{(j-1)(k-1)}, \quad \omega_N = e^{-2\pi i/N},$$

where  $\omega_k$  - frequency vector corresponding to the complex vectors  $X(\omega_k)$  and  $Y(\omega_k)$ , and which is obtained from the basis of the Nyquist sample length and frequency.

In the real physical experiment pulse signal is always noisy and unstable. Also measurement tools add their error. The impact of these random factors is reduced by repeated measurements and the averaging of results over the ensemble.

With a constant sample size  $N$  and the immutability of digital oscilloscope sweep duration, the frequencies of DFT components  $\omega_k$  still unchanged and are independent of signal offset from the start of the selection. Consequently, the noise and distortion of measured signals will lead to random error of spectral components at fixed frequencies.

In the assumption, that the random errors are subject to the normal law, the accuracy of the practical application of the method improving can be achieved by uniform averaging over an ensemble of realizations of the spectral components of signal at a fixed frequency. Averaged spectral component signals  $\bar{X}(f_k)$  and  $\bar{Y}(f_k)$  are calculated by the expressions:

$$\bar{X}(f_k) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j(f_k),$$

$$\bar{Y}(f_k) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Y_j(f_k), \quad (1)$$

where  $X_j(f_k)$ ,  $Y_j(f_k)$  - spectral components of the signal at a fixed frequency  $f_k$ ,  $n$  - the number of elements in the sequence,  $k$  - the number of the element.

The transfer coefficient of shunt is determined to find AFC and PFC:  $\bar{K}(f_k) = \frac{\bar{Y}(f_k)}{\bar{X}(f_k)}$ . (2)

The error of this method is assessed by the coherence function  $\gamma_{xy}$  between the spectral densities signal-response  $\sum_{j=1}^n |\bar{Y}_j(f_k)|^2$  and test signal

$\sum_{j=1}^n |\bar{X}_j(f_k)|^2$ , as it is suggested in [4]:

$$\bar{\gamma}_{xy}^2(f_k) = \frac{\left| \sum_{j=1}^n \bar{X}_j^*(f_k) \bar{Y}_j(f_k) \right|^2}{\sum_{j=1}^n |\bar{X}_j(f_k)|^2 \sum_{j=1}^n |\bar{Y}_j(f_k)|^2}. \quad (3)$$

The relative error of the transfer coefficient  $K(f_k)$  determining can be obtained from (4) in the following

$$\text{way: } \sigma(\bar{K}(f_k)) = \frac{1}{\sqrt{2n}} \frac{\sqrt{1 - \bar{\gamma}_{xy}^2(f_k)}}{|\bar{\gamma}_{xy}(f_k)|}. \quad (4)$$

**Algorithm.** The determining of AFC and PFC for converter

21: let:

$N$  - the sequence length of instantaneous samples of input and output signals;

$n$  - the number of pulses in the ensemble;

$t_k$  - reference time;

$x(t_k)$  and  $y(t_k)$  - instantaneous,  $\bar{x}$  and  $\bar{y}$  - averaged samples of input and output signals;

$N_2$  - the length of sequence, that is multiple to degree 2;

$f_k$  - the frequencies of spectral components of the signal;

$X(f_k)$ ,  $Y(f_k)$ ,  $\bar{X}(f_k)$  and  $\bar{Y}(f_k)$  - signal spectral components and their average values

22: **for**  $j = 1, n$  **do**

23: Downloading of instantaneous samples of input  $\langle t_k, x(t_k) \rangle$  and output  $\langle t_k, y(t_k) \rangle$  signals

24: Determining of the sequences samples length  $N$

25: Distribution of downloaded samples in 3 sequences:  $t_k, x(t_k)$  и  $y(t_k)$

26: ► The check  $N$  on multiplicity of degree 2

**if**  $N \neq 2^{\lceil \log_2 N \rceil}$  **then**

27: ► Search for the average value of sequences  $x(t_k)$  and  $y(t_k)$

$$\bar{x} \leftarrow \frac{4}{N} \sum_{j=\lceil \frac{3}{4}N \rceil}^N x(t_j), \bar{y} \leftarrow \frac{4}{N} \sum_{j=\lceil \frac{3}{4}N \rceil}^N y(t_j)$$

$$\text{for } k = \left\lceil \frac{3}{4}N \right\rceil, \dots, N$$

28: ► Definition of new sequence length samples

$$N_2 \leftarrow 2^{\lceil \log_2 N \rceil}$$

29: Increase of sequence lengths  $x(t_k)$  and  $y(t_k)$  to  $N_2$

30: ► Instantaneous samples extrapolation  $x(t_k) = \bar{x}$ ,  $y(t_k) = \bar{y}$  for  $k = N + 1, \dots, N_2$

31: **end if**

$$32: N \leftarrow N_2$$

33: Determination of quantization step  $t_s$  as average difference between neighboring elements in sequence  $t_k$

34: Application of procedure FFT and determining of signal spectral components  $X$  and  $Y$  to the sequences of samples  $x$  and  $y$

35: ► Determination of signal spectral components frequencies  $f_k$   $f_k \leftarrow k/2t_s$  для  $k = 0, \dots, N/2 + 1$

36: ► Averaging of signal spectral components

$$\bar{X}(f_k) \leftarrow \bar{X}(f_k) + \frac{1}{n} X_j(f_k);$$

$$\bar{Y}(f_k) \leftarrow \bar{Y}(f_k) + \frac{1}{n} Y_j(f_k)$$

37: **end for**

38: Determination of AFC  $|K(f_k)|$  and PFC  $\arg(K(f_k))$  (1) and (2)

39: Determination of coherence function  $\gamma_{xy}(f_k)$  and standard deviation  $\sigma(f_k)$  through expressions (3) and (4)

40: Visualization and saving results.

### Conclusion

In this article the algorithm of pulse signals digital processing was analyzed. The algorithm is based on a joint digital processing of ensemble-averaged instantaneous samples of the input short pulse impact and the response to it. The frequency dependence of the transfer coefficient is calculated using the fast Fourier transform voltage from the outputs of the testing and standard converters.

### References

1. Veksler M.S., Teplinskii A.M. The alternating current shunts. – L.: Energoatomizdat, 1987. – 120 p.
2. Muravyov S.V., Borikov V.N., Natalinova N.M. A computer system: measurement of welding surge currents // Measurement and Control. – 2009. – V. 42. – № 3. – P. 44–47.
3. Cherbaucich C., Crotti G., Kuljaca N., Novo M. Evaluation of the dynamic behaviour of heavy

current shunts // Metrology in the 3<sup>rd</sup> Millennium: Proc. XVII IMEKO World Congress. – 22–27 June, 2003. – Dubrovnik, Croatia, 2003. – P. 586–589.

4. Methjus D.G., Fink K.D. The numerical methods. The usage of MATLAB, 3-dedition.: Transl. from eng. – M.: «Williams», 2001. – 720p.

5. Bendat J.S., Pirsol A.J. The application of correlation and spectral analysis. – M.: Mir, 1983. – 312 p.

## **СЕКЦИЯ 8. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И ДИЗАЙН**

## СТИЛЬ РОКОКО В ПРОМЫШЛЕННОМ ДИЗАЙНЕ

Филонова А.С., Радченко В.Ю.

Томский политехнический университет  
[bookaska@mail.ru](mailto:bookaska@mail.ru)

### Введение

Сегодня очень трудно вообще назвать хотя бы один товар, над образом которого не потрудились бы промышленные дизайнеры. В наши дни промышленный дизайн применяется практически в каждом товаре. Однако до недавнего времени существовала одна проблема: внешний вид, был совсем непрезентабельным. Промышленный дизайн - отрасль дизайна, область художественно-технической деятельности, целью которой является определение формальных качеств, промышленно производимых изделий, а именно, их структурных и функциональных особенностей и внешнего вида.

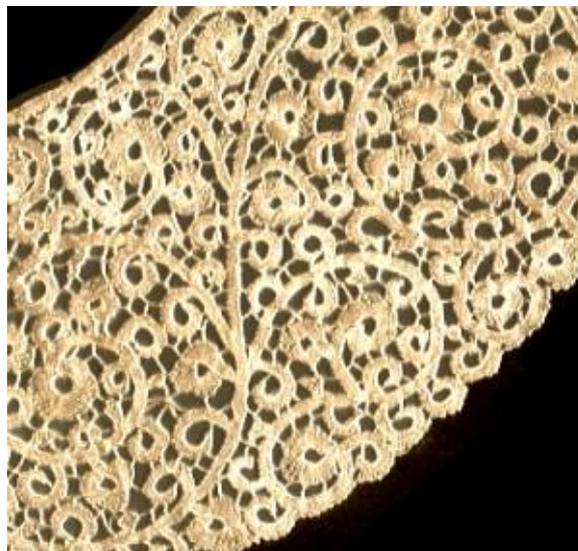


Промышленный дизайн, появился тогда, когда появилось промышленное производство.

Рококо – стиль в искусстве, возникший во Франции в первой половине XVIII века как развитие стиля барокко. Характерными чертами рококо являются изысканность, большая декоративная нагруженность интерьеров и композиций, грациозный орнаментный ритм.

Основной элемент стиля – завиток и картель – забытый термин, применявшийся для наименования рокайльных картушек.

Основой данного стиля являются пастельные тона, так же лиловый, салатовый, розовый и мраморные цвета.



С целью выполнения работы, было выявлена совместимость стиля рококо в промышленном дизайне.

Стиль – объединение художественных средств, представляющих собой определенное направление.

Основной задачей было выявить совместимость стиля рококо в промышленном дизайне, который будет использоваться в повседневности человека.

Промышленные образцы в стиле рококо отличаются характерными чертами. Одна из самых ярких черт — изогнутые линии, изогнутые ножки (если образцом является мебель). Промышленный образец становится более легким, изящным и комфортным.



### Функциональные возможности

Такой промышленный образец в стиле рококо имеет преимущество перед своими аналогами и функциональности. Его функции заключаются в качестве, многофункциональности, уникальности и комфорте при использовании промышленного образца.

Стиль рококо часто используется в интерьере и это так же дает ему преимущество использоваться в промышленном дизайне.



### Заключение

В процессе выполнения учебного задания был проведён анализ совместимости стиля рококо в промышленном дизайне. На основе существующих аналогов было выявлено, что совместимость стиля рококо допускается в промышленном дизайне. Так как этот стиль

пригоден в использовании и употреблении в промышленном дизайне человеком.



### Список используемых источников

1. Рококо [Электронный ресурс] режим доступа - <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%EE%EA%EE%EA%EE>
2. Промышленный дизайн [Электронный ресурс] режим доступа - [http://ru.wikipedia.org/wiki/%CF%F0%EE%EC%FB%F8%EB%E5%ED%ED%FB%E9\\_%E4%E8%E7%E0%E9%ED](http://ru.wikipedia.org/wiki/%CF%F0%EE%EC%FB%F8%EB%E5%ED%ED%FB%E9_%E4%E8%E7%E0%E9%ED); <http://solidworks.tpu.ru/chapter.php?cid=151>; <http://www.grundfos.ru/presscenter/articles/item/promdesign>
3. Стиль Рококо в интерьере [Электронный ресурс] режим доступа - <http://stroifirm.ru/articles/arhitektura-i-dizayn/33-stil-rokoko-v-interere.html>.

## AUTODESK 3DS MAX

Говяшов И.А., Опольский В.В.

Р.Г. Долотова, Н. А. Антипина  
Томский политехнический университет  
[dolot63@mail.ru](mailto:dolot63@mail.ru)

### Введение

Autodesk 3ds Max (ранее 3D Studio MAX) — полнофункциональная профессиональная программная система для создания и редактирования трехмерной графики и анимации, разработанная компанией Autodesk. Содержит самые современные средства для художников и специалистов в области мультимедиа. Работает в операционных системах Microsoft Windows и Windows NT (как в 32 битных, так и в 64 битных).

Первая версия пакета под названием 3D Studio DOS была выпущена в 1990 году. Разработками пакета занималась независимая студия Yost Group, созданная программистом Гари Йостом. Autodesk на первых порах занимался только изданием пакета. Первые четыре релиза носили наименование 3D Studio DOS (1990—1994 годы). Затем пакет был переписан заново под Windows

NT и переименован в 3D Studio MAX (1996—1999 годы). Нумерация версий началась заново.

В 2000—2004 годах пакет выпускается под маркой Discreet 3dsmax, а с 2005 года — Autodesk 3ds MAX. Актуальная версия носит название Autodesk 3ds MAX 2013 (индекс 15.0).

### История пакета

История создания 3ds max загадочна. По официальной версии, все начиналось в 1986, когда компания Autodesk занялась разработкой пакета компьютерной анимации. Основными разработчиками были Джейми Клей (Jamie Clay) и основатель Autodesk Джон Уолкер (John Walker). Программа получила название AutoFix.

В 1988 году Гари Йост (Gary Yost) покинул группу Antic по разработке программного обеспечения для компьютеров Atari и создал Yost Group, Inc., куда пригласил Тома Хадсона (Tom

Hudson) и Джека Пауэла (Jack Powell). При этом Йост покинул Atari отнюдь не по велению сердца, а после переговоров с Эриком Лайонсем (Eric Lyons), в то время директора по новым проектам Autodesk. Yost Group приступает к работе над Autodesk 3D Studio. В 1990 году группа анонсирует первый релиз программы (под DOS), попутно перед этим умудрившись выпустить в свет пакет Autodesk Animator – пакет построения изображений и 2D анимации.

Далее начинаются какие-то странности. Известно, что пакет 3ds max (3D Studio) никогда не выходил ни под чьим именем, кроме Autodesk. В тоже время Хадсон утверждает, что права на 3ds Max были проданы Autodesk только в 2001 году. В то же время при упоминании Autodesk Animator, всплывает имя Джима Кента (Jim Kent), создателя Cyber Paint — программы 2D графики и анимации - для Atari ST, который якобы и создал исходный код Animator. Но Кент в то время работал непосредственно на Autodesk и к Yost Group не имел прямого отношения.

В апреле 1996-го выходит анонсированная на SIGGRAPH'95 версия 3D Studio под Windows. Теперь она носит название 3D Studio MAX. Кстати, у Autodesk с фантазией все в порядке, и впоследствии неоднократно переименовывая программу, официальные названия будут 3dsmax, 3ds Max, вплоть до нынешнего наименования Autodesk 3ds Max. В сентябре 1997-го поступает в продажу 3D Studio MAX 2.0, ну а дальше разработчики взяли хорошую для своей бухгалтерии и крайне неприятную для пользователей привычку выпускать новую версию программы не реже раза год — всего 16 основных релизов, включая последний Autodesk 3ds Max 2010.

Интересно отметить, что в Северной Америке стоимость любого нового релиза, начиная с 1996 года, составляет всегда 3,495 долларов (в России на сегодня — 138 800.00 руб., что, заметим, существенно дороже, чем в Америке).

Обратите внимание, что 3Д Макс, вообще говоря, существует в двух видах: 3ds Max и 3ds Max Design. Во второй добавлена технология расчета освещения Exposure и отсутствует набор средств для разработки - SDK (Software Development Kit). 3ds Max предназначен для специалистов в области разработки графики и анимации, 3ds Max Design — для архитекторов, инженеров и дизайнеров. [1]

#### Возможности

3ds Max располагает обширными средствами для создания разнообразных по форме и сложности трёхмерных компьютерных моделей, с использованием разнообразных техник и механизмов, включающих следующие:

- полигональное моделирование, в которое входят Editable mesh (редактируемая поверхность) и Editable poly (редактируемый полигон) — это

самый распространённый метод моделирования, используется для создания сложных моделей и низко-полигональных моделей для игр рис. 1.

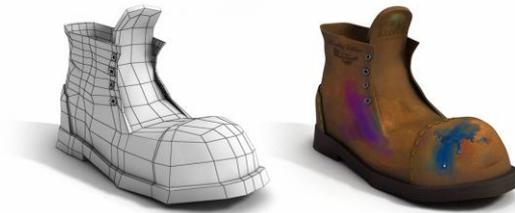


Рис. 1. Полигональное моделирование

- моделирование на основе неоднородных рациональных В-сплайнов (NURBS); моделирование на основе т. н. «сеток кусков» или поверхностей рис. 2.

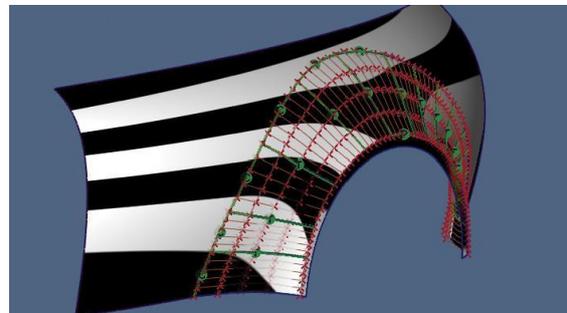


Рис. 2. Моделирование на основе поверхностей

- Безье (Editable patch) — подходит для моделирования тел вращения



Рис. 3. Моделирование тел вращения

Методы моделирования могут сочетаться друг с другом. Стандартный объект «Чайник» (Teapot) входит в этот набор в силу исторических причин: он используется для тестов материалов и освещения в сцене, и, кроме того, давно стал своеобразным символом трёхмерной графики. [2], [3]

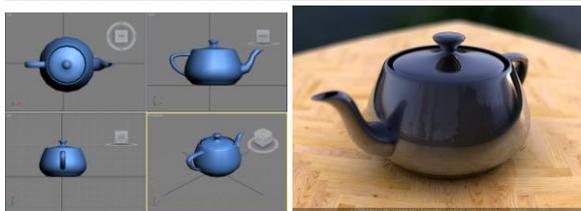


Рис. 4. Моделирование объект «Чайник» (Teapot)

#### Причины популярности 3DS Max в России

Исторически сложилось так, что в России мы говорим 3D, подразумеваем 3D Max. Говорим 3D Max – подразумеваем 3D графику и анимацию. Тому есть три простых объяснения.

Во-первых, 3D Max давно появился. Некоторая часть 3D художников еще помнит 3D Studio под DOS.

Во-вторых, 3D Max относительно легко доступен на просторах нашей родины.

В-третьих, 3D Max относительно прост. 3ds Max — это высокопрофессиональный программный пакет. Один список фильмов, созданных с его применением, чего стоит: «Гарри Поттер и узник Азкабана», «Лара Крофт: расхитительница гробниц», «Человек-паук», «Люди Х», «История игрушек». «Трансформеры 2» и сотни других. Про рекламные ролики и клипы даже не говорим — их сотни тысяч.

Есть, однако, одна область, в которой 3D Max принадлежит (во всяком случае, в России) абсолютное первое место. Это архитектура и дизайн интерьеров.

Архитектура и дизайн интерьеров на протяжении веков страдали этаким раздвоением личности. С одной стороны, в них практически все определяется визуальным рядом, с другой — пока не построено, показать нечего. Чертежи архитекторов? - Так для непосвященного человека в них разобраться и понять, как все-таки будет выглядеть новый дом, можно с весьма большой натяжкой. Рисунки дизайнеров по интерьеру? - Пока качественно обрисуешь десяток возможных

вариантов планировки, уже новые коллекции мебели выйдут. Поэтому появление в середине 80-х годов прошлого века программ 3D моделирования стало для архитекторов и дизайнеров огромным открытием.

Популярность же именно 3ds Max у архитектурных бюро и дизайн-студий держится на трех китах.

Первое. Относительная простота пакета и удобство моделирования в 3D Max различных неорганических объектов.

Второе. Огромное количество библиотек с уже готовыми текстурами, материалами, предметами мебели, элементами интерьеров.

Третье — V-Ray, система визуализации изображения, разработанная компанией Chaos Group, мощный инструмент визуализации, поддерживающий Depth of Field (глубина резкости), Motion Blur (эффект «размытия» в движении), Displacement (карта смещения, с увеличением детализации трехмерных объектов). Кроме этого, V-ray имеет собственные источники освещения, систему солнце-небосвод для реалистичного освещения естественным светом, и физическую камеру с параметрами, аналогичными реальным фото- и видеокамерам. [4]

#### Литература

1. Келли Мэрдок. 3ds Max 2012. Библия пользователя - 3ds Max 2012 Bible. — М.: «Диалектика», 2012

2. Швембергер С., Щербаков И., Горончаровский В. 3ds Max: художественное моделирование и специальные эффекты. — С.: «БХВ-Петербург», 2006

3. Кулагин Б. Ю, Яцюк О. Г. 3ds Max в дизайне среды. — 1-е издание. — С.: «БХВ-Петербург», 2008.

4. Мир 3D [Электронный ресурс] <http://www.mir3d.ru/index.php>

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ГРАФФИТИ

Григорян С.А., Р.Г. Долотова

Томский политехнический университет

[ya-ser-yoga@yandex.ru](mailto:ya-ser-yoga@yandex.ru)

#### Введение

Граффити - (от итал. graffito - царапать) — изображения или надписи, выцарапанные, написанные или нарисованные краской на стенах и других поверхностях.

Граффити - это уличное искусство (так же как уличный театр, уличный танец, музыка улиц). Искусство улиц любопытно тем, что нисколько не меняется (суть его десятки тысячелетий назад была той же, что и сейчас), в отличие от «высоких», благородных искусств, которые подвержены метаморфозам — рождаются, стареют

и умирают. Когда очередное «высокое» искусство исчезает, в зарождении нового участвует именно искусство улиц.

#### Возникновение граффити и его развитие

Трудно поверить, что первые граффити - надписи и рисунки, в первоначальном значении карикатурного характера, были обнаружены на античных памятниках и древних сосудах. Первыми образцами граффити также считаются наскальные рисунки (рис. 1).



Рис. 1. Наскальные рисунки

Когда под слоем пепла нашли Помпеи, обнаружили обломки городской стены, покрытые множеством надписей. Эти надписи известны под названием "граффити Помпеи".

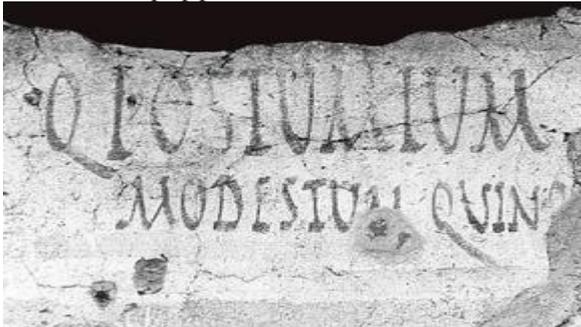


Рис. 2. Граффити Помпеи

Известны также образцы средневековых настенных граффити. Граффити с сакральным смыслом, очевидно, существуют и сейчас. В 1956 году фотограф Ага Гюлер запечатлел подобную надпись на стене в Стамбуле ("Аллах").



Рис. 3. Надпись на стене "Аллах" в Стамбуле

Возникновение современного граффити относится к 1920 годам и связано с появлением рисунков и надписей на вагонах в США, с деятельностью политических активистов, использующих граффити для пропаганды своих идей, и уличных группировок, для которых граффити было способом отметить свою территорию тегами. Теги представляли собой сокращённое имя и номер дома, в котором он живёт.



Рис. 4. Современное граффити

Ко второй половине XX века популярность граффити выросла настолько, что центр граффити-движения переместилась в Нью-Йорк, деятельность райтеров активизировалась, обращая на себя внимание официальной прессы.

Рост количества райтеров привёл к появлению соперничества между ними и их перемещению в зону железнодорожного депо, где райтеры имели возможность исполнять сложные работы с меньшим риском для себя. Конкуренция между райтерами привела к усложнению тегов, к появлению новых стилей в граффити, к увеличению размеров работ, к использованию контуров, к декорированию граффити узорами. Росло мастерство райтеров.

К середине 1970 годов сложились основные принципы граффити-культуры. На это время приходился пик популярности граффити, движение райтеров принимало соревновательный характер, граффити привлекло к себе внимание профессионалов.

В 1972 году Хуго Мартинес основал организацию «United Graffiti Artists» («Объединение художников граффити»), которая занялась популяризацией граффити-искусства, стремясь поставить его на профессиональную основу.



Рис. 5. Граффити-искусство

Однако на протяжении всей истории развития современного граффити со стороны управления метрополитеном и администраций городов различными способами с большим или меньшим успехом проводились акции по его ликвидации.

Поэтому уличное, по своей природе, искусство граффити искало новые пути и способы выражения. Новым витком усиления интереса американской и европейской публики к граффити стало:

- использование граффити в рекламных компаниях;
- создание студий граффити;

- предоставление граффити-художникам галерей;
- включение граффити в хип-хоп культуру;
- создание видеоклипов с использованием граффити;
- создание документального фильма «Войны стилей», снятого Национальным телевидением США;
- демонстрация граффити в Европе в рамках музыкального хип-хоп тура 1983 года;
- создание компьютерных игр с включением граффити и его виртуализации.

К середине 1980 годов пик моды на этот вид искусства прошёл, но многие райтеры сделали серьёзную карьеру. Граффити стало стартовой площадкой для художников и дизайнеров в Северной Америке и во всем мире. Многие райтеры превратились в художников, работающих в официальных галереях, причем зачастую используя в своем творчестве не только аэрозольную краску, свой первый инструмент, но и другие материалы. Некоторые граффитчики сделали карьеру в искусстве дизайна логотипов и иллюстраций одежды и обуви в известных компаниях DC Shoes, Adidas, Rebels Osiris, Nike, Lamborghini, Coca Cola, Stussy, Sony, Nasdaq и т.д.

После обретения повсеместной популярности и относительной законности, граффити перешло на новый уровень коммерциализации. В 2001 году компьютерный гигант IBM запустил рекламную кампанию в Чикаго и Сан-Франциско, в которой были показаны люди, рисующие аэрозольной краской на тротуарах символ мира, сердце и пингвина (Пингвин — талисман Linux). Так демонстрировался слоган «Мир, любовь и Linux».

В 2005 году подобную кампанию запустила корпорация Sony. На этот раз рекламировалась новая ручная игровая система PSP. Команда райтеров TATS CRU исполнила граффити для этой кампании в Нью-Йорке, Чикаго, Атланте, Филадельфии, Лос-Анджелесе и Майами. Граффити представляло собой изображение потрясенных городских детей, играющих с PSP,

словно это не игровая приставка, а скейтборд или игрушечный конь.

Также существует версия, что развитие уличных изображений поддержали предприимчивые торговцы, которые с помощью рисунков и зашифрованных надписей, сообщали место продажи, цены и прочее. Со временем, из секретного вида связи «графффити» превратилось в обычное средство общения подростков.

#### **Заключение**

Стиль и техника граффити как особого вида городского подземного искусства постоянно развиваются и совершенствуются. Каждая страна вносит нечто новое и свежее в это искусство. Но после того, как рисунки со стен города переместились на стены музеев, галерей и памятников архитектуры, встал вопрос о вандализме и провокационной сути граффити. В это же время отдельные работы писателей начинают выставляться в тех же музеях и становятся предметом повышенного спроса среди богатых коллекционеров.

Подводя итог вышесказанному, можно утверждать, что граффити является культурным феноменом, в той или иной форме встречаемым в любом обществе. Граффити можно рассматривать как конкретный манифест персональной и общественной идеологии, очень эффективный в плане визуального воздействия на людей.

#### **Литература.**

1. История граффити [Электронный ресурс]. Режим доступа [http:// www.graphitic.ru](http://www.graphitic.ru) свободный.
2. История возникновения граффити [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://graffitos.narod.ru/history> свободный.
3. Раппапорт А. Граффити и высокое искусство. М.: ГЦСИ, 2008.
4. Медведева О. Искусство граффити. Ростов-на-Дону, 2005.
5. Осипов Ю. Большая Российская энциклопедия. Москва, 2010.

## **ГРАФФТИ. ВАНДАЛИЗМ ИЛИ ИСКУССТВО?**

Григорян С.А., Долотова Р.Г.

Томский политехнический университет  
[ya-ser-yoga@yandex.ru](mailto:ya-ser-yoga@yandex.ru)

#### **Введение**

Граффити...Что это такое? Искусство или вандализм? Споры по этому поводу подогреваются разногласиями между блюстителями порядка и приверженцами граффити. Для одних это вандализм, для других – настоящее искусство.

Термин граффити применяется для классификации, как правило, запрещенного законом вида искусств. Сегодня граффити

ассоциируется в первую очередь с альтернативной формой городской культуры. В настоящее время граффити считают не искусством, а хулиганством, и пытаются с ними бороться, закрашивая покрытые ими стенами.

#### **Искусство или вандализм**

В чем связь вандализма и граффити? Согласно Большой советской энциклопедии вандализм – это «бессмысленное уничтожение культурных и материальных ценностей». Но в более широком

смысле вандализм означает вредительство, асоциальное поведение. Вот только граффити тут причем? Некоторые считают, что граффити – это своеобразная форма девиантного поведения, очень распространенная среди подростков и молодежи. С этим можно поспорить.

Во-первых, феномен граффити никто не изучал и никаких исследований никто не проводил. Во-вторых, граффити – это способ коммуникации в обществе, способ выразить свое мнение или донести какую-либо информацию, и при этом сделать это инкогнито. В зависимости от своего предназначения граффити могут быть публичными и личными, а могут быть содержательными надписями, сделанными в стиле «хип-хоп» рис. 1.

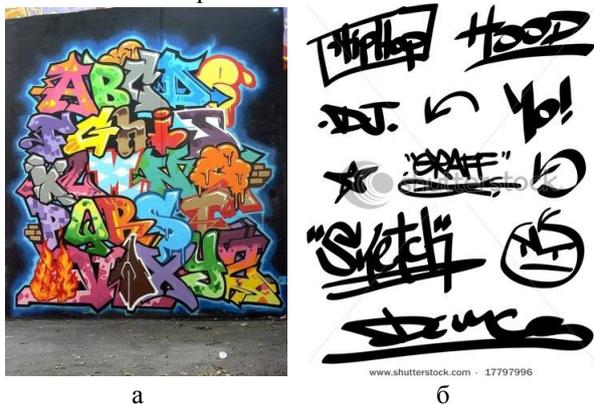


Рис. 1 Стили граффити: а) Writing; б) Tagging

И все-таки, почему люди берут в руки баллон с краской и идут рисовать? Причин тут много: это может быть и негативная реакция, а может быть всплеск положительных эмоций, может быть протест, а может быть и творческие мотивы.

Дать четкое определение, что же такое граффити, очень трудно, но большинство исследователей сошлись на том, что это средство коммуникации, основной характеристикой которого является публичный и неофициальный характер. Это своеобразная альтернатива традиционным способам выражать свое мнение.

Граффити – самое свободное (если так можно выразиться) из средств самовыражения. Пиши, рисуй, о чем хочешь, не боясь нарушить какие-либо нормы и правила, здесь нет никаких табу и запретов. В общем, полная свобода творчества. И такое творчество чаще всего мы видим на улице (стены зданий, гаражей, подземных переходов, таксофонные кабинки, асфальтовое покрытие во дворах и т. д.); транспорт тоже используют для рисования, и, конечно, нельзя забывать про подъезды и лестницы рис. 2.



Рис. 2 Фрагмент граффити на стене

Если говорить о крупных городах, то там есть так называемые галереи граффити, то есть стены, полностью изрисованные краской рис. 3.



Рис. 3. Галерея граффити

Многие райтеры поднимают тему о том, что граффити якобы умирает - старые его ценности, что касаются оригинальности и уважения потерянные. Это не правда. Просто проблемы осложнились вместе с самой культурой. Граффити стало более широким и страдает от собственного культурного развития. Ранее райтерам приходилось советовать с массой тех людей, которые говорили: «но разве это искусство?». Сегодня, бросив взгляд на какую-нибудь коллекцию современного граффити, кто-либо, за исключением, разве наиболее консервативного зрителя, поймет, что граффити - это искусство. Во многом такое положение вещей благодарит мировому буму на легально санкционированные пространства для граффити на протяжении последних десяти лет. Если кое-кто еще не видит в нелегальном граффити искусства, то немногие могут отрицать ценность легально санкционированных работ.



Рис. 4 Граффити - 3D style

Популярность граффити среди молодежи неуклонно растет. Да и общество относится к настенным рисункам более лояльно. Люди перестали так активно обсуждать уличные рисунки, да и осуждать граффитистов тоже перестали. Это явление больше не считается зазорным или асоциальным. Люди попросту привыкли к разноцветным городским стенам и подъездам.

Важно знать грань между культурой граффити и вандализмом. Объяснить молодому поколению то, что они рисуют (пишут) на стенах, давая не правильное понятие о граффити людям.

Граффити, в принципе, невозможно контролировать или искоренить путем наложения на него запретов. Поэтому как форма искусства и средство выражения взглядов оно гибко, всеохватывающе и свободно от цензуры. Это своего рода анонимный визуальный диалог писателя с другими членами общества.

После того, как рисунки со стен города переместились на стены музеев, галерей и памятников архитектуры, встал вопрос о вандализме и провокационной сути граффити. В это же время отдельные работы писателей

начинают выставляться в тех же музеях и становятся предметом повышенного спроса среди богатых коллекционеров.

Граффити на стенах городов - явление древнее и привычное. Когда появились виртуальные "стены" и "доски объявлений" в интернете, граффити появились и там. За неимением других средств, кроме букв, цифр, всяких символов и знаков препинания, люди стали создавать с их помощью надписи и забавные фразы-картинки, напоминающие формой графические стихи рис. 5.



Рис. 5 Интернет-граффити

Подобный вид творчества называется ASCII Art, шедевры этого жанра можно увидеть на специальных сайтах или, скажем, на дисках с компьютерными программами.

#### Заключение

Подводя итог вышесказанному, можно утверждать, что граффити является культурным феноменом, в той или иной форме встречаемым в любом обществе. Граффити можно рассматривать как конкретный манифест персональной и общественной идеологии, очень эффективный в плане визуального воздействия на людей.

#### Литература

1. История граффити [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.graphitic.ru> свободный.
2. История возникновения граффити [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://graffitos.narod.ru/history> свободный.
3. Раппапорт А. Граффити и высокое искусство. М.: ГЦСИ, 2008.
4. Медведева О. Искусство граффити. Ростов-на-Дону, 2005.

## РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА ПРОТИВОУДАРНОЙ УПАКОВКИ ДЛЯ РАЗНЫХ ВИДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛАМП

Кравченко М.А., Радченко В.Ю., Фех А.И.

Н.Н. Томский политехнический университет  
[krawmihail\\_89@mail.ru](mailto:krawmihail_89@mail.ru)

### Введение

В наше время существует проблема в хранении и транспортировке различных видов электрических ламп. Существующие аналоги уже

устарели. Сейчас лампы хранятся в квадратных картонных коробках и транспортируются в больших в ящиках. Т.е. сейчас не существует

соответствующих желанием производителей ламп противоударных упаковок.

С целью выполнения учебного задания был разработан концепт противоударной упаковки для электрических ламп разных видов.

Концепт – это не существующий объект созданный по аналогам существующих объектов относящихся к этой теме разработке проекта по созданию упаковки. Концепт объекта создаётся для его демонстрации и для последующей его реализации в производстве.

Основной задачей было разработать концепт упаковки, которая будет использоваться как в повседневной работе обслуживающего персонала, так и в безопасной транспортировке и хранении таких хрупких изделий как электрические лампы.

Данный концепт не содержит в себе каких либо сложных элементов несет в себе полезный функционал.

К упаковке так же были разработаны ячейки-вкладыши треугольной формы для составления своеобразной пирамиды, что позволяет экономить место в упаковке это нововведение будет полезно для транспортировки ламп в больших объёмов. Треугольная форма ячеек – вкладышей предаёт жёсткости и при ударах или падения вероятность повреждения лампы мало вероятно что значительно снижает риск поврежденной продукции при транспортировке или хранении или в использовании повседневной работе электриков.

Это универсальная многофункциональная упаковка может использоваться как в бытовых условиях, так и в промышленных масштабах.

#### **Функциональные возможности**

Такая упаковка имеет преимущество перед своими аналогами по функциональной части. Данная конструкция несёт несколько не мало важных функций. К таким функциям относятся хранение, транспортировка, использование хранимого продукта обслуживающим персоналом.

Эта упаковка имеет двойной дно с гофрированными вставками предназначенные для амортизации в случае падения упаковки. В верхней части упаковки имеются ячейки, в которые вкладывается ячейка – вкладыш с лампочками которые вкладываются в несколько рядов. Это может показаться не удобным для повседневного использования, но нужно отметить то что при замене ламп их количество не уменьшается, так как заменённые лампы подлежат утилизации.



И по этому одна ячейка будет заменяться другой.

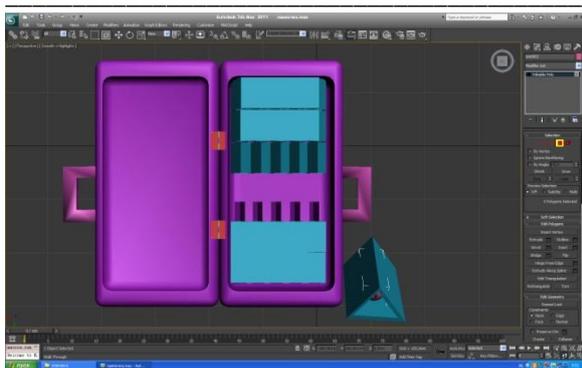
Данная упаковка довольно эргономична в использовании, так как имеет форму простого прямоугольника. Как уже упоминалось, упаковка предназначена для хранения, транспортировки и повседневного использования. Их различие заключается только в размерах. Такой кейс для повседневного использования будет довольно небольших размеров 60см длина, 40см ширина, 20 см глубина.

Такие кейсы могут быть использованы не только для ламп накаливания, а так же и для люминесцентных ламп разного размера. Люминесцентные лампы так же вкладываются во вкладыши треугольной формы только во всю длину кейса используется тот же саамы принцип пирамиды, как и с лампами накаливания. В кейсах для люминесцентных ламп ячейке делаются по всей длине. Так же ячейки - вкладыши изготавливаются по длине ламп.

#### **Материалы используемые для изготовления упаковки в производстве**

Упаковка для транспортировки и хранения предположительно будет изготавливаться из гофрированного картона. Кейсы для повседневного использования предположительно будут изготовлены из пластика, с гофрированными вставками. Ячейки - вкладыши и в том и другом случаи будут изготовлены из картона. Предположительно кейс может быть покрыт тонким слоем резины для придачи мягкости корпусу кейса.

В отдельных случаях для транспортировки могут использоваться и металлические упаковки с поролоновыми и гофрированными вставками для амортизации и безопасной транспортировки ламп. Т.е. для изготовления такой упаковки может подойти почти любой материал, но проанализировав все возможные материалы, есть приоритетные, такие как картон и пластик. Эти материалы более просты в изготовлении и ниже по стоимости.



### Заклучение

В процессе выполнения учебного задания был проведён анализ существующих аналогов упаковок для электрических ламп разных видов. На основе существующих аналогов был разработан концепт противоударной упаковки для хранения и транспортировки электрических ламп. Функциональность этого концепта заключается не только в транспортировке и хранении, а так в удобстве использования в повседневной работе людей сталкивающихся с этим ежедневно.

В результате разработке концепта упаковки была утверждена прямоугольная форма. Для использования в ежедневной работе такая упаковка выглядит как обычный кейс предположительно изготовленный из пластика

так как это лёгкий и довольно прочный материал и не требует больших финансовых вложений.

Упаковки предназначенные для хранения и транспортировки так же имеют прямоугольную форму с выдвижными ручками с двух сторон – эти ящики по размеру больше чем кейсы. Проанализировав материалы для реализации данных упаковок наиболее подходящим оказался картон так как картон прост в использовании, лёгок и требует минимальных финансовых ресурсов.

Производство таких упаковок значительно снижает риск повреждений ламп при транспортировке и хранении, а также использование в ежедневной работе электриков обслуживающих крупные объекты.

### Список используемой литературы

- 1.Межгосударственный стандарт: «Электрические лампы маркировка, упаковка, транспортирование и хранение». Издание г.Москва «СтандартИнформ» 2008г.
- 2.<http://www.elpin.ru/index.php?id=130&uid=3>
3. [http://www.st39.ru/base/4.lamps/gaz\\_lamps.pdf](http://www.st39.ru/base/4.lamps/gaz_lamps.pdf)
4. <http://www.comupak.ru/>
5. <http://mctpp.chat.ru/letters7.htm>

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Соболева П.В., Дайнатович Т.Ю.

Томский политехнический университет  
[piovere@rambler.ru](mailto:piovere@rambler.ru)

Компьютерная графика в начальный период своего возникновения была далеко не столь эффектной, какой она стала в настоящие дни. В те годы компьютеры находились на ранней стадии развития и были способны воспроизводить только самые простые контуры (линии). Идея компьютерной графики не сразу была подхвачена, но ее возможности быстро росли, и постепенно она стала занимать одну из важнейших позиций в информационных технологиях.

Первой официально признанной попыткой использования дисплея для вывода изображения из ЭВМ явилось создание в Массачусетском технологическом университете машины Whirlwind-I в 1950 г. Таким образом, возникновение компьютерной графики можно отнести к 1950-м годам. Сам же термин "компьютерная графика" придумал в 1960 г. сотрудник компании Boeing У. Феттер.

Компьютерная графика — область деятельности, в которой компьютеры используются как инструмент для создания изображений, так и для обработки визуальной информации, полученной из реального мира.

Приложения компьютерной графики очень разнообразны. Для каждого направления

создается специальное программное обеспечение, которое называется графическими программами, или графическим пакетом.



**Научная графика.** Назначение – визуализация объектов научных исследований, графическая обработка результатов расчетов; проведение вычислительных экспериментов с наглядным представлением их результатов.

**Деловая графика.** Предназначена для создания иллюстраций, часто используемых в работе различных учреждений.

**Конструкторская графика (САПР).**

**Иллюстративная графика.** Простейшие программные средства иллюстративной графики называются графическими редакторами.

**Художественная и рекламная графика.**

**Компьютерная анимация** – получение движущихся изображений на дисплее.

В зависимости от способа формирования изображений компьютерную графику принято подразделять на растровую, векторную и фрактальную.



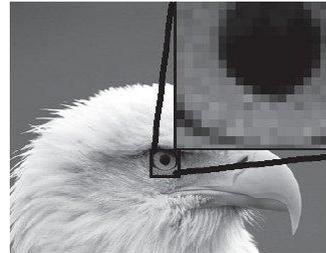
**Векторная графика** – это изображение как набор геометрических примитивов. Обычно в качестве них выбираются точки, прямые, окружности, прямоугольники, а также как общий случай, некоторого порядка. В векторной графике объем памяти, занимаемый линией, не зависит от размеров линии, поскольку линия представляется в виде формулы, а точнее говоря, в виде нескольких параметров. Что бы мы ни делали с этой линией, меняются только ее параметры, хранящиеся в ячейках памяти. Перед выводом на экран каждого объекта программа производит вычисления координат экранных точек в изображении объекта, поэтому векторную графику иногда называют вычисляемой графикой. Аналогичные вычисления производятся и при выводе объектов на принтер. Как и все объекты, линии имеют свойства. К этим свойствам относятся: форма линии, ее толщина, цвет, характер линии. Простейшая линия, если она не замкнута, имеет две вершины, которые называются узлами. Узлы тоже имеют свойства, от которых зависит, как выглядит вершина линии и как две линии сопрягаются между собой.

**Растровая графика** — это изображения, составленные из пикселей — маленьких цветных квадратиков, размещенных в прямоугольной сетке. Пиксель — это самая маленькая единица цифрового изображения. Качество растрового изображения напрямую зависит от количества пикселей, из которых оно состоит — чем больше пикселей, тем больше деталей можно отобразить.

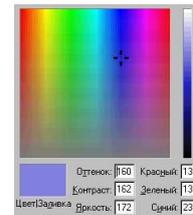
Большие объемы данных - это основная проблема при использовании растровых изображений.

Для активных работ с большеразмерными иллюстрациями типа журнальной полосы требуются компьютеры с исключительно большими размерами оперативной памяти (128 Мбайт и более). Второй недостаток растровых изображений связан с невозможностью их увеличения для рассмотрения деталей. Поскольку изображение состоит из точек, то увеличение изображения приводит только к тому, что эти

точки становятся крупнее и напоминают мозаику. Этот эффект называется пикселизацией. Растровую графику применяют при разработке электронных (мультимедийных) и полиграфических изданий. Иллюстрации, выполненные средствами растровой графики, редко создают вручную с помощью компьютерных программ. Чаще для этой цели используют отсканированные иллюстрации, подготовленные художником на бумаге, или фотографии.

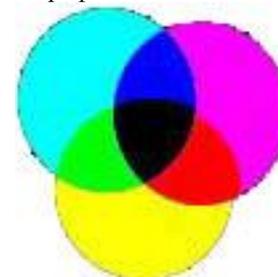


В последнее время для ввода растровых изображений в компьютер нашли широкое применение цифровые фото- и видеокамеры. Соответственно, большинство графических редакторов, предназначенных для работы с растровыми иллюстрациями, ориентированы не столько на создание изображений, сколько на их обработку.



Последним, из рассматриваемых видов, является:

**Фрактальная графика.** Фрактальная графика является на сегодняшний день одним из самых быстро развивающихся перспективных видов компьютерной графики.



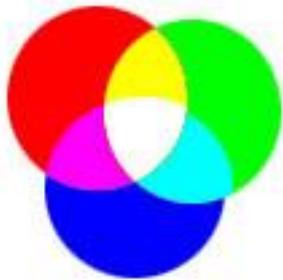
**Фрактал** — объект, отдельные элементы которого наследуют свойства родительских структур. Существует большое количество графических изображений, которые являются фракталами: треугольник Серпинского, снежинка Коха, "дракон" Хартера-Хейтуея, множество Мандельброта. Построение фрактального рисунка осуществляется по какому-то алгоритму или путём автоматической генерации изображений при помощи вычислений по конкретным формулам. Изменения значений в алгоритмах или

коэффициентов в формулах приводит к модификации этих изображений. Главным преимуществом фрактальной графики есть то, что в файле фрактального изображения сохраняются только алгоритмы и формулы.

#### **Цветовые модели:**

##### **Цветовая модель RGB**

Наиболее проста для понимания и очевидна модель RGB. В этой модели работают мониторы и бытовые телевизоры. Любой цвет считается состоящим из трех основных компонентов: красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue). Эти цвета называются основными.



Считается также, что при наложении одного компонента на другой яркость суммарного цвета увеличивается. Совмещение трех компонентов дает нейтральный цвет (серый), который при большой яркости стремится к белому цвету.

Метод получения нового оттенка суммированием яркостей составляющих компонентов называют аддитивным методом. Он применяется всюду, где цветное изображение рассматривается в проходящем свете. Поэтому в аддитивной модели центральная точка, имеющая нулевые значения компонентов (0,0,0), имеет черный цвет (отсутствие свечения экрана монитора). Белому цвету соответствуют максимальные значения составляющих (255, 255, 255). Модель RGB является аддитивной, а ее компоненты: красный (255,0,0), зеленый (0,255,0) и синий (0,0,255) - называют основными цветами.

##### **Цветовая модель CMYK**

Эту модель используют для подготовки не экранных, а печатных изображений. Они отличаются тем, что их видят не в проходящем, а в отраженном свете. Чем больше краски положено на бумагу, тем больше света она поглощает и меньше отражает. Совмещение трех основных красок поглощает почти весь падающий свет, и со стороны изображение выглядит почти черным. В отличие от модели RGB увеличение количества краски приводит не к увеличению визуальной яркости, а наоборот, к ее уменьшению.

Поэтому для подготовки печатных изображений используется не аддитивная

(суммирующая) модель, а субтрактивная (вычитающая) модель. Цветовыми компонентами этой модели являются не основные цвета, а те, которые получаются в результате вычитания основных цветов из белого.

##### **Цветовая модель HSB**

Некоторые графические редакторы позволяют работать с цветовой моделью HSB. Если модель RGB наиболее удобна для компьютера, а модель CMYK - для типографий, то модель HSB наиболее удобна для человека. Она проста и интуитивно понятна. В модели HSB тоже три компонента: оттенок цвета (Hue), насыщенность цвета (Saturation) и яркость цвета (Brightness). Регулируя эти три компонента, можно получить столь же много произвольных цветов, как и при работе с другими моделями. Оттенок цвета указывает номер цвета в спектральной палитре. Насыщенность цвета характеризует его интенсивность - чем она выше, тем "чище" цвет. Яркость цвета зависит от добавления черного цвета к данному - чем её больше, тем яркость цвета меньше. Точка в центре соответствует белому (нейтральному) цвету, а точки по периметру - чистым цветам. Направление вектора определяет цветовой оттенок и задается в модели HSB в угловых градусах. Длина вектора определяет насыщенность цвета. Яркость цвета задают на отдельной оси, нулевая точка которой имеет черный цвет.

##### **Заключение**

Все области применения - будь то инженерная и научная, бизнес и искусство - являются сферой применения компьютерной графики. Она не стоит на месте. Уже давно существуют многочисленные программные и аппаратные реализации алгоритмов построения изображения. Достаточно широко представлены всевозможные графические акселераторы и массивы быстрой памяти. Отдельно следует отметить такое явление, как виртуальная реальность, которая уже в настоящее время получает широкое распространение. Одним словом, компьютерная графика будет развиваться до тех пор - пока будет развиваться и совершенствоваться компьютерная техника.

##### **Литература:**

Алгоритмические основы современной компьютерной графики. Авторы: А.И. Куликов, Т.Э. Овчинникова.

О векторной и растровой графике:  
<http://flashmaker.8m.com/help/html/02basics2.html>  
<http://stockers.ru/articles/>

## ПРОГРАММА AUTOCAD ОПТИМАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ярин А.А., Дайнатович Т.Ю.

Томский политехнический университет  
yarin.alexandr@mail.ru

Autocad – система двух и трехмерного автоматизированного черчения, рисования и проектирования. Система была разработана компанией Autodesk. В самом начале деятельности компании система была основой ее прибыли. В мире на сегодняшний день насчитывается уже около шести миллионов пользователей программы. Новые версии программы помогут сделать любой проектный отдел почти передовым. AutoCAD обеспечивает возможность более эффективной и точной реализации ваших идей — от замысла до детальных чертежей. Чем бы вы ни занимались — созданием твердотельных моделей и поверхностей, исследованием эффекта освещенности, поиском альтернативных вариантов проекта с помощью анимации или подготовкой всего комплекта чертежей, — пакет AutoCAD предоставит вам все необходимые для этого средства, которые помогут выполнить работу быстро и аккуратно. Autodesk предлагает полный набор инструментов, с помощью которых проектировщик может в доходчивой форме донести до клиента свое видение проекта и точно воплотить его в рабочих чертежах, гарантируя, что проект будет завершен вовремя и не выйдет за рамки бюджета. Программа упрощает и способна ускорить процесс подготовки документации проекта, снизить число ошибок при проектировании. Программа проста и надежна в работе. Даже новичок сможет при первом рассмотрении пользоваться программой. Autocad настолько удобна, что не вызывает вопросов даже при самом первом запуске. При этом вы можете использовать мастер настроек и настроить программу для своих возможностей. Самое важно предназначение программы – это разработка чертежей. Такими предметами могут быть как предметы интерьера, так и самые разнообразные механизмы, а также схемы-макеты электрические. В среде AutoCAD легко реализуется любой метод работы над проектом. Работа выполняется в AutoCAD качественно и в кратчайшие сроки, в независимости от того, выполняете вы чертежи или схемы, создаете ли сложную трехмерную модель, формируете спецификацию или табличный отчет. Графические стандарты AutoCAD - единственные признанные мировыми промышленными стандартами САПР, они используются в миллиардах технических документах во всем мире.

Проектирование в области землеустройства и землепользования на основе пространственного моделирования это технология будущего, которая будет определять развитие проектирования в этой области в 21-м веке. Поэтому программа AutoCAD является первой из серии программ, разработанных компанией AutodeskInc. с целью создания инструментальных средств для моделирования, которые могли бы быть использованы при разработке проектов инженерной подготовки территорий. Технология и принципы моделирования, реализованные в программе, позволяют группе разработчиков проекта инженерной подготовки территории в процессе работы совместно пользоваться объектами, данными и другой необходимой проектной информацией. В процессе разработки алгоритмов, создания и развития программы AutoCAD были использованы опыт и знания более чем 370 специалистов из 10 стран мира, занимающихся различными аспектами инженерной подготовки территорий во всем мире. В процессе работы над проектами инженерной подготовки территорий в число разработчиков входят инженеры-планировщики территорий и топографы, которым приходится иметь дело со старыми картами, также инженеры-градостроители, работающие главным образом с планами и чертежами на бумаге. До сих пор они не использовали в своей работе эквивалентные бумажным носителям, цифровые модели объектов и территорий. Информация от всех этих пользователей поступает к геодезистам, которые используют данные обычной съемки местности или данные, получаемые с помощью приборов и GPS, и должны их дополнить планировочными данными. Если в проектной организации имеются специалисты - по градостроительству, по гражданским сооружениям, по транспорту, ландшафтники, гидрологи, проектировщики внешних сетей, экологи, геодезисты, если решаются задачи по топографической съемке, кадастровой съемке, гидрографической съемке, съемке трасс, геологической съемке, маркшейдерской съемке, аэрофотограмметрии, то для интеграции проектных работ с архитекторами и др. специалистами лучше всего использовать AutoCAD. Профессионалы этих категорий обычно работают, функционально пересекаясь, совместно используя накладывающиеся данные в проекте. Они постоянно нуждаются в свободном доступе к данным друг друга. Например, и специалист по генплану, и гражданский инженер должны

располагать данными проекта и подразделять участки земли. Чтобы увеличить производительность, каждый может работать по потребности, имея непротиворечивый набор инструментальных средств создания данных и простого доступа к данным. AutoCAD обеспечивает и то и другое.

Благодаря использованию автоматизированного проектирования на компьютере, значительно увеличивается скорость создания конечного продукта. На экране компьютеров мы видим как из задумок инженеров, архитекторов и конструкторов, постепенно рождаются детали, машины, новые изобретения, целые современные здания со всей инфраструктурой и инженерными коммуникациями. Выполнение чертежей в программах САПР позволяет повысить не только скорость, но и качество самой работы. Если раньше процесс исправления, доработки и размножения чертежей с разными параметрами был целой проблемой и отнимал много времени и материальных ресурсов, то сейчас делается с помощью нескольких щелчков мышью. Благодаря компьютерному черчению и Интернету теперь при не важно где находятся Ваши коллеги, чертежи по электронной почте передаются за считанные секунды. В Автокаде можно организовать коллективную работу, когда люди работают с одним файлом и всем сразу видны изменения и правки не зависимо от того, где территориально находятся и на каком расстоянии друг от друга участники коллективной работы. Делая техническую документацию вручную, приходится много раз вносить одни и те же данные, не редкость что при этом возникают ошибки из-за невнимательности человека, в компьютер при работе с программами САПР данные вводятся единожды, проверяются и потом используются то число раз, которое необходимо.

Пять основных достоинств программы AutoCAD:

**1 Набор палитр и примитивов.** В программе AutoCAD существует огромный выбор инструментальных палитр и вложенных в них примитивов и функций. За счет этого происходит автоматизация процесса черчения.

**2 Возможность привязки.** В отличие от других графических редакторов векторной графики, в AutoCAD любые действия производятся быстро и точно, благодаря возможности привязываться к ключевым точкам отрезков и фигур. Данная функция AutoCAD – это величайшая разработка компании Autodesk.

**3 Создание собственной элементной базы.** Не нужно каждый раз чертить новый элемент, достаточно скопировать и видоизменить уже имеющийся. Со временем база таких элементов только увеличивается и работа в программе становится все продуктивнее.

**4 Работа со слоями.** Каждый слой содержит только ту информацию, которую необходимо отображать на чертеже. Чертеж обрастает дополнительными элементами, но при этом разобраться во всем этом элементарно, так как все структурировано.

**5 Гибкость рабочей среды.** Настроить в программе AutoCAD можно практически все. От цвета основного фона, до расположения и состава инструментальных палитр, что позволяет гибко адаптировать интерфейс программы под конкретного пользователя.

Профессионалы в области разработки земли совместно решают общие задачи, используют запросы, и создают данные проекта. Требуется, чтобы огромный диапазон этих данных был доступным для каждого в проектной группе. AutoCAD рационализирует каждую фазу проекта. Чертежи используют реальные координаты и увеличенный вертикальный масштаб, если это необходимо. Чертежи легко копируются из одного проекта в другой и переназначаются для другого проекта одной командой. Этот продукт, ориентированный на специалистов, работающих с землей, использует мощности AutoCAD. Ряд профессиональных задач по земле и их функциональное решение на компьютере с помощью AutoCAD, позволит оценить этот продукт по достоинству.

#### **Заключение**

AutoCAD — самая популярная в мире система автоматизированного проектирования и выпуска рабочей конструкторской и проектной документации. С помощью AutoCAD создаются двумерные и трехмерные проекты различной степени сложности в области архитектуры и строительства, машиностроения, генплана, геодезии и т.д. Формат хранения данных AutoCAD признан международным стандартом хранения и передачи проектной документации.

AutoCAD является платформой, на которой построено множество специализированных программ, имеющих общий формат хранения данных. Высокопрофессиональные приложения от авторизованных разработчиков Autodesk дополняются утилитами и программами, которые (с помощью встроенных языков программирования) создают сами пользователи.

На сегодня AutoCAD охватывает весь спектр инженерных задач: создание трехмерных моделей, разработку и оформление чертежей, выполнение различного рода расчетов, инженерный анализ, формирование фотореалистичных изображений готовой продукции.

#### **Литература:**

Полещук Н. Н. *AutoCAD. Разработка приложений* — «Петербург», 2006.

Бондаренко С. В. *AutoCAD для архитекторов.* — М.: «Диалектика», 2009.

## РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА ЧАЙНОГО СЕРВИЗА НА 6 ПЕРСОН

Земцева Е.Ю., Радченко В.Ю., Витюк Ю.С.

Томский политехнический университет

[katerinazemceva@mail.ru](mailto:katerinazemceva@mail.ru)

### **Введение**

Каждая хозяйка, накрывая праздничный стол, в первую очередь заботится о напитках и изысканных блюдах для своих гостей. Не последнюю роль играет и сервировка стола – приборы, стекло, посуда, сервизы из фарфора и т.д. Красивая и качественная посуда во все времена была не только функциональной необходимостью, но и являлись показателем престижа и достатка семьи. Великолепные старинные столовые приборы и элитные сервизы традиционно передавались от поколения к поколению, становясь уникальными семейными раритетами.

На сегодняшний день в любом магазине, рынке можно увидеть огромное количество сервизов, которые нам предлагают изготовители. Они могут быть разных видов, изготовлены из разного материала, разного рисунка, качества и цены.

Хороший дизайнер должен знать все эти нюансы, приступая к работе над сервизом.

### **Теоретическая часть**

Сервизы существовали еще до изобретения фарфора предприимчивыми китайцами и до раскрытия европейцами его тайны. Столы богатых и знатных людей украшала посуда из различных материалов: фаянса, серебра, майолики. В домах особо высокопоставленных и богатых людей можно было даже увидеть золотые сервизы. При всей своей неимоверной стоимости золотые сервизы ценились наравне с фарфоровыми, привезенными купцами из Китая.

Уже в начале XVIII столетия фарфор становится таким, каким мы его привыкли видеть сегодня. В наше время чаще всего покупают сервиз для торжественных случаев на 12 персон, а в то время количество предметов в фарфоровом сервизе могло насчитывать от 100 до 1000, а то и больше единиц.

### **Проектная часть**

Главная идея этого сервиза состояла в создании новой, необычной формы и оригинального яркого, интересного рисунка.

Форма такого сервиза была создана в концепции неординарного подхода. Это объясняют нестандартные ручки сахарницы: одна выше другой; форма кружки, блюдца, чайника и молочника.

Идея такого рисунка на сервизе заключалась в простоте, яркости, оригинальности, это то, на что может обратить внимание покупатель.

Материалом для изготовления этого сервиза был выбран фарфор. Он способен удерживать

тепло дольше, чем металл, и при этом внешняя сторона нагревается меньше, поэтому это самый подходящий материал для изготовления чайного сервиза. Также, если рассматривать фарфор с эстетической стороны, то он позволяет создавать необыкновенно изящную и тонкую посуду.

Для сервиза «Чайное лето» подходящим способом будет отливка в открытых формах, так как отливка в закрытых формах предназначена для изготовления фарфоровых подносов, различных предметов. Для открытой отливки изготавливается полая гипсовая форма, заполняемая фарфоровой массой через трубку. Внизу форма имеет пробку, помогающую формовщику добавлять достаточное количество фарфоровой массы в форму. Отливка производится на гончарном круге во избежание появления трещин в фарфоровой массе. Чтобы внутренняя поверхность изготавливаемого фарфорового предмета не стала неровной, фарфоровую массу при открытой отливке смешивают. Осадок сливают через отверстие, и после высушивания фарфоровый предмет легко снимается из формы.

Затем фарфоровые изделия обжигают, покрывают глазурью. Глазурь необходима для того чтобы фарфор стал более прочным и упрощает его очистку, а также по эстетическим причинам.

Сервиз «Чайное лето» не похож ни на какой другой сервиз. Его достоинство в новизне необычной формы и ярких красок. Такой сервиз выделит вас из всего пришедшего многообразия, запомнится вашим гостям.

Такой сервиз интересно будет использовать в зимний период времени, так как зимой хочется тепла и уюта, а такой сервиз напоминает лето, своими декоративными рисунками фруктовой серии. Также он будет отличным подарком людям, которые любят пить фруктовый чай.

### **Практическая часть**

Этапы работы:

1) Разработка идеи: выполнение набросков, эскизов для выбора самого лучшего сервиза;

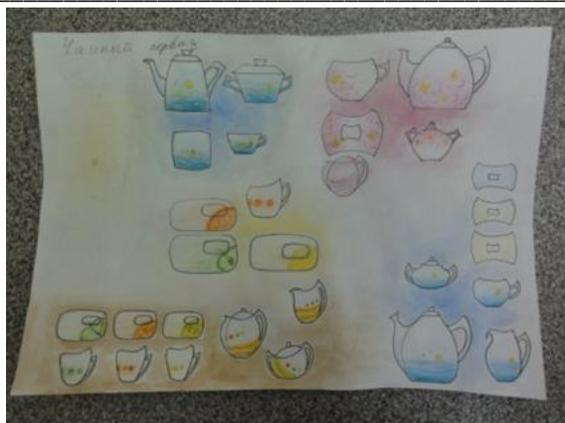


Рис. 1. Эскиз

- 2) Выбор наилучшего варианта сервиза, разработка стиля и цвета;
- 3) Выполнение сервиза в чертежном виде на планшете;
- 4) Выполнение цветного чертежа на планшете.
- 5) Разработка фирменного знака сервиза;
- 6) Реализация идеи сервиза с помощью такого компьютерного пакета, как Autodesk AutoCAD 2011 RUS.

Для чертежей были использованы такие функции как: отрезок, перенос, масштабирование, весовая линия, линейные размеры, текст.

#### **Заключение**

В наши дни существует огромное количество разнообразных сервизов. Они могут быть выполнены в классическом стиле или в современном. Но какой бы не был сервиз, он является неотъемлемой частью любого стола.

Также в наше время высоко ценится работа, выполненная профессиональным дизайнером под заказ или на рынок. Так, например, разработка чайного сервиза, который будет украшать стол и запомнится гостям.

Для разработки такого оригинального сервиза, дизайнеру потребуется немало времени и различные программные обеспечения.

Для данного сервиза «Чайное лето» в процессе работы было выполнено:

- 1) Разработка идеи, эскизы, наброски;
- 2) Выбор самого лучшего варианта для дальнейшей работы;
- 3) Выполнение чертежа с размерами;
- 4) Выполнение цветного чертежа;
- 5) Выполнение двух чертежей с размерами в среде программного обеспечения Autodesk AutoCAD 2011 RUS;
- 6) Выполнение одного предмета сервиза в 3D.

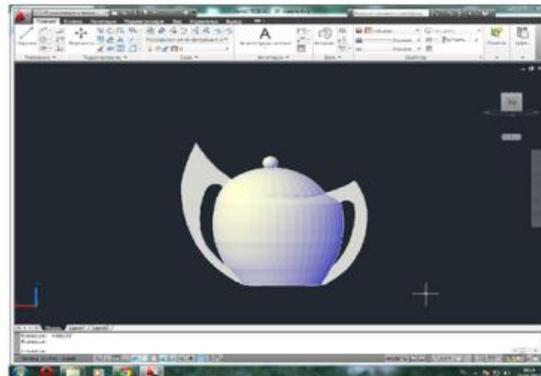


Рис. 2. 3D модель

Все эти этапы работы позволили получить знания и навыки в Autodesk AutoCAD 2011 RUS.

#### **Список литературы:**

- 1) Википедия, раздел сервиз [электронный ресурс] режим доступа <http://ru.wikipedia.org/wiki/Сервиз> 21.03.2012
- 2) Домашний очаг [электронный ресурс] режим доступа <http://www.podrujka.net/karera-i-dengi/domashnij-ochag/5696-iz-istorii-chajnogo-serviza> 21.03.2012
- 3) Википедия, раздел материалы для сервиза [электронный ресурс] режим доступа <http://ru.wikipedia.org/wiki/Фарфор,фаянс,стекло,доломит,керамика,металл> 21.03.2012

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРА С ТЕХНИЧЕСКИМ ЗРЕНИЕМ**

Беляев А.С., Трапп С.А., Вехтер Е.В.

Томский политехнический университет  
[belyaewas@mail.ru](mailto:belyaewas@mail.ru), [vehter@tpu.ru](mailto:vehter@tpu.ru)

Компьютерное моделирование является одним из эффективных методов изучения сложных систем.

Компьютерные модели проще и удобнее исследовать в силу их возможности проводить вычислительные эксперименты, в тех случаях, когда реальные эксперименты затруднены из-за финансовых или физических препятствий или могут дать непредсказуемый результат.

Логичность и формализованность компьютерных моделей позволяет выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемого объекта-оригинала (или целого класса объектов), в частности, исследовать отклик моделируемой физической системы на изменения ее параметров и начальных условий.

Целью данной научно-исследовательской работы является проектирование промышленных роботов-манипуляторов средствами системы

автоматизированного проектирования Autodesk Inventor.

Актуальность данной работы обуславливается тем, что моделирование большинства роботов и роботизированных комплексов не производится, вследствие чего нет документации по конструкторским особенностям данных устройств. Помимо этого, 3D моделирование в современном мире помогает инженерам проектировать, визуализировать и выполнять всесторонний анализ цифровых моделей изделий, а также решать еще множество других задач [2].

Семейство продуктов Autodesk Inventor – это всеобъемлющий комплект решений для машиностроительного 3D-проектирования и выпуска документации, разработки кабельных и трубопроводных систем, проектирования литьевых форм и тестирования эксплуатационных характеристик разрабатываемых изделий. Благодаря Autodesk Inventor инженеры могут интегрировать чертежи AutoCAD и другие 2D-данные в единую модель, создавая виртуальное представление конечного продукта. Проверка формы, допусков и функциональности осуществляется средствами программы задолго до запуска изделия в производство [2].

Также эта программа пригодна в проектировании пресс-форм для изготовления пластмассовых изделий, исследований на динамику и прочность сложных изделий. Решение сочетает интуитивную среду 3D-моделирования деталей и изделий с инструментами, позволяющие конструкторам сосредоточиться на функциональных требованиях к проекту.

Объект представленной работы, это манипулятор с техническим зрением И-00001 (рис. 1), расположенный в робототехнической лаборатории кафедры Интегрированных Компьютерных Систем Управления (ИКСУ) Института Кибернетики НИ ТПУ.

По данной лабораторной установке на кафедре не имелось проектно-конструкторской документации, в связи, с чем возникла идея разработки полного пакета проектно-конструкторской документации манипулятора и его трехмерной модели.



Рис. 1. Фотография манипулятора И-00001

Манипулятор используется кафедрой ИКСУ для обучения студентов и закрепления навыков программирования такого рода комплексов. Робот является частью сборочного комплекса и позволяет производить перенос деталей с конвейеров на площадку сборки.

В процессе работы были решены следующие задачи:

1. Анализ конструкции узла и деталей, снятие размеров;
2. Создание эскизов;
3. Создание 3D моделей деталей в программе Autodesk Inventor;
4. Создание общей сборки, чертежей деталей и сборочного чертежа [1];
5. Разработка текстовой документации.

В результате проделанной работы, были получены чертежи всех деталей, их трехмерные модели. А также получена следующая трехмерная модель и сборочный чертеж, представленный на рисунках 2 и 3.

Все полученные в процессе выполнения работы и сбора информации размеры оригинальны и по полученным чертежам, можно собрать подлинную копию исследованного манипулятора, а также проводить ремонт и обслуживание данной лабораторной установки.

Итоги представленной на конкурс работы используются на кафедре ИКСУ в качестве проектно-конструкторской документации к данному роботу.

В процессе выполнения работы сформированы навыки выполнения проектной документации в своей профессиональной области и умение работать в команде.

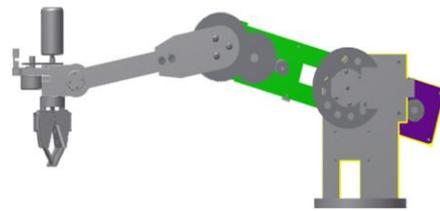


Рис. 2. Модель манипулятора с техническим зрением

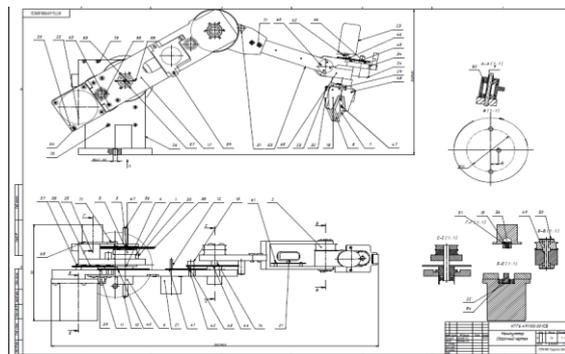


Рис. 3. Сборочный чертеж манипулятора

### Список литературы

1. Винокурова Г.Ф., Степанов Б.Л., Начертательная геометрия. Инженерная графика. Учебное пособие / Винокурова Г.Ф., Степанов Б.Л. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 306 с.

2. Семейство продуктов Autodesk Inventor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/pc/index?siteID=871736&id=14569211>, свободный. – Загл. с экрана.

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА: ИЗ МЕЧТЫ – В РЕАЛЬНОСТЬ

Булуев И.И., Вехтер Е.В.

Томский политехнический университет  
ilusha070893@mail.ru

*То, что сегодня наука, - завтра техника.  
Эдвард Теллер*

В современный век научно-технологического прогресса сложно говорить о проектировании технических объектов без автоматизации, которая является неотъемлемой составляющей создания проектов сложных объектов. Учитывая высокую роль информационных технологий, к таким объектам можно отнести большие и сверхбольшие интегральные системы (БИС и СБИС).

В связи с развитием технологий, появляется необходимость выходить на новые рубежи интеграции микросхем, чтобы удовлетворить потребность заказчиков на выпуск новых продуктов лучшего качества, более низкой стоимости и за меньшее время. Таких результатов можно достичь благодаря огромным возможностям памяти компьютеров, их высокому быстродействию и, конечно же, возможности удобного графического интерфейса для связи задач проектирования и производства. Для этой цели используются технологии автоматизированного - CAD, автоматизированного производства - CAM и автоматизированной разработки или конструирования - CAE.

Предлагаю сделать обзор данных технологий:

1) *Автоматизированное проектирование (computer - aided design - CAD)*

Представляет собой технологию, состоящую в использовании компьютерных систем для облегчения создания, изменения, анализа и оптимизации проектов. Таким образом, любая программа, работающая с компьютерной графикой, так же как и любое приложение, используемое в инженерных расчетах, относится к системам автоматизированного проектирования. Другими словами, множество средств CAD простирается от геометрических программ для работы с формами до специализированных приложений для анализа и оптимизации. Самая основная функция CAD - определение геометрии конструкции (детали механизма, архитектурные элементы, электронные схемы, планы зданий и т.п.), поскольку геометрия определяет все последующие этапы жизненного цикла продукта.

Для этой цели обычно используются системы разработки рабочих чертежей и геометрического моделирования. Вот почему эти системы обычно и считаются системами автоматизированного проектирования. Более того, геометрия, определенная в этих системах, может использоваться в качестве основы для дальнейших операций в системах CAE и CAM. Это одно из наиболее значительных преимуществ CAD, позволяющее экономить время и сокращать количество ошибок, связанных с необходимостью определять геометрию конструкции с нуля каждый раз, когда она требуется в расчетах. Можно, следовательно, утверждать, что системы автоматизированной разработки рабочих чертежей и системы геометрического моделирования являются наиболее важными компонентами автоматизированного проектирования.

2) *Автоматизированное производство (computer - aided manufacturing – CAM)*

Технология, состоящая в использовании компьютерных систем для планирования, управления и контроля операций производства через прямой или косвенный интерфейс с производственными ресурсами предприятия. Одним из наиболее зрелых подходов к автоматизации производства является числовое программное управление (ЧПУ). В наше время компьютеры способны генерировать большие программы для станков с ЧПУ на основании геометрических параметров изделий из базы данных CAD и дополнительных сведений, предоставляемых оператором.

Еще одна важная функция систем автоматизированного производства - программирование роботов, которые могут работать на гибких автоматизированных участках, выбирая и устанавливая инструменты и обрабатываемые детали на станках с ЧПУ. Роботы могут также выполнять свои собственные задачи, например, заниматься сваркой, сборкой и переносом оборудования и деталей по цеху, что экономит время, увеличивает производительность.

Планирование процессов также постепенно автоматизируется. План процессов может определять последовательность операций по

изготовлению устройства от начала и до конца на всем необходимом оборудовании.

### 3) Автоматическое конструирование (computer - aided engineering - CAE)

Технология, состоящая в использовании компьютерных систем для анализа геометрии CAD, моделирования и изучения поведения продукта для усовершенствования и оптимизации его конструкции. Средства CAE могут осуществлять множество различных вариантов анализа. Программы для кинематических расчетов, например, способны определять траектории движения и скорости звеньев в механизмах. Программы динамического анализа с большими смещениями могут использоваться для определения нагрузок и смещений в сложных составных устройствах типа автомобилей.

Также существует множество программных средств для оптимизации конструкций. Хотя средства оптимизации могут быть отнесены к классу CAE, обычно их рассматривают отдельно. Ведутся исследования возможности автоматического определения формы конструкции путем объединения оптимизации и анализа.

Таким образом, технологии CAD, CAM и CAE заключаются в автоматизации и повышении эффективности конкретных стадий жизненного цикла продукта. Развиваясь независимо, эти системы еще не до конца реализовали потенциал интеграции проектирования и производства. Для решения этой проблемы была предложена новая технология, получившая название компьютеризированного интегрированного производства (computer - integrated manufacturing - CIM). CIM пытается соединить «островки автоматизации» вместе и превратить их в бесперебойно и эффективно работающую систему. CIM подразумевает использование компьютерной базы данных для более эффективного управления всем предприятием, в частности бухгалтерией, планированием, доставкой и другими задачами, а не только проектированием и производством, которые охватывались системами CAD, CAM и CAE. CIM часто называют философией бизнеса, а не компьютерной системой.

Теперь хочу обратиться, непосредственно к программам САПР (системы автоматизированного проектирования). Они предназначены для высокоточного проектирования. Существуют программы САПР высокого уровня и дружественные программы, разработанные для домашнего и делового применения пользователями, занимающихся специфическим моделированием или конструированием для собственных нужд.

Программы САПР используются для детальной разработки предметов реального мира: зданий, автомобилей, частей механизмов и т.п.

Наипопулярнейшая программа из широко используемых программ САПР высокого уровня AutoCAD фирмы Autodesk. Программа доступна в DOS, Windows, Macintosh. AutoCAD - очень мощная и гибкая система с большим количеством разнообразных высококачественных функций.

Также детищем компании Autodesk стала Autodesk Inventor, являющаяся системой трехмерного твердотельного и поверхностного проектирования, предназначенная для создания цифровых прототипов промышленных изделий. Инструменты Inventor обеспечивают полный цикл проектирования и создания конструкторской документации. Как студент института кибернетики, имеющий опыт работы с данной программой, я уже могу сказать с уверенностью о том, что Inventor имеет массу преимуществ и помогает решать инженерам многие технологические задачи, связанные с геометрией тех или иных изделий. Также здесь нельзя не указать один маленький, но очень важный момент – это свобода мысли и творческий инженерный подход в проектировании моделей.

К таким суждениям я пришёл после выполнения курсовой работы и создания 3D-модели редукционного пневмоклапана (рис. 1), а также видел необходимость использования САПР программ в других проектах моих одногруппников.

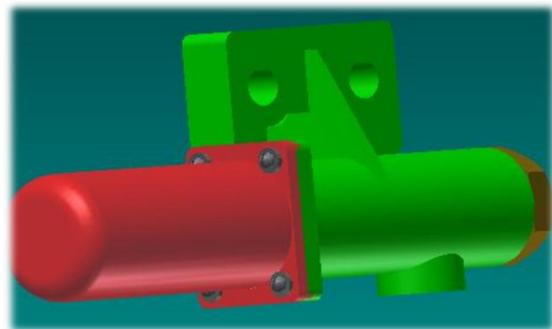


Рис. 1.

В завершении хотелось бы сказать о задачах дальнейшего развития САПР: разработка математического обеспечения для новых диапазонов размерностей задач функционально-логического и топологического проектирования, появляющихся в связи с продолжающимся в связи с продолжающимся ростом степени интеграции микросхем; освоение новых средств технического обеспечения, порождаемых научно-техническим прогрессом в области вычислительной техники.

А для решения этих задач необходимо сосредоточение усилий специалистов по САПР на направлениях:

➤ создания программно-методических комплексов синтеза структур объектов на базе развития искусственного интеллекта и последующей интеграции средств синтеза и

анализа в единые проектирующие программно-методические комплексы;

➤ существенного повышения эффективности моделирования и анализа, так как только в этих условиях возможна автоматизация проектирования таких сложных объектов, как СБИС с миллионом компонентов и более;

➤ разработка специализированных вычислительных устройств для аппаратной

реализации наиболее трудоёмких проектных процедур.

После решения данных вопросов, которые пока остаются открытыми, потребности заказчиков будут удовлетворять таким критериям, как высокое качество продукта, низкая цена, а главное, минимизирование сроков выполнения работ.

## ВИДЫ И СТИЛИ ГРАФФИТИ

Григорян С.А., Долотова Р.Г.

Томский политехнический университет  
[ya-ser-yoga@yandex.ru](mailto:ya-ser-yoga@yandex.ru)

### Введение

Граффити – (от итал. graffito- царапать) уличное искусство. Искусство улиц любопытно тем, что нисколько не меняется, в отличие от «высоких», благородных искусств которые подвержены метаморфозам – рождаются, стареют и умирают.

Термин граффити применяется для классификации, как правило, запрещенного законом вида искусств. Сегодня граффити ассоциируется в первую очередь с альтернативной формой городской культуры. В настоящее время граффити считают не искусством, а хулиганством, и пытаются с ними бороться, закрашивая покрытые ими стенами [1-3].

### Виды граффити

Дать четкое определение, что же такое граффити, очень трудно, но большинство исследователей сошлись на том, что это средство коммуникации, основной характеристикой которого является публичный и неофициальный характер. Это своеобразная альтернатива традиционным способам выражать свое мнение. От места, на котором расположен рисунок, зависит и выбор способа, каким он будет нарисован. В большинстве своем граффити рисуют маркером или краской. Существует несколько основных видов и стилей граффити [2].

**Writing.** Это основной вид граффити, в сущности, это и есть само граффити, точнее то, что рисуется райтерами на стенах. Разнообразные части, выполненные в различных стилях.



Рис. 1. Стиль writing

**Bombing.** Это экстремальный вид граффити, обычно рисуется на разных видах транспорта. Для бомбинга обычно важно не качество кусков, а

количество и скорость, поэтому они рисуют очень быстро и небрежно.



Рис. 2. Bombing стиль

**Tagging.** Это приложение граффити, хотя именно с него началась история этой субкультуры. Тэг – это подпись райтера, его ник, выполняемый одним цветом очень быстро, но со вкусом.



Рис. 3. Tagging стиль

**Scrubbing.** Тоже приложение граффити. Рисуются точильным камнем или чем-либо наподобие этого на стеклах, чаще всего в транспорте.



Рис. 4. Scrubbing стиль

### Стили граффити

**Throw-up.** Самый простой стиль, выполненный в двух цветах. Одним цветом выполняется контур, другим заливка.



Рис. 5. Trow-up стиль

**Blockbusters.** Также простой стиль, отличается большими, широкими буквами. Рисуеться иногда даже одним цветом.



Рис. 6. Blockbusters стиль

**Bubbles.** В переводе с английского слово означает «пузырь». Рисуеться несколькими цветами. Также часто используется в бомбинге. Более характерен для старой школы, ныне не моден.



Рис. 7. Bubbles стиль

**Wild Style.** В переводе с англ. – «Дикий стиль». Это динамичный стиль, трудный для прочтения. Рисуеться 3-4 и более цветами, с множеством различных фишек и наворотов, с наложением и переплетением букв.



Рис. 8. Wild-style

**Computer Roc Style** - Стиль "перелома". Предполагает разделение букв на отдельные фрагменты, наклоненных в разные стороны.



Рис. 9. Computer Roc Style

**Messiah Style** – эти работы характеризуются очень своеобразной цветовой гаммой.



Рис. 10. Messiah Style

**Камуфляжный стиль** - Стиль, который черпает силу в цвете и в судорожной игре "loop" (петля), то есть мест соединения букв. Для того чтобы изображение было труднее скопировать, "петли" выводятся в нескольких местах букв, следуя за предыдущими.



Рис. 11. Камуфляжный стиль

**3D style, или FX, или DAIM style.** Стиль, характерный только для новой школы. Очень трудный стиль. Выполнен в абсолютном объеме, с использованием светотени. Такие работы являются настоящими шедеврами.



Рис. 12. 3D style

**Character style.** Это рисунки, похожие на карикатуры и комиксы. Иногда используется характерная для комиксов рамка речи.



Рис. 13. Character style

### Заключение

Стиль и техника граффити как особого вида городского подземного искусства постоянно развиваются и совершенствуются. Каждая страна вносит нечто новое и свежее в это искусство. Но после того как рисунки со стен города

переместились на стены музеев, галерей и памятников архитектуры, встал вопрос о вандализме и провокационной сути граффити. В это же время отдельные работы писателей начинают выставляться в тех же музеях и становятся предметом повышенного спроса среди богатых коллекционеров.

### Литература

1. Раппапорт А. Граффити и высокое искусство. М.: ГЦСИ, 2008.
2. Медведева О. Искусство граффити. Ростов-на-Дону, 2005.
3. Осипов Ю. Большая Российская энциклопедия. Москва, 2010.

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

Исламова А.Г., Дайнатович Т.Ю.

Anastasya.isl@gmail.com

В настоящее время в России имеется повышенный интерес к системам автоматизированного проектирования на компьютере. Это обусловлено переходом промышленности от плановой к рыночной экономике, а также интенсивным научно-техническим прогрессом в развитии средств производства.

Как правило, положительных результатов в рыночных отношениях достигает тот производитель товаров или услуг, который в состоянии обеспечить быструю реакцию на постоянно изменяющийся спрос.

В свою очередь, мобильность практически любого современного производства подразумевает использование автоматизированных производственных комплексов, станков с числовым программным управлением (обеспечением), т.е. такое промышленное оборудование, которое требует от производителя представлять чертёжную и прочую проектную документацию в специальном электронном виде.

Компьютерные программы, объединённые под общим названием Системы автоматизированного проектирования (САПР) позволяют реализовать эту потребность.

Система автоматизации проектных работ (САПР) или CAD (англ. Computer-Aided Design) – организационно-техническая система, предназначенная для выполнения проектной деятельности с применением вычислительной техники, позволяющая создавать конструкторскую и технологическую документацию.

Основная цель создания САПР — повышение эффективности труда инженеров, включая:

- сокращения трудоёмкости проектирования и планирования;

- сокращения сроков проектирования;
- сокращения себестоимости проектирования и изготовления, уменьшение затрат на эксплуатацию;
- повышения качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;
- сокращения затрат на натурное моделирование и испытания.

В настоящий момент выделяют три основные подгруппы САПР:  
- машиностроительные САПР (MCAD - Mechanical Computer Aided Design)  
- архитектурно-строительные САПР (CAD/AEC - Architectural, Engineering, and Construction)  
- САПР печатных плат (ECAD - Electronic CAD/EDA - Electronic Design Automation)

### САПР в машиностроении

**CAD** – computer Aided Design Общий термин для обозначения всех аспектов проектирования с использованием средств вычислительной техники. Обычно охватывает создание геометрических моделей изделия. А также генерацию чертежных изделий и их сопровождений.

### САМ – Computer Aided Manufacturing

Общий термин для обозначения системы автоматизированной подготовки производства, общий термин для обозначения ПС подготовки информации для станков с ЧПУ. Традиционно исходными данными для таких систем были геометрические модели деталей, полученных из систем CAD.

**CAE** – Computer Aided Engineering Система автоматического анализа проекта. Общий термин для обозначения информационного обеспечения условий автоматизированного анализа проекта, имеет целью обнаружение ошибок (прочностные

расчеты) или оптимизация производственных возможностей.

**PDM** – Product Data Management Система управления производственной информацией. Инструментальное средство, которое помогает администраторам, инженерам, конструкторам и так далее управлять как данными, так и процессами разработки изделия на современных производственных предприятиях или группе смежных предприятий.

**CAD/CAM/CAE/PDM** эти системы вместе и представляют собой единый комплекс САПР.

Непосредственно в машиностроении применяются специализированные пакеты и различные надстройки более общих и распространенных систем проектирования, таких как *Autodesk AutoCAD*, *ZwCAD*, *BricsCAD*, *Компас*. Рассмотрим некоторые из них.

Программу **AutoCAD** используют инженеры и конструкторы всего мира для автоматизированного проектирования, подготовки рабочей конструкторской и проектной документации, геодезических программ и систем инженерного анализа. Первая версия системы была выпущена в 1982 году. Весьма примечательно, что представляемая нами программа выпускается на 18 различных языках. Если говорить о наиболее актуальной русскоязычной версии, она локализована полностью, беря во внимание даже интерфейс командной строки, а также полностью всю документацию (исключая лишь руководство по программированию).

Ранние версии AutoCAD оперировали небольшим числом элементарных объектов, такими как круги, линии дуги и текст, из которых составлялись более сложные. В этом качестве AutoCAD заслужил репутацию «электронного кульмана», которая остаётся за ним и поныне. Однако, на современном этапе возможности AutoCAD весьма широки и намного превосходят возможности «электронного кульмана».

В области двумерного проектирования AutoCAD по-прежнему позволяет использовать элементарные графические примитивы для получения более сложных объектов. Кроме того, программа предоставляет весьма обширные возможности работы со слоями и аннотативными объектами (размерами, текстом, обозначениями). Использование механизма внешних ссылок (XRef) позволяет разбивать чертеж на составные файлы, за которые ответственны различные разработчики, а динамические блоки расширяют возможности автоматизации 2D-проектирования обычным пользователем без использования программирования. Так же Автокад включает в себя полный набор инструментов для комплексного трёхмерного моделирования (поддерживается твёрдотельное, поверхностное и полигональное моделирование). AutoCAD

позволяет получить высококачественную визуализацию моделей с помощью системы рендеринга mental ray. Также в программе реализовано управление трёхмерной печатью (результат моделирования можно отправить на 3D-принтер) и поддержка облаков точек (позволяет работать с результатами 3D-сканирования).

Отечественная система автоматизированного проектирования под названием **T-Flex** уже хорошо зарекомендовала себя на предприятиях всей территории СНГ. Это профессиональный программный комплекс, в очередную версию которого вошли сразу пять продуктов: непосредственно САПР, PDM-система для технической подготовки производства, T-Flex Технология - для технологической, T-Flex ЧПУ составления программы работы станка по производству конкретной детали, так же в систему интегрирована среда для инженерных расчетов.

Если говорить непосредственно о T-Flex CAD, то ее отличительными особенностями являются широкие возможности для работы, как с твердотельными объектами, так и с поверхностями, что значительно повышает эффективность труда инженеров-проектировщиков. Кроме стандартных библиотек объектов и операций пользователь может создавать и использовать свои, что способствует накоплению и применению производственного опыта. Элементы оформления можно наносить в автоматическом режиме, при этом поддерживаются как отечественные (ЕСКД), так и международные стандарты (ISO, DIN, ANSI).

Еще одна вариация данного пакета программ **QCad Community Edition** — 2-мерная САПР с открытым исходным кодом, предназначенная для создания машиностроительных чертежей и архитектурных планов. Работает под Windows, Mac OS X и на linux системах. Применяется в таких странах, как Тайвань, иногда даже в качестве стандартного решения компании.

QCad предоставляет различные инструменты для черчения, может работать с растровыми изображениями и содержит множество других инструментов.

QCad не поддерживает DWG-файлы, которые используются в AutoCAD. Однако файлы DXF, с которыми работает QCad, могут быть открыты практически в любой CAD. Кроме того, существуют конвертеры из DWG в DXF.

Выпуск свободной версии QCad Community Edition отстает от профессиональной версии. К примеру, последняя версия Community Edition — 2.0.5.0, в то время как профессиональной — 2.2.2.0. По своей функциональности программа несколько уступает аналогам типа AutoCad, но является одной из немногих полноценных 2D

САПР под Linux/Unix. Работает с использованием библиотеки Qt.

«Компас 3D» еще одна отечественная система автоматизированного проектирования, которая включает в себя множества функций и простой интерфейс, что делает эту программу удобным в использовании. Так же в программе содержится огромное количество библиотек, что в свою очередь упрощает работу в черчении. Не нужно снова чертить унитаза или раковину, как это было раньше. Всё эти элементы есть в библиотеках. Первая программа «Компас 1.0» появилась в 1989 году.

В этой программе довольно просто вывести на печать, готовый начерченный чертёж. Так же программа поддерживает множество форматов чертежа, таких как cdx, dxf, bmp, dwg и другие. Программа «Компас 3D» может открыть чертежи, начерченные на других программах, что делает эту программу уникальной в своём роде. Для удобства в использовании и обучении создатели

программы выпустили версии «LT». В них убрана 3D конфигурация, и программа служит только для 2D черчения, что очень удобно для начинающих пользователей программы. Эта программа широко используется на производстве, в учебных заведениях, государственных учреждениях и оставляет за собой положительные отзывы пользователей.

#### Литература

1. Записки дебианщика [Электронный ресурс] <http://mydebianblog.blogspot.com/>
2. САПР CAD \ CAM \ CAE [Электронный ресурс] <http://rucadcam.ru/>
3. Свободная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс] <http://ru.wikipedia.org/>
4. и-Маш Ресурс машиностроения [Электронный ресурс машиностроения] <http://www.i-mash.ru/>
5. Келли Л. Мэрдок «3ds Max 2008. Библия пользователя».

## РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА ДЕСЕРТНОГО СЕРВИЗА

Капустина А.Н., Радченко В.Ю.

### Введение

Промышленный дизайн включает в себя огромное количество аспектов и направлений применения. Все то, что использует человек должно иметь приятный вид и эргономичную форму. Стекланные изделия в соответствии с назначением подразделяют на три класса: бытовые, архитектурно-строительные и технические. К бытовым стекланным изделиями относят посуду, художественно-декоративные изделия для украшения интерьера, ламповые изделия, зеркала. Главной составляющей является отрасль производства бытовых предметов для частого использования. Столовую посуду, которую называют также сортовой, подразделяют по ряду признаков, основными из которых являются состав стекломассы, способ выработки, вид, фасон, размер и способ украшения. Посуда – та часть промышленности, которая в наше время развита и пользуется большим спросом у всех людей. Кроме своего прямого назначения, такие предметы могут играть эстетическую роль в доме или в искусстве. В данный момент существует большое количество формовых и цветовых вариаций, которые способны угодить самому привередливому покупателю, но в любом случае ему придется покупать то, что есть в магазинах, так как посуда в жизни современного человека занимает не последнее место. По этическим нормам принято пользоваться столовыми приборами и посудой, не только принято, но и чрезвычайно удобно. Другой вопрос: вся ли посуда на рынке удобна в повседневном использовании? Не вся посуда соответствует

эргономическим стандартам. Приятное сочетание цветов для приема пищи, удобство в каждом предмете, правильный выбор материала и технологии изготовления – задачи дизайнера. Упорядоченное выполнение плана позволит добиться хорошего результата, упростить задачу достойной подачи может профессиональный подход к предметному дизайну. В дополнение к идее и ее ручной подаче используется ПО для создания трехмерных моделей. Грамотная визуализация будет доступна и понятна любому человеку. В современных программах трехмерного моделирования можно добиться реалистичности объекта, наглядно представить продукт буквально со всех сторон. В данном проекте использовалось программное обеспечение Autodesk AutoCAD. Программа совмещает работу, как над двухмерными, так и над трехмерными объектами.

### Цель работы.

Основной целью проекта является, через подробное исследование всех на сегодняшний момент существующих

технологий производства посуды, нахождение наиболее интересного решения и, всех имеющихся навыков, создание концепта необыкновенного сервиса.

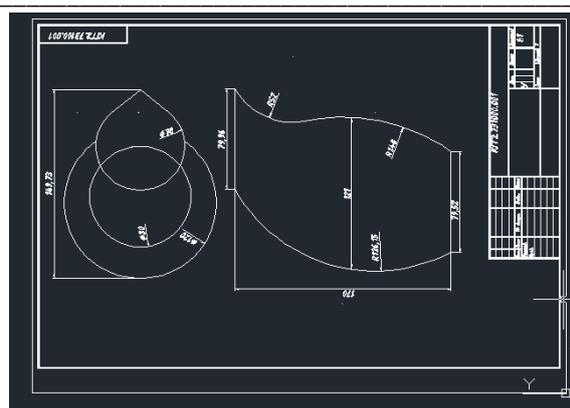


Рис. 1. Рабочие чертежи изделий

Следуя всем этапам дизайн-проектирования, были выполнены чертежи эргономичных форм всех элементов сервиза. Ручные чертежи были перенесены в AutoCAD, где стали более четкими и проработанными. В задачи проекта входило также знакомство и работа в двумерной и трехмерной графике в Autodesk AutoCAD.

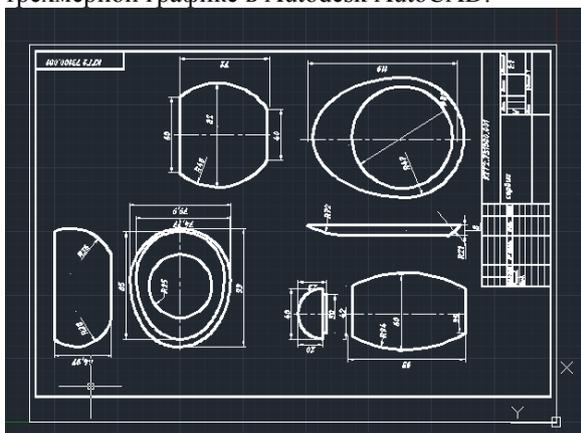


Рис. 2. Рабочие чертежи изделий

### Новизна проекта

На основе изученного материала электронных и бумажных источников основным материалом было выбрано стекло.

Обычно стекло подкрашивают, наносят рисунок сверху, используют гравировку и т.п. Глазурь и стекло совместно в массовом производстве не используют. Разнообразие стеклянной посуды велико, но только в последнее время продукция обогатилась изделиями из небьющегося стекла, это достигается путем закалки.

Закаливание стекла производится при помощи нагревания более чем до 600 °C с последующим резким охлаждением, из-за чего в стекле создается напряжение сжатия, это и повышает его устойчивость к перепадам температуры и механическую прочность. Покрытие глазурью повышает устойчивость к сколам и повреждениям от столовых приборов.

В этом проекте совмещение стекла и глазури для достижения цели можно решить на

технологическом уровне. Так как закалка и глазуровка проходят примерно при одной температуре. Такие технологии как прессование и выдувание позволяют изготовить основные формы элементов сервиза. Затем глазуруется внутренняя поверхность изделий и подвергается термической обработке. После чего струями воздуха охлаждаются внешние поверхности изделий - процессы закалки и глазуровки в один этап производства. Решается две задачи: практичность и эргономичность изделий, необычный и привлекательный сервиз

В данном проекте были использованы максимально простые формы для создания акцента на технологию. Предметы сервиза имеют образы тропических фруктов. На примере ананаса показаны художественные возможности глазури. Возможность создавать любые текстуры для всевозможных существующих образов или абсолютно новых.

Автоматизировать и массовое производство изделий предложенной технологией вполне реально.

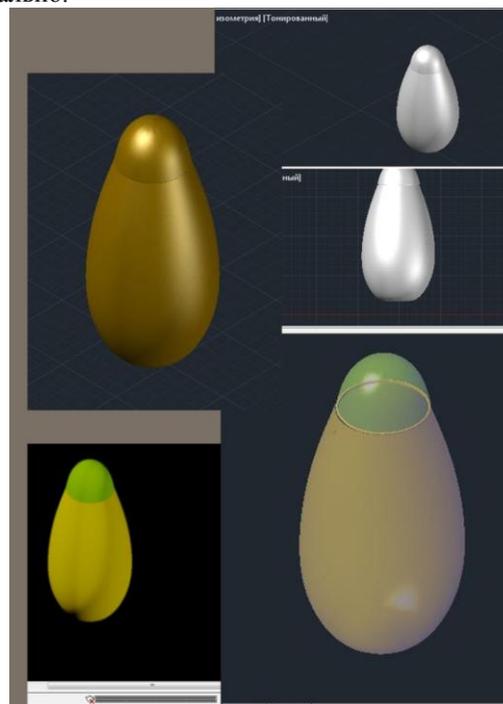


Рис. 3. Трехмерная модель объекта



Рис. 4. Ручная художественная подача проекта

#### Заключение

В ходе теоретического исследования остались некоторые вопросы, связанные с нюансами технологии. Данный проект требует экспериментального метода и практической доработки.

Основные задачи были решены: необычный дизайн и попытка предложения новой технологии.

Так же в ходе работы был изучен рынок посуды и сервизов. Даже для повседневного

использования все предметы и изделия должны быть красивыми и уравновешенными, приносить кроме своего прямого назначения эстетическое наслаждение и иметь приемлемый срок службы.

#### Литературы

1. Технология стеклотары и сортовой посуды. Юдин Н.А. Запорожский А.И.;
2. Электронная энциклопедия [электронный источник] <http://www.treeland.ru> дата последнего доступа - 05.04.12;
3. Аппен А. А., Химия стекла, 2 изд., Л., 1974;
4. Воронов Н. В., Рачук Е. Г., Советское стекло, [Л.], 1973;
5. Рожанковский В. Ф., Стекло и художник, М., 1971;
6. "Либрусек" - электронная библиотека [электронный источник] <http://lib.rus.ec> дата последнего доступа - 02.04.12;
7. Шелковинков Б., Русское художественное стекло, Л., 1969;
8. Батанова Е. И., Воронов Н. В., Советское художественное стекло, [М., 1964];
9. Безбородов М. А., Очерки по истории русского стеклоделия, М., 1952.

## ТЕКСТУРНАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ. АЛГОРИТМ, ОСНОВАННЫЙ НА ФИЛЬТРАХ ГАБОРА

Козлова И.А.

Томский политехнический университет  
[lisaykakira@mail.ru](mailto:lisaykakira@mail.ru)

#### ведение

Сегментация изображений – одна из главных задач распознавания изображений. Это разделение изображения на несколько областей, которые отличаются друг от друга элементарными признаками, такими как яркость, цвет, текстура, форма. Сегментация позволяет выделить участки изображения, которые могут рассматриваться однородными. Неправильное выделение сегментов на изображении в конечном счёте может отразиться на качестве распознавания и даже сделать его невозможным. Поэтому задача сегментации является чрезвычайно важной и актуальной.

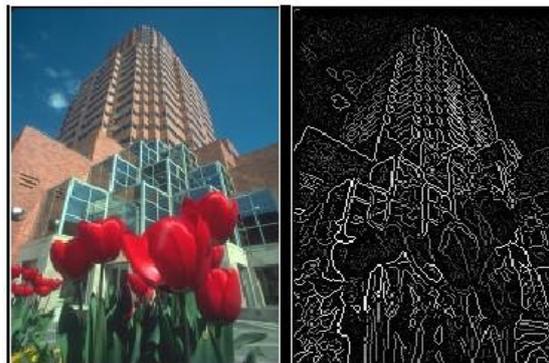


Рис. 1. Результат применения фильтра Canny

В настоящее время сегментация изображений имеет множество практических применений: распознавание лиц, выделение объектов на спутниковых снимках, медицина, машинное зрение и т.д. Одной из основных задач в области компьютерного зрения является задача извлечения информации и знаний из изображений. Сегментация позволяет уменьшить объем информации на изображении и облегчить его анализ. Кроме того, решение задачи сегментации изображений является ключевым для

многих других задач и методов компьютерного зрения, таких как: распознавание, идентификация, обнаружение, слежение за перемещениями объекта.[4] Ниже приведен пример текстурной сегментации изображения с помощью фильтра Canny.

Алгоритм, основанный на фильтрах Габора, очень полезен при выявлении направления текстуры. Это является главным достоинством алгоритма. При цифровой обработке изображений этот фильтр применяется для распознавания границ объектов. Это очень удобно. Выделение границ объектов играют важную роль в системах *Computer Vision* и применяются для задач распознавания сцен и выделения (определения) объектов.[5] Обе RGB и HSL цветовых модели являются пригодными для использования данного алгоритма. Необходимо отметить, что данный алгоритм не так популярен, как, например, алгоритмы теории графов. Поэтому алгоритм, основанный на фильтрах Габора, вызывает наибольший интерес для разработки и дальнейшей его реализации.

Алгоритм, использующий фильтры Габора подразделяется на 3 этапа:

- разложение исходного изображения с использованием фильтров Габора;
- функция извлечения;
- кластеризация.

В некоторых предметных областях возникают трудности с определением правил, по которым выполняется сегментация, к тому же после определения оптимального правила сегментации возникает множество вычислительных проблем связанных с нахождением необходимой сегментации.

### Реализация алгоритма текстурной сегментации, основанного на фильтрах Габора

Пусть имеется исходное изображение. Алгоритм, использующий фильтры Габора, основан на работе с двумя матрицами: матрицей изображения и матрицей-фильтром. Исходное изображение может быть представлено в виде матрицы  $I$ , матрицы изображения, заполненной значениями – пикселями. Эти значения помещаются в каждую ячейку матрицы.

Матрица  $G$ , матрица-фильтр, представлена матрицами  $5*5$ ,  $10*10$ ,  $20*20$ ,  $40*40$ .

Матрица-фильтр и матрица изображений накладываются друг на друга. Матрицу  $G$  необходимо расположить таким образом, чтобы ее центр находился в начале координат. Матрица  $G$  накладывается на матрицу  $I$  следующим образом: первая ячейка матрицы  $G$  должна соответствовать первой ячейке матрицы  $I$ , вторая ячейка – второй и т.д. Далее при исчерпании ячеек матрицы  $G$ , необходимо перенести матрицу далее – вдоль изображения (так как матрица  $I$  в сотни раз больше матрицы  $G$ , это зависит от

разрешения изображения) с каким-то шагом. Когда матрица  $G$  доходит до конца изображения, необходимо перенести ее уже вниз с таким же шагом. Этот процесс продолжается до тех пор, пока матрица  $I$  не закончится. Фундаментальной формулой, используемой в ходе реализации алгоритма, является следующая:

$$g(x, y; \delta, \theta, \varphi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x'}{\delta} + \varphi\right)$$

(1)

где

$$x' = x \cos\theta + y \sin\theta$$

(2)

$$y' = -x \sin\theta + y \cos\theta$$

(3)

В этом уравнении:

$\delta$  - представляет собой длину волны множителя-косинуса,

$\theta$  - определяет ориентацию нормали параллельных полос функции Габора в градусах,

$\varphi$  - определяет сдвиг фаз в градусах,

$\gamma$  - коэффициент сжатия.[1]

В результате получается 16 массивов. Эти 16 значений получаются в после применения разных углов аспекта, то есть угол аспекта равен  $\theta = 0, \pi/4, \pi/2, 3\pi/4$ , а также в результате применения разных масштабов:  $5*5, 10*10, 20*20, 40*40$ .

Таким образом, в результате перебора всех пикселей, вычисляется 16 массивов:  $x_1, x_2, \dots, x_{16}$ . Чтобы получить значение  $x_1$ , каждый фильтр накладывается на исходное изображение. Соответствующие элементы фильтра и изображения перемножаются и складываются. Результат записывается в  $x_1$ . Далее – сдвиг фильтра, для вычисления значения  $x_2$ , которое получается таким же образом как и  $x_1$ . Такие вычисления продолжаются, пока фильтр не дойдет до конца изображения, то есть не вычислит значение  $x_{16}$  для первого пикселя. Так как изображение состоит из большого числа пикселей, вычисления производятся для всех точек.

Следующим шагом является метод  $k$ -средних.

Кластеризация — это разделение множества входных векторов на группы (кластеры) по степени «схожести» друг на друга.

Ниже приведена диаграмма классов, выполненная в программе *Rational Rose*, отображающая методы и свойства реализованных классов.

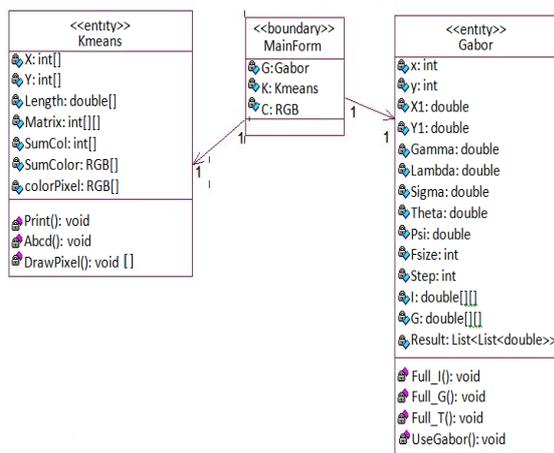


Рис. 2. Диаграмма классов, изображающая структуру алгоритма

Наиболее простой, он в то же время достаточно неточный метод кластеризации в классической реализации. Он разбивает множество элементов векторного пространства на заранее известное число кластеров  $k$ . Действие алгоритма таково, что он стремится минимизировать среднеквадратичное отклонение на точках каждого кластера. Основная идея заключается в том, что на каждой итерации вычисляется центр масс для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге, затем векторы разбиваются на кластеры вновь в соответствии с тем, какой из новых центров оказался ближе по выбранной метрике.[3] Действие алгоритма таково, что он стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров:

Алгоритм завершается, когда на какой-то итерации не происходит изменения кластеров.

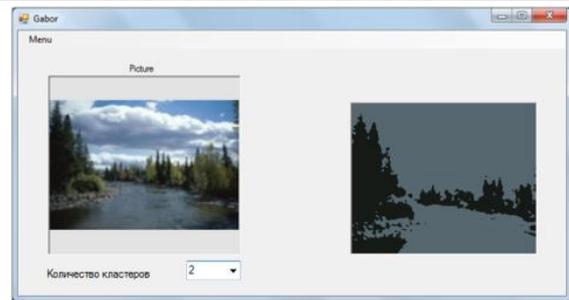


Рис. 3. Результат реализации алгоритма, основанного на фильтрах Габора

### Заключение

Как результат реализации алгоритма, основанного на использовании фильтров Габора, можно выделить следующее:

- не требует большого количества вычислений;
- позволяет работать как с RGB-моделью, так и с HSL-цветовой моделью;[2]
- высокая эффективность и быстродействие.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Учебник по фильтрам Габора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mplab.ucsd.edu/tutorials/gabor.pdf>, свободный
2. Эффективная сегментация изображений на графах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/81279/>, свободный
3. Метод  $k$ -средних [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.basegroup.ru/glossary/definitions/k\\_mean/](http://www.basegroup.ru/glossary/definitions/k_mean/), свободный
4. Методы текстурной сегментации: интерактивная сегментация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/172>, свободный
5. Исследование методов сегментации изображений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/fknt/savchenko/dis/index.htm>, свободный

## СИСТЕМЫ «КОМПАС 3D» И «AUTODESK INVENTOR» И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В 3D МОДЕЛИРОВАНИИ

Мартикян М.Г.

Научный руководитель: кафедра НГГ Фех А.И.

Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет

[Septum1@yandex.ru](mailto:Septum1@yandex.ru)

### Введение

Значение 3D моделирования в инженерном деле неописуемо. Современная инженерия зашла слишком далеко в технологическом развитии. Человек создал колоссальную гелиобразную систему, в центре которой поместил себя, а

вокруг свои творения, мысли и чувства. Одними из этих творений являются детали, разнообразные сборки и вся современная техника. Издавна люди воплощали в жизнь свои идеи с помощью пера и бумаги, они были в некотором роде переправой через «реку мыслей» человечества на «берег»

реальности нашего бытия. Одним из таких ярких примеров являются древние египетские зодчие, фиксирующие свои идеи на папирусе. Шло время, техника развивалась, создавались все более сложные и сложные машины, требующие огромных усилий на осмысление и изображение их на бумаге. Перед человечеством возник ряд проблем, связанный, в первую очередь, с большой трудоёмкостью работы, затрачиваемой на составление чертежа детали. Таким образом, человек, в силу своей гениальности, начал создавать программы, с помощью которых можно легко воспринимать информацию о детали и не тратить большого количества сил и главного компонента – времени, на составление чертежа детали и её 3D модели.

Целью настоящей работы было исследование, сопоставление и сравнение двух различных сред для 3D моделирования: Среда Autodesk Inventor и система Компас-3D. Исследование проводилось на построении одной и той же модели Фильтра-отстойника в разных средах 3D моделирования.

В ходе эксперимента детали и чертежи Фильтра – отстойника моделировались сначала в среде Inventor, а затем в системе Компас 3D с дальнейшим измерением затраты времени на составление каждой детали.

#### **Функциональные возможности системы Компас 3D.**

В системе Компас 3D трехмерную модель можно построить с использованием двух технологий: моделирование твердых тел и поверхностное моделирование. Их совместное использование позволяет решать самые разнообразные конструкторские задачи.

Построение трехмерной твердотельной модели заключается в последовательном выполнении операций объединения, вычитания и пересечения над простыми объемными элементами (призмы, цилиндры, пирамиды и т.д.), из которых и состоит большинство механических деталей. Многократно выполняя эти простые операции над различными объемными элементами, можно построить сложную модель.

Технология поверхностного моделирования позволяет создавать изделия сложной формы. Поверхности можно создавать разными способами. Обычно вначале создаются пространственные сетки кривых, на основе которых формируются отдельные участки поверхности изделия. В процессе построения поверхности плавно сопрягаются друг с другом и сшиваются, образуя единую сложную поверхность.

Трехмерные сборки представляют собой модели, включающие в себя детали, под сборки и стандартные изделия. Сборки можно создавать методами проектирования "снизу вверх" и "сверху вниз". В первом случае вначале создаются отдельные компоненты, которые затем

добавляются в сборку и точно позиционируются друг относительно друга с помощью специальных команд (сопряжений). Во втором случае компоненты сразу создаются на нужном месте в контексте сборки.[1]

Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

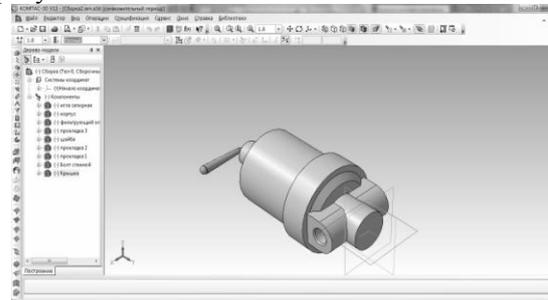


Рис. 1. Интерфейс системы Компас 3D

#### **Функциональные возможности среды Autodesk Inventor.**

Autodesk Inventor предоставляет полный набор инструментов проектирования для создания и проверки правильности цифровых 3D прототипов, а также для составления документации. Модель Inventor является цифровым 3D прототипом. Прототип позволяет визуализировать, моделировать и анализировать работу продукта или детали в реальных условиях до их создания. Таким образом, производители смогут быстрее выйти на рынок с большим количеством инновационных продуктов, создав, при этом, меньше физических прототипов. Создание деталей и сборок в Inventor осуществляется в интуитивно-понятной среде трехмерного проектирования. Технологи имеют возможность сконцентрировать внимание на функционировании конструкции и автоматически создавать интеллектуальные компоненты, такие как стальные каркасы, ротационные машины, трассы труб и трубопроводов, электрические кабели и кабельные системы. Тесно интегрированное моделирование движения и анализ напряжения в Inventor просты в использовании. Они предоставляют инженерам возможность оптимизировать и утвердить цифровой прототип.

Составление производственной документации для проверенного цифрового 3D прототипа сокращает число ошибок и конструкторских изменений на этапе подготовки к производству. Inventor предлагает быстрый и точный вывод чертежей, готовых для производства, на основе 3D модели.

Inventor тесно интегрирован с приложениями по обработке данных Autodesk®. Такая интеграция позволяет производить эффективный и безопасный обмен цифровыми данными проекта и способствует более раннему началу совместной работы групп по проектированию и производству. Различные рабочие группы могут управлять

всеми компонентами цифровых прототипов и отслеживать эти компоненты с помощью программы Autodesk® Design Review. Данное программное обеспечение используется для просмотра, измерения, разметки и отслеживания изменений проектов при помощи цифровых технологий. Пользователь может повысить эффективность использования важной информации проекта, работать со спецификациями и взаимодействовать с другими командами и партнерами.[2]

Интерфейс программы представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Интерфейс среды Autodesk Inventor

Для сравнения производительности программ на рисунке 3 приведены дифференциальные кривые эффективности каждой среды. По оси ОХ располагается шкала времени, по оси ОУ количество деталей и чертежей.

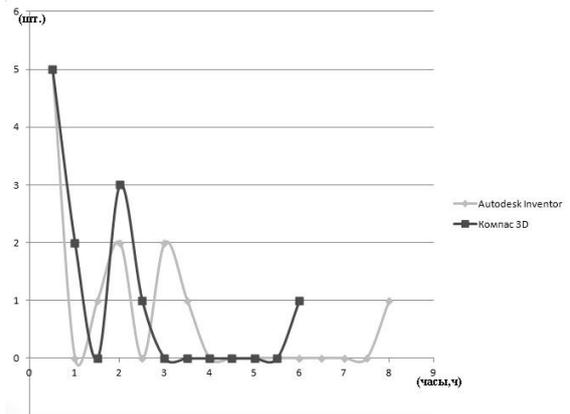


Рис. 3. Дифференциальные кривые зависимости количества деталей от времени

Общее время, потраченное на изготовление 6 деталей и 6 эскизов в среде Autodesk Inventor, составило 22,5 ч. В системе Компас 3D – 19ч.

#### Заключение

Результаты исследования показали, что если время ограничено и требуется создать за короткое время твердотельную модель, то лучше работать в системе Компас 3D, но среда Autodesk Inventor ничем не уступает, наоборот, она намного функциональнее своего соперника, в ней можно применять множество полезных и необходимых функций для современного инженера.

#### Литература

1. Справочник системы Компас 3D [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://kompas.ru/read/>, свободный.
2. Справочник Autodesk Inventor [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.autodesk.com/inventor-rus>, свободный.

## БУРЯТСКИЕ ОРНАМЕНТЫ

Намсараев Ю.Ц., Долотова Р.Г.

Томский политехнический университет  
Promrshfeff666@mail.ru

### Введение

К культурным ценностям любого народа относятся орнаменты, которые широко распространены в быту, народном искусстве, архитектуре и т.д. Орнаменты мы видим везде. Они – одно из древнейших проявлений народного творчества. Слово «орнамент» - латинского происхождения, в переводе означает «узор», «украшение». Латинский корень – cultus (культ, культура) восходит к древности, связан с почитанием духов, богов, напоминает о связях орнамента с представлениями человека о Вселенной.

Орнамент как явление культуры нашел свое наибольшее воплощение в народном творчестве. Постепенно складывались устойчивые формы и принципы построения узора, во многом

определившие национальные художественные традиции разных народов.

### Первые шаги к искусству

Основным источником создания орнамента явилась природа: человек давно подсмотрел у природы его «образцы». Всевозможными узорами «расписала» она крылья бабочек, спинки гусениц и змей, создала листья и цветы множества разных растений.

Все многообразие орнаментов разделяется на пять основных групп:

- геометрические (ломанные, прямые, зигзаги, круги, ромбы, звезды...);
- зооморфные или анималистические;
- растительные (листья, цветы, плоды, лотос);

- природные, или космогонические (солнце, луна, вода, огонь...);
- культовые.

### Геометрические

*Меандр* у монгольязычных народов выражает идею вечного движения. Но в самом названии меандра «алханхээ», связанном с древним орудием труда, отразилось уважение скотоводческих племен к ремеслу рис. 1, а.

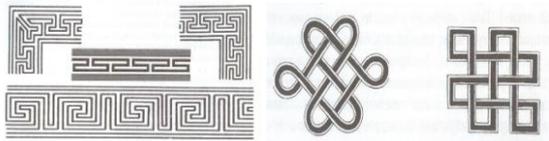


Рис. 1 Геометрические орнаменты

*Улзы* – «плетенка» - древний орнамент, символизирующий счастье, благополучие, долголетие. Улзы принято считать индийским по происхождению. В буддийском искусстве – мистическая диаграмма, одно из восьми буддийских жертвоприношений, означающее бесконечный цикл перерождений в мире людей.

*Круг* символизирует вечность, бесконечность, представляет небесную сферу в противоположность квадрату Земли. Образцом изначального круга служил диск Солнца, и все остальное строилось по этому подобию. Линия круга – это единственная линия, которая не имеет ни начала, ни конца. Центр круга, от которого равно удалены все точки, является точкой бесконечного вращения в пространстве и времени.

*Свастика (хас)* - слово, составленное из двух санскритских корней: существительного «благо» и глагола «быть» или «состоять», т.е. «благостояние», «благополучие». В Индии свастика традиционно рассматривалась как солярный знак – символ жизни, света, щедрости и изобилия. Чингисхан носил на правой руке перстень с изображением свастики, в которую был вправлен великолепный рубин – солнечный камень.

*Инь-Ян* – символ двойственности мира. В древней китайской философии – взаимодополняющие друг друга элементы, несут в себе: Инь – холодное, пассивное, влажное женское начало, Ян – горячее, активное, сухое мужское.

### Зооморфные

Самым распространенным орнаментом этой группы является изображения рога – *эбэругалза* (в буквальном переводе означает «роговидный орнамент») рис. 2, а.



Рис. 2 Зооморфные орнаменты

На календарях Литэ, на ножках, на нагрудных украшениях гуу изображают 12 животных восточного календаря. Изображение каждого животного имеет свой смысл, свою символику: *мышь* – животное, с которого начинается 12-летний цикл, - атрибут божества Намсарая, дарующего людям богатство; *Обезьяна* означает человеческую фантазию, которая резвится на древе воображения; *тигр* – храбрость, в буддизме – один из четырех животных – оберегов; *змея* – мудрость; *Дракон* – мифический персонаж, известный с древнейших времен, в переводе с греческого языка означает «видящий». Одним из популярных мотивов зооморфной группы является фигура *льва*, рис. 2, б. При входе в любой дацан Бурятии, Монголии, Тибета, Китая устанавливается каменное изваяние льва – как символ силы и оберег, мимо которого не пройдет зло, силы, враждебные веры.

В индуистской и монгольской мифологиях, в произведениях устного народного творчества кочевников встречается образ царя птиц – *Гаруды* (в переводе с санскритского – пожиратель). Это вариант вещицы птицы Симурга (у фарси), жар-птицы (у славян), прообраз всех восточных птиц.

*Черепаха* – важный мифический символ Индии, Китая, Японии и некоторых других стран Дальнего Востока. Рельефы и сегменты на панцире – своеобразные лабиринты – воспринимались как письмена, поэтому черепаха является также символом мудрости.

*Слон* – символ власти и силы олицетворяет элемент земли. Белый слон священен в буддизме, олицетворяет терпение, мудрость и опыт Будды.

### Растительная

Растительный орнамент отражает важнейшую ступень в познании мира человеком, этап осмысления законов природы. В глубокой древности был открыт первый закон природы – закон жизни и смерти. Деревья, растения – символы материнства, плодородия и воплощения жизненной энергии, многозначный символ, известный практически всем народам мира, рис. 3.

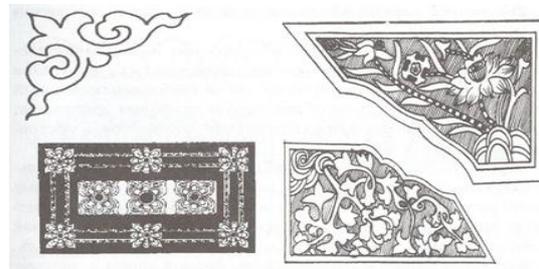


Рис. 3. Растительные орнаменты

Каждый народ поклонялся, обожествлял то дерево, то растение, с которым чаще всего соприкасался в повседневной жизни. У многих народов есть свои деревья – святыни, деревья – символы. Лиственное дерево, ежегодно меняющее листву, - символ обновления жизни. Для

понимания символики растительного орнамента важно равнозначно принимать как целое растение, дерево, так и его части – ветви, плоды, цветы, побеги, росток и т.д. Изображение целого растения и его частей имеет одно и то же значение.

#### Природные

Главными объектами создания этой группы являются, прежде всего, древнейшие культы почитания и поклонения человечества – Солнце, Луна, звезды, огонь, вода, горы, облака, радуга. *Огонь* – символ возрождения, очищения. *Молния* символизирует непобедимость, концентрацию энергии, крепость и подъем духа.

*Вода* символ всего неизведанного, непонятого и опасного. *Гора, скала* – символ твердости, устойчивости и постоянства. *Радуга* символизирует связь между небом и Землей – мост между ними; чистоту, красоту и радость, ибо радуга появляется на небе после дождя, радуя своими красками глаза и душу человека. *Облака* символ духовного развития и совершенства, рис. 3, а.

#### Культовые

*«Наймантахил»* - («8 подношений», «8 сокровищ», «8 эмблем славы», «8 знаков счастья», «8 благоприятных символов», «8 жертв») – набор из восьми предметов, используемых в культовой практике буддизма, рис. 3, б.

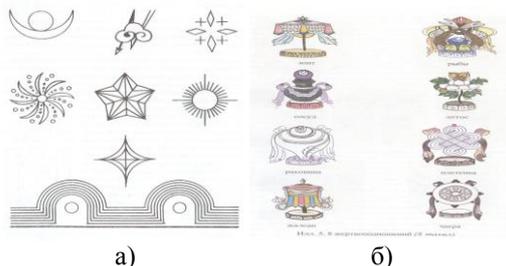


Рис. 3. Природные и культовые орнаменты  
Встречаются в каждом буддийском дацане, на алтарных столиках в юртах и домах верующих

буддистов. Могут быть отлиты из металла, вырезаны из дерева, нарисованы на ткани или бумаге. Эти изображения означают:

- *Зонт – шухэр* – защищает от злых помыслов;
- *Две золотые рыбы – сырня* – символизируют бдительность;
- *Сосуд – бумбэ* – наполненный напитком бессмертия, сокровища благих намерений;
- *Цветок лотоса – бадмасэсэг* – символ божественного происхождения;
- *Раковина – дунгар* – символ блаженной страны;
- *Плетенка – улзы* символ бесконечного цикла перерождений в мире людей;
- *Штандарт – жалсан* – символ горы Сумеру, центра буддийской Вселенной;
- *Чакра-хорло* – колесо с восемью спицами, символ восьмеричного пути к совершенству.

Каждый из них – особенно лотос, улзы, чакра, рыбы – мог изображаться по отдельности и выступать как орнаментальный мотив в искусстве и как объект культа.

#### Заключение

Бурятская орнаментика пока ещё мало исследована. Она хранит в себе множество загадок, раскрытие которых значительно обогатит представления о самобытной культуре бурятского народа.

#### Литература:

1. *Бабуева В.Д. Материальная и духовная культура бурят. Учебное пособие.* - Улан-Удэ, 2004.- 228 с.
2. *Бурятский орнамент в творчестве Лубсана Доржиева.* - Улан-Удэ, 1992.
3. *Бурятский бытовой орнамент.* /Сост. Е.Б. Батоцыренова; Отв. Ред. И.И. Соктоева.- Улан-Удэ, 1974.

## АНАЛИЗ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОГРАМ И ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ 3D МОДЕЛИ

Невидниченко О.П., Толкачева К.П.

Научный руководитель Толкачева К.П.  
Томский политехнический университет  
[nevidnyak90@mail.ru](mailto:nevidnyak90@mail.ru)

Главной задачей для успешного проектирования осветительной установки (ОУ) – правильный выбор светотехнической программы. Выбор программы зависит от: типа ОУ и ее сложности; присутствия естественного освещения; типа или классификации объекта освещения (интерьер, ландшафт, архитектура и пр.); требуемых выходных расчетных данных (т.е. растрового изображения, таблицы освещенностей, 3D модели освещения, пространственного или

плоскостного распределения освещенности или яркости и пр.); имеющихся исходных данных по объекту; количества предполагаемого рабочего/затраченного времени на выполнение проекта.

Для эффективной помощи проектировщику при выполнении расчетов светотехническая программа должна иметь [1]:

- интуитивно понятный и привычный для проектировщика интерфейс;

- удобную базу данных о световых приборах (СП); возможность внесения в неё СП разных компаний (база должна работать со стандартными форматами описания светильников (IES, LTD, ULD, TM14 и т.д.)<sup>1</sup>;

- возможность рассчитывать разнообразные светотехнические параметры и характеристики (освещенность, яркость, показатель дискомфорта, изолюксы и т.д.) при точности расчета не менее 10%<sup>2</sup>;

- собственные средства для построения 3D сцен либо иметь возможность импорта сцены из специализированных 3D редакторов (работа с 3ds или dxf/dwg-форматами);

- визуализацию результатов для зрительной оценки качества освещения.

Это не полный список требований, предъявляемых к качественной светотехнической программе. Для создания программы, которая будет соответствовать всем требованиям, не только технически сложно (дорого), но и не рационально. Поэтому в основном программы имеют достаточно узкую специализацию. Например, одни создают визуальные картинки и анимационное видео; подходят для внутреннего и архитектурного освещения, другие специализируются на расчете дорожных развязок и магистралей. Выделяется 3 основных производителя светотехнических программ:

Европейские	DiaLux (Германия), Relux (Швейцария), LiteStar (Италия)
Американские	Lightscape 3.2, 3D studio Viz 2006
Отечественные	Light-in-Night, WinElse

Европейские и американские программы представляют сложные программные комплексы; их разработку осуществляют, как правило, крупные специализированные фирмы (например, Autodesk).

Особенности распространенных программных продуктов среди светотехников представлены в табл.

Таблица. Анализ светотехнических программ

DiaLux – программный инструмент для расчета интерьерного и уличного освещения с возможностью создания расчета фотореалистических изображений среднего качества [2]	
Бесплатное	Не удобно

<sup>1</sup> Под форматами описания СП понимается их электронное светораспределение по углам с краткой дополнительной информацией о нем (форматы IES, LTD). В программе Dialux поддерживается формат ULD (иметь полное представление о СП: КСС, трехмерное изображение, фотографии, габаритные чертежи).

<sup>2</sup> Обусловлено суммарной погрешностью измерения КСС СП, точностью задания коэффициентов отражения поверхностей и неточностью аппроксимации КСС программой.

распространение и постоянное обновление; поддержка базы светового оборудования ведущих западных производителей; расчет естественного, аварийного освещения.	реализована работа с 3D объектами и их создание; недоработана операция переноса 3М сцен из редакторов 3М графики.
---	---

RELUX Professional – программный инструмент для создания трех видов проектов: интерьер, улица, наружное освещение [3]

Комплексная программа; в ее состав входят еще два Plug-In-a: Relux Vision и Relux CAD.	Платная; не обновляются конструкторские базы.
--	---

Lightscape – имеет большинство алгоритмов по расчету распределения освещенности в 3D сценах и построения фотореалистичных изображений [4]

Изменяются параметры расчета распределения трассировки лучей; широкий набор инструментов по работе с материалами и текстурами,	Последняя версия программы 1999г, слабо реализован редактор по работе и созданию 3D объектов.
--	---

Распространенным светотехническим продуктом среди светотехников является DIALux. Для реализации дизайн проекта по архитектурному освещению есть несколько вариантов:

- Импорт готовой 3D модели (поддерживаемые форматы DIALux: 3ds, DWG и DXF). Создается пустая сцена наружного/внутреннего освещения, затем импортируется необходимый файл (файл > импорт >). Время ожидания импорта зависит от сложности объекта.

- Разработка 3D модели объекта в самой программе.

Рассмотрим подробнее данную методику, на примере построения Казначейства, по адресу г. Томск, Фрунзе 22. Методика построения состоит из 3 этапов.

1 этап – создание объекта с помощью стандартных элементов (квадрат, цилиндр, конус, экструдер, расположенные в менеджере проекта).

2 этап – создание необходимой конфигурации объекта, применяя операции: объединение, вычитание. На данном этапе можно изменять габаритные размеры и форму объектов. Для создания здания Казначейства был использован стандартный элемент квадрат. Выступающая стеклянная часть здания создана с помощью двух квадратов и двух призм путем их объединения. Крыльцо создано с помощью цилиндра и объединения его с основным квадратом (рис. 1).

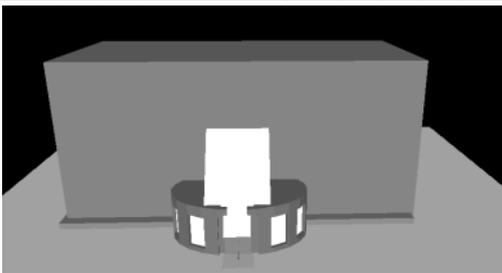


Рис. 1. Построение объекта

3 этап – придание реалистичности объекту (работа с текстурами). DIALux поддерживает 2 возможности применения текстур (материалов):

- наложение материала на "реальную" поверхность (мебель, стены, окна, двери): на одну поверхность (удерживая клавишу SHIFT), распределение на все поверхности-стены, потолок, пол (удерживается клавиша CTRL);
- вставка собственных материалов (в формате \*.bmp, \*.dib, \*.jpg и \*.gif-форматах). DIALux автоматически конвертирует файл изображения в необходимый формат. Коэффициент отражения рассчитывается, используя RGB-значения.

На рис. 2 предоставлена комбинированная работа с текстурами.



Рис. 2. Применение текстур

Завершающий этап: создание светового оформления здания. Главным для концепции освещения применение локальной подсветки, так как выбранный объект не имеет сложной архитектурной формы. Для выделения объекта

использовались линейные СП Cree XPE 100 Q4, холодно-белого свечения ТМ XLight – 18 штук, P= 48 Вт. Освещение зоны вход/выход СП – TC-DEL Тм Fagerhult – 2 штук, P=14 Вт. Общая P<sub>0У</sub>=892 Вт, распределение яркости по фасаду от 10-20 кд/м<sup>2</sup>, что соответствует нормативным требованиям.



Рис. 3. Готовая 3D модель

#### Литература

1. Макаров Д.Н. Методы компьютерного моделирования осветительных установок [Электронный ресурс] : дис. ... канд. техн. наук / Д.Н. Макаров – М., 2007. – 146 с.– Электрон. версия печат. публ. – Доступ из "Философия света: Материалы".
2. Официальный сайт программы DIALux [Электронный ресурс] // URL: <http://www.dial.de> (дата обращения: 19.09.2012).
3. Официальный сайт программы RELux [Электронный ресурс] // URL: <http://www.relux.biz/> (дата обращения: 19.09.2012).
4. Lightscape [Электронный ресурс] // Светотехническое сообщество ЭкспертЮнион – Электрон. журнал, 2007-2008. – URL: <http://www.expertunion.ru/programmi/lightscape.html> (дата обращения: 19.09.2012).
5. Учебное пособие по программе DIALux // [Электронный ресурс] // URL: <http://www.dialux-help.ru/> (дата обращения: 19.09.2012).

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ AUTOCAD: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРИЕМУЩЕСТВА

Нига́й А.Г., Дайна́тович Т.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[nigayalexandr@mail.ru](mailto:nigayalexandr@mail.ru)

В настоящее время для повышения производительности труда и качества выполнения чертежей многие конструкторы, проектировщики и архитекторы переходят к компьютерным системам автоматизированного проектирования (САПР), а предприятия и фирмы - работодатели ориентируются на компьютерные методы построения чертежей.

Особое место среди пакетов САПР занимает продукт фирмы Autodesk – AutoCAD (Automated

Computer Aided Drafting and Design – Автоматизированное компьютерное черчение и проектирование). AutoCAD – наиболее распространенный в мире и доступный пакет САПР. Он предназначен в первую очередь для создания чертежей и выпуска с его помощью проектной документации самых различных отраслей.

Преимущества автоматизированного черчения по сравнению с черчением вручную заключается в следующем:

- Точность. Если система AutoCAD правильно настроена, то рисовать линии, окружности и другие фигуры с точными размерами гораздо проще в AutoCAD, чем на бумаге.

- Простота внесения изменений. Чертежи намного легче исправлять на экране компьютера, чем на бумаге.

- Производительность. С помощью AutoCAD чертежные работы выполняются значительно быстрее, чем вручную, особенно в тех случаях, когда один чертеж содержит несколько одинаковых фрагментов (например, чертёж многоэтажного здания).

Поскольку AutoCAD обладает более 1000 различных возможностей, совсем непросто охватить широту и глубину этой программы в простом перечне функций. Поэтому я расскажу о преимуществах использования этой программы[1].

Доступность и удобство - это то, что делает программное обеспечение прозрачным для пользователя, проще говоря, пользователь не должен быть экспертом по использованию AutoCAD для того, чтобы использовать программу. Даже новичок в этой программе без особого труда сможет выполнить чертёж средней сложности. Это также то, что позволяет пользователям концентрироваться на их непосредственной работе - проектированию и черчению. Эти вопросы были в зоне повышенного внимания разработчиков AutoCAD.

В настоящее время AutoCAD - самая распространенная программа для выполнения чертежей в мире. Миллионы людей - учащиеся и студенты, профессиональные инженеры, конструкторы, проектировщики и архитекторы - ежедневно пользуются ею для создания чертежей и схем. Более 20 лет AutoCAD является стандартом в области систем автоматизированного проектирования (САПР) и подготовки конструкторской и технической документации. В программе заложены функции позволяющие проектировать и создавать документацию для всех отраслей промышленности и народного хозяйства. Программа позволяет выполнять архитектурные, строительные, машиностроительные чертежи, чертежи деталей машин, инструментов, станков, грузоподъемных машин и механизмов, машин непрерывного транспорта, инженерных систем (вентиляция, электрика, канализация, водоснабжение, отопление), планы озеленения улиц, различные схемы и многое другое[3].

В современной инженерной деятельности, в создании чертежа крупного, инновационного или весьма дорогого проекта, чаще всего принимают

участие несколько специалистов. Разработчики программы AutoCAD взяли этот факт во внимание и для удобства включили функцию коллективной выполнения чертежа. Благодаря этому в AutoCAD можно организовать коллективную работу, когда люди работают с одним файлом и всем сразу видны изменения и правки не зависимо от того, где территориально находятся и на каком расстоянии друг от друга участники коллективной работы. На сегодняшний день эта возможность является очень актуальной. (Доступна только в последних версиях AutoCAD)[1].

AutoCAD позволяет передавать другим людям ваше видение проекта с помощью мощных средств визуализации, таких как анимация и реалистичное тонирование. Анимация помогает обнаружить любые изъяны на ранних этапах проектирования, а значит до того, как они смогут доставить серьезные проблемы.

Ещё одно преимущество AutoCAD над похожими программами - это простота и лёгкость использования. Каждый пользователь может настроить программу под себя, как ему будет удобно, чтобы увеличить производительность своего труда и сократить время на проектирование.

Чтобы пользоваться этой программой, Вам не надо быть программистом, достаточно обладать знаниями инженерной графики и начертательной геометрии и базовыми знаниями ПК. Не смотря на такой богатый спектр возможностей программы, её системные требования ничем не отличаются от обычных программ, а превосходство заметно уже после нескольких раз использования.

В программе функционирует 2 режима моделирования: 2D и 3D. В первом режиме весьма удобно выполнять чертежи схем, используемых в электрике, а также в этом режиме выполняются стандартные чертежи и документация.

Переходя в режим 3D моделирования мы имеем следующие возможности:

- 1) Строить простые геометрические фигуры и преобразовывать их в более сложные для создания твердотельных моделей;

- 2) Создавать плоские поверхности и всячески их редактировать;

- 3) Создавать из 2D чертежа 3D модель и наоборот – создавать с помощью 3D модели её чертёж с любыми разрезами, видами и сечением. В AutoCAD это делается очень просто.

- 4) Оформлять дизайн конструкции, аккуратно сглаживая грани с помощью функции «Сглаживание объекта». После применения этой функции фигуры принимают очень изящный вид.

- 5) С помощью панели «Редактирование тела» можно изменять фигуры, объединять несколько в одну, проводить сложные разделения

и многое другое. Все это очень легко сделать. При использовании каких – либо функций, AutoCAD предлагает подсказки с наглядными примерами, которые не дадут вам запутаться.

6) На панели «Рисование» можно использовать команды, встречающиеся в 2D режиме. В 3D моделирование они играют очень важную роль при редактировании фигур. Также, с помощью этой панели можно создавать резьбы и пружины любого вида и сложности;

7) Для наглядного просмотра модели можно использовать панель «Визуальные стили». Эта возможность является очень полезной, так как часто создавая 2D каркас детали допускаются ошибки, которые в последствии очень трудно исправить, но эта возможность позволяет увидеть все ошибки на раннем этапе создания модели, что значительно экономит время создания модели и чертежа;

8) Можно создавать макрос операции путём записи большинства уже знакомых команд; Также программа поддерживает язык программирования Visual Basic, с помощью которого можно редактировать модули, формы, ссылки;

9) Если Вы сомневаетесь в правильности выполнения вашего чертежа, то Вы можете загрузить файл с стандартами и программа AutoCAD автоматически сделает проверку вашего чертежа и укажет ошибки;

10) AutoCAD предоставляет возможность визуализировать модели, т.е. создаёт изображение моделей так как они будут выглядеть в реальности;

11) В последних версиях программы была встроена функция Inventor Fusion, которая позволяет увидеть механическую работу модели, так сказать увидеть деталь в действии.

Широкое распространение AutoCAD в мире обусловлено не в последнюю очередь развитыми средствами разработки и адаптации, которые позволяют настроить систему под нужды конкретных пользователей и значительно расширить функционал базовой системы. Большой набор инструментальных средств для разработки приложений делает базовую версию AutoCAD универсальной платформой для разработки приложений, таких как:

1) AutoCAD Architecture — версия, ориентированная на архитекторов и содержащая специальные дополнительные инструменты для архитектурного проектирования и черчения, а также средства выпуска строительной документации;

2) AutoCAD Electrical разработан для проектировщиков электрических систем

управления и отличается высоким уровнем автоматизации стандартных задач и наличием обширных библиотек условных обозначений;

3) AutoCAD Civil 3D — решение для проектирования объектов инфраструктуры, предназначенное для землеустроителей, проектировщиков генплана и проектировщиков линейных сооружений. Помимо основных возможностей, AutoCAD Civil 3D может выполнять такие виды работ, как геопространственный анализ для выбора подходящей стройплощадки, анализ ливневых стоков для обеспечения соблюдения экологических норм, составление сметы и динамический расчет объемов земляных работ;

4) AutoCAD P&ID - это программа для создания и редактирования схем трубопроводов, а также для управления ими;

5) AutoCAD MEP ориентирован на проектирование инженерных систем объектов гражданского строительства: систем сантехники и канализации, отопления и вентиляции, электрики и пожарной безопасности. Реализовано построение трехмерной параметрической модели, получение чертежей и спецификаций на ее основе[2].

Невозможно описать всё богатство функций и возможностей этой программы в одном списке, которых с каждым годом становится всё больше.

Подводя итоги всего вышесказанного, хотелось бы выделить 4 основных преимуществ программы AutoCAD над другими САПР:

- 1) Простота и удобство в использовании;
- 2) Многообразие функций;
- 3) Наглядность выполненной работы;
- 4) Сравнительно короткое время выполнения чертежа;

Программа является настолько популярной, что выпускается на 18 языках

Компания Autodesk ежегодно выпускает новые версии программы, учитывая все пожелания пользователей для упрощения работы в нём, и с каждым годом вносит ряд функций, которые делают эту программу бесспорным лидером среди САПР.

#### Литература

1. Русская промышленная компания [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cad.ru>, свободный.
2. Autodesk [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.autodesk.ru>, свободный.
3. Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org), свободный.

## О СОЗДАНИИ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ВИЗИТНОЙ КАРТОЧКИ

Овчинникова А.В., Степанов Б.Л.

Томский политехнический университет  
[o.alenavictorovna@gmail.com](mailto:o.alenavictorovna@gmail.com)

Каких только видов дизайна нет в современном мире. Вы можете создавать одежду, изготавливать мебель, выполнять чертежи зданий – все это будет дизайнерской деятельностью. Однако, на мой взгляд, самым распространенным и интересным ее видом является графический дизайн.

Искусно оформленные книги, журналы и плакаты, завораживающие красочностью веб-сайты, притягивающие взгляд вывески – все это плоды работы графического дизайнера.

И говоря о графическом дизайне нельзя не уделить внимания фирменному стилю, ставшему столь популярным в последнее время.

Что же это такое? Фирменный или корпоративный стиль – это совокупность мероприятий и ряд приемов (графических, цветовых, языковых и т.д.) которые, с одной стороны, обеспечивают узнаваемость фирмы, ее изделий на рынке, а с другой, противопоставляют фирму и ее изделия конкурентным товарам.

Понятие фирменного стиля зародилось относительно недавно, в начале XX века, в странах Западной Европы и США, когда количество компаний, работающих в одной области, критически возросло, и стала актуальной проблема их узнаваемости. Однако предпосылки его создания появились в древности. Еще кочевые народы накладывали знак собственности на свой скот, искусные ремесленники привешивали клеймо к своим товарам, чтобы выделить их на рынке. В средневековой Европе проявлением фирменного стиля стал герб, цвета и девиз которого служили отличительным знаком своему владельцу. Первооткрывателем же современного фирменного стиля считается немецкий дизайнер-художник Петер Беренс, который в начале XX века, будучи художественным директором Всемирного электро-технического концерна АЕГ, разработал для него определенный образ.

Современный фирменный стиль – это совокупность многих элементов: цветового решения в дизайне логотипа, визитной карточки, бланка, выбор шрифта, разработка веб-сайта, оформление сувенирной продукции фирмы, ее офиса и вывески. Но я хотела бы подробнее остановиться на визитной карточке.

Визитная карточка (визитка) уже давно стала неотъемлемой частью жизни современного делового человека. Ведь именно она представляет нас, показывает наш статус.

Согласно первым упоминаниям в истории, визитка появилась в Древнем Китае в III-II веках до н.э. Китайские чиновники специальным указом обязывались иметь красные бумажные карточки с

написанными на них именем и занимаемой должностью. Первое же официальное историческое упоминание о визитке относится ко временам правления короля Людовика XIV. Появившись во Франции, она стала необходимостью, знаковым атрибутом для представителей высших слоёв общества того времени. А в XVI—XVII веках визитка уже имелась у горожан Флоренции и Венеции. Первая же напечатанная ее версия была найдена в Германии и датируется 1786 годом. Со временем она становилась необходимостью, обязательным аксессуаром и использовалась даже представителями среднего класса. Наши предшественники не забыли и о культуре использования визитной карточки, был создан целый перечень правил этикета по ее обращению. Если говорить об истории визитки в России, то в дореволюционные времена она была весьма распространена. Так, например, извещая о своем посещении, принося благодарность и т.д., необходимо было являться с визитом лично, а в случае отсутствия хозяев оставалась визитная карточка.

На сегодняшний день в мире существует три основных типа визиток: личные, деловые и корпоративные. Рассмотрим их подробнее.

Личная визитка используется при неформальном знакомстве, ее нельзя рассматривать как составляющую фирменного стиля. Она практически не имеет стандарта по содержанию информации, все данные указываются на усмотрение владельца. Однако, как правило, в личной визитке указываются имя, фамилия и контактная информация.

Деловые и в особенности корпоративные визитные карточки – это явные элементы фирменного стиля. Корпоративная визитка обычно не содержит имён и фамилий. В ней указывается информация о компании: сфера ее деятельности, перечень предоставляемых услуг, контактные телефоны, карта проезда, адрес веб-страницы. Она обычно имеет рекламный характер и в основном используется на выставках, конференциях и съездах.

Деловая же визитка используется в бизнесе, на официальных встречах и переговорах, для предоставления контактной информации своим будущим партнерам, клиентам. Именно с такой визиткой мы чаще всего имеем дело.

Как же она выглядит? На ней обязательно указывают имя, фамилию, должность сотрудника, а также название фирмы, вид её деятельности, возможно, еще указывать ее логотип.

Чтобы лучше понять различия между корпоративной и деловой визитках рассмотрим примеры, изображенные на рисунках 1 и 2:

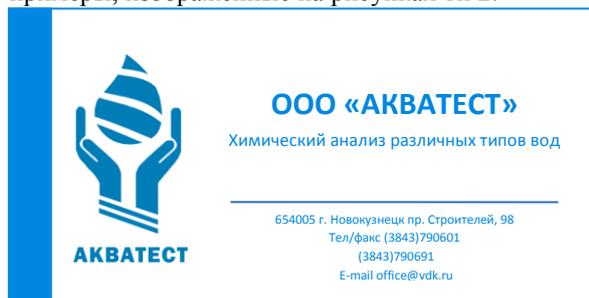


Рис. 1. Корпоративная визитка



Рис. 2. Деловая визитка

Визитная карточка должна быть созидающим штрихом в образе делового человека, должна дополнять его. Поэтому нужно серьезно подходить к ее дизайну.

Современные информационные технологии предоставляют широкий выбор программ для графического дизайна. Так что свои визитные карточки можно создавать, используя такие приложения как CorelDRAW, AdobePageMaker, Business Card MX, Visual Business Cards и др.

В процессе создания визитки нет определенных правил, каждая новая визитная карточка – это полет фантазии дизайнера. Как Вы будете располагать информацию это только ваше решение, главное, чтобы все было лаконично и выполнено в едином стиле.

Как правило, визитка имеет форму прямоугольника. Что же касается ее размера, то определенных стандартов в мире нет. Однако во многих странах сложилось внутреннее представление об удобной визитке, размеров которой придерживается большинство. Для России этот размер составляет 90x50 мм, для Великобритании и Франции – 85x55 мм, а для США и Канады – 3,5x2 дюйма.

При создании визитки следует помнить, что в графическом дизайне всегда большую роль играет правильный выбор цвета, так как большинство людей очень хорошо воспринимают его язык. Специалисты рекомендуют использовать не более трех цветов, чтобы чересчур пестрое оформление не отвлекало от содержащейся информации.

Классическим вариантом считается визитная карточка белого цвета со строгим черным шрифтом. Именно такой дизайн обязателен для всех дипломатов мира.

Шрифт в оформлении строго не регламентируется, однако не стоит использовать различные нестандартные варианты и курсивы. Нужно помнить, что информация, содержащаяся в визитке, должна быть легко прочитана, вдобавок к этому разнообразие шрифтов мешает созданию единого стиля.

При дизайне визитки нужно особое внимание уделить выбору материала, из которого она будет выполнена. Важно, чтобы визитная карточка была качественной, и ее приятно было держать в руках. Современная полиграфия предоставляет широчайший выбор материалов. Можно даже встретить визитки, сделанные из дерева, металла, пластика, но традиционным вариантом остается бумага. В настоящее время большой популярностью пользуются дизайнерские бумаги, например, фактурная, перламутровая или бумага-металлик.

Говоря о визитных карточках нельзя не уделить внимания деловому этикету. Существует множество правил по использованию, вручению и хранению визиток. Вот некоторые из них: при знакомстве первым визитную карточку вручает младший по должности старшему, при равенстве социальных статусов младший по возрасту – старшему; при вручении визитки следует вслух произносить свою фамилию, при получении – фамилию вручающего, чтобы избежать неправильного произношения. Также визитная карточка может выполнять функцию письма. Например, при указании в левом верхнем или нижнем углу визитки определенных аббревиатур, указывают на повод, по которому посылается карточка: р.ф. – поздравление с праздником, р.г. – выражение благодарности, р.с. – выражение соболезнования, р.р – для заочного представления (при этом посылают свою визитку с аббревиатурой и карточку того, кого хотят представить).

Литература:

1. Михайлов С.М., Михайлова А.С. Основы дизайна // Учебник — Казань: Дизайн-квартал, 2008. — 286 с.
2. Кибанов А.Я., Захаров Д.К., Коновалова В.Г. Этика деловых отношений // Учебник — М: Инфра-М, 2006. — 368 с.
3. Ботавина Р.Н. Этика деловых отношений // Учебное пособие — М: Финансы и статистика, 2005. — 208 с.
4. Визитная карточка // Сайт Свободной энциклопедии Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Визитная\\_карточка](http://ru.wikipedia.org/wiki/Визитная_карточка), свободный

5. Корпоративный стиль // Сайт Свободной энциклопедии Википедия [Электронный ресурс].

Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Айдентика>, свободный

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ КРИСТАЛЛИЧНОСТИ ПО РЕНТГЕНОГРАММАМ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО МАТЕРИАЛА

Парилов Е.А., Лысак И.А.

ГОУ ВПО НИ Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
john1300@mail.ru

### Введение

При обработке первичных экспериментальных данных часто необходим расчет площадей криволинейных фигур, ограниченных графиками. С такой задачей сталкиваются исследователи при определении, например, степени кристалличности полимеров методом рентгеноструктурного анализа. [1]

Под кристалличностью полимеров понимают упорядоченное расположение некоторых отдельных участков цепных макромолекул. Кристалличность делает материал прочным, но хрупким. Аморфные области придают полимерному материалу вязкость, то есть способность гнуться, не ломаясь при этом.

Особенно сильно степень кристалличности термопластичных полимеров меняется при быстро протекающих процессах формирования изделий формования, таких как аэродинамическое формирование волокнистого полипропиленового материала. [2] Этот технологический процесс обычно связан с нагревом до температуры размягчения и с внешними механическими воздействиями. Надмолекулярная структура материала формируемых изделий во многом определяется этими факторами.

Для полимеров характерна лишь частичная упорядоченность макромолекул, т.к. процессу кристаллизации препятствует длинноцепное строение макромолекул. [3] Соотношение упорядоченных и аморфных областей называют степенью кристалличности. Самым распространенным методом определения степени кристалличности в силу его простоты и относительной дешевизны является рентгенофазовый анализ. Другими словами степень кристалличности - это соотношение соответствующих площадей на дифрактограмме

$$a_K = \int s^2 I_c(s) ds / \int s^2 I_a(s) ds$$

где  $s = (2\sin\Theta)/\lambda$ ;  $\Theta$  - половина угла отклонения лучей;  $\lambda$  - длина волны рентгеновских лучей;  $I_c$ ,  $I_a$  - интенсивность когерентного рассеяния соответственно от кристаллической и аморфной области.

Таким образом, целью настоящей работы являлась апробация простых не требующих

дополнительного оборудования методов интегрирования для экспрессного контроля степени кристалличности полипропиленовых материалов по их рентгенограммам.

Для рентгенофазового анализа было подготовлено две партии образцов из расплава полипропилена марки 21080 Томского нефтехимического комбината.

Одна партия образцов кристаллизовалась в условиях окружающей среды (№1), а другая при аэродинамическом диспергировании на вертикальном волокнообразующем устройстве с одновременным формированием волокнистого полипропиленового материала (№2).

При решении поставленной задачи аналитические методы не применимы, так как затруднительно достаточно точно описать экспериментальные дифрактограммы функциями. Численные аппроксимационные методы требуют значительного объема вычислений и невозможны без использования электронных вычислительных машин (ЭВМ). Для оперативного контроля наиболее перспективно использовать методы приближенного интегрирования, рассмотрим подробнее лишь некоторые из них.

Метод В.Нејда и J. Нејдова заключается в том, что контуры криволинейной фигуры переносят на бумагу, вырезают и взвешивают, затем определяют вес стандартного квадрата из той же бумаги с заранее известной площадью. Искомая площадь высчитывается путем деления первого числа на второе с последующим умножением на известную площадь стандартного квадрата бумаги. [4] Погрешность результатов этого метода при измерении площади от 4 до 100 см<sup>2</sup>, не превышает ±5%. Этот метод нашел применение для определения площади пораженной поверхности в клиниках, т.к. это имеет большое значение для выработки хирургической тактики при лечении обширных ран мягких тканей. Данный метод требует очень точных весов и наличие материала под рукой.

Суть метода Монте-Карло заключается в том, что фигуру заключают в прямоугольные границы и проставляют случайным образом множество точек. Чем больше точек, тем лучше. Затем подсчитывают, сколько из них попало на фигуру. Количество точек попавших внутрь фигуры

пропорционально ее площади. Этот метод требует затрат времени, терпения и внимания (если точки ставить вручную) или использования ЭВМ, а точность нахождения площади прямо пропорциональна количеству точек. [5]

Метод графического интегрирования (ГИ). Вычисление определенного интеграла основано на замене графика подынтегральной функции  $y = f(x)$  ступенчатой ломаной, для построения которой график разрезают прямыми, параллельными оси ординат, на ряд полос - элементарных криволинейных трапеций. В каждой из них отрезок кривой заменяют отрезком, параллельным оси абсцисс, так, чтобы получающиеся прямоугольники имели примерно ту же площадь, что и соответствующие элементарные криволинейные трапеции.

Высоты ступенчатой ломаной сносят на ось ординат. Точки соединяют с общим полюсом  $P$ . Затем, начиная от начала координат, строят ломаную, звенья которой параллельны соответствующим отрезкам, соединенных с полюсом. Для построения графика первообразной функции  $y = f(x)$  достаточно соединить плавной кривой вершины ломаной (рис. 1). [6]

Поскольку метод графического интегрирования прост, нагляден и не требует использования дорогостоящего оборудования, используем его для рентгеноструктурного анализа.

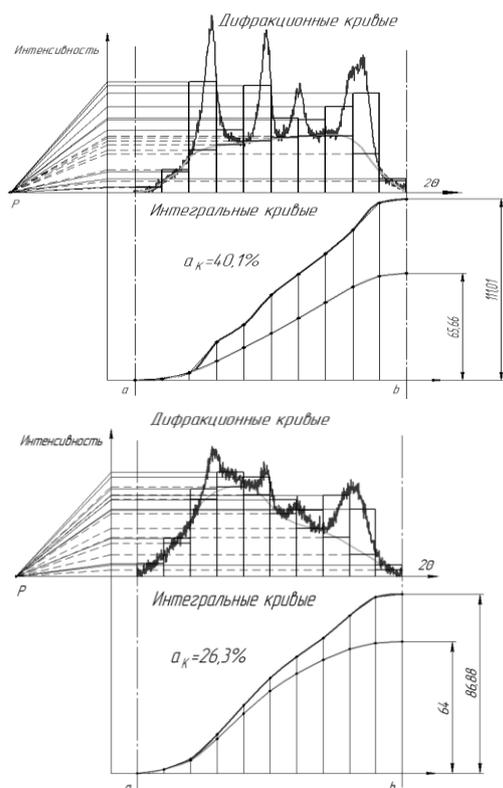


Рис. 1. Графическое интегрирование рентгенограмм образцов №1 и №2 соответственно

Для оценки точности применения метода графического интегрирования степень

кристалличности определялась также с использованием пакета Origin 8.0. [7] Расхождение результатов составило для первой и второй партии соответственно:

$$\Delta = \frac{45.22 - 40.1}{45.22} 100\% = 11.3\%$$

$$\Delta = \frac{27 - 26.3}{27} 100\% = 2.6\%$$

### Заключение

- проведен критический обзор методов определения площадей криволинейных фигур, установлено, что метод ГИ наименее прихотлив к качеству исходных данных;

- метод ГИ применен для обработки первичных экспериментальных данных, максимальное расхождение с результатами численного интегрирования в пакете Origin составило 11,3%, такой результат можно считать обнадеживающим, однако очевидно, что для практического использования требуется более точная аппроксимация кривых;

- по данным рентгеновской дифракции образцов полипропилена, подвергавшихся и не подвергавшихся аэродинамическому диспергированию при обработке их методом графического интегрирования, установлено, что в процессе аэродинамического диспергирования при формировании волокнистого материала происходит изменение надмолекулярной структуры полипропилена. Степень кристалличности снизилась с 40,1% до 26,3%.

### Литература

1. Экспериментальные методы в химии полимеров. Часть 2 / Рабек Я. Пер. с англ. – М.: Мир, 1983 г., 384 с.

2. Лысак И.А. Получение полимерных микроволокон в плазмо-химическом реакторе. Технология и автоматизация атомной энергетики и промышленности: Материалы отраслевой науч.-техн. конф., посв. 50-летию СГТА, г. Северск: Изд. СГТА, 2009. с. 119.

3. Полипропилен / Амброж И., Амброж Л., Беллуш Д. под редакцией Пилипенко В.И., Ярцева И.К. Изд-во "Химия" Ленинградское отделение, 1967г., 316с.

4. Учения о ранах [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://woundinfection.ru/>, свободный.

5. Метод Монте-Карло / Соболев И.М., М.: Наука, 1968г., 64 с.

6. Курс математического анализа. Часть 1 / Бермант А.Ф. М.: Наука, 1959г, 467 с.

7. Париков Е.А. Изменение надмолекулярной структуры при аэродинамическом диспергировании полипропиленового волокнистого материала: Материалы XIII Всероссийской науч.-практ.

конф. с международным участием «Химия и химическая технология В XXI Веке». Том 2. Томск: Изд-во ТПУ, 2012. с. 239-241.

## ПРОГРАММА ФИЛЬТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Павлов В.Е.

ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, г. Томск  
ул. Фрунзе 63 - 58, +7 952 8976013, PavlovVE89@gmail.com

### Введение

Трёхмерное сканирование относится к современным компьютерным технологиям, позволяющим решать различные задачи по обработке объектов со сложными геометрическими параметрами. Трёхмерное или 3D-сканирование заключается в переводе физической формы реального пространственного объекта в цифровую форму, т.е. фактически в трёхмерную компьютерную форму. Подобные задачи могут возникнуть не только в кино (общеизвестные 3D мультфильмы и 3D фильмы), но и в дизайнерской сфере, медицинской отрасли, инженерном анализе, при контроле качества и инспекции и др.

При 3D-сканировании полученная модель сохраняется в файл STL формата. Формат STL был разработан для нужд стереолитографии и предназначен для представления трёхмерных моделей. STL – это «мозаичный» формат, в котором для представления формы цифровой 3D-модели используется последовательность треугольников (фасетов). Каждый фасет описывается четырьмя наборами данных: координаты XYZ и нормальный вектор, который описывает ориентацию фасета, указывая направление наружу модели. Координаты вершин фасетов в пределах системы должны принадлежать положительному октанту. Кроме того, каждый фасет должен иметь по две общие вершины с каждым из соседних фасетов. Это необходимо для того, чтобы обеспечить создание герметичной модели без зазоров и щелей. Основное достоинство STL-формата - это простота по сравнению с другими форматами. Есть два типа STL-форматов: текстовый (ASCII) и бинарный. Бинарный вариант файла занимает меньше места, чем текстовый. В свою очередь текстовый вариант можно переносить на компьютер с другим представлением чисел и числа могут иметь произвольное количество знаков.

### Методы исследований

В зависимости от сложности сканируемого объекта, различные изгибы, отблески поверхности, в результате могут появляться различные неточности такие как, зазоры между фасетами или же не отсканирована часть объекта. И для того чтобы решить эту проблему необходимо определить является ли

рассматриваемый объект частью сканированного объекта. Для этого требуется определить, принадлежит ли рассматриваемый объект плоскости сканированного.

Для решения поставленной задачи необходимо знать какими бывают поверхности, какими уравнениями поверхностей они описываются, и какими параметрами они характеризуются.

Поверхности можно разделить на поверхности первого, второго, третьего порядка. Приведем несколько примеров поверхностей второго порядка.

Поверхности второго порядка – это поверхности, которые в прямоугольной системе координат определяются алгебраическими уравнениями второй степени.

1.

эллипсоид.

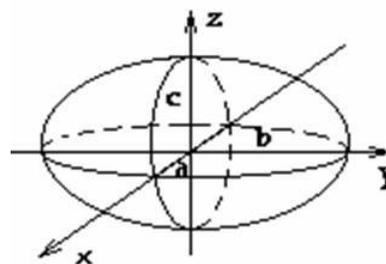


Рис. 1. Эллипсоид

Поверхность, которая в прямоугольной системе координат определяется уравнением:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

2.

конус

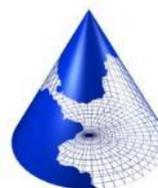


Рис. 2. Конус

Поверхность, которая в прямоугольной системе координат определяется уравнением:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 0$$

Уравнения поверхностей делятся на два основных типа. К первому типу относятся параметрические уравнения, связывающие

Э

К

значения координат  $x$ ,  $y$  и  $z$  со значениями параметра. Ко второму относятся непараметрические уравнения, связывающие координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$  непосредственно друг с другом какой-либо функцией. В качестве примера рассмотрим аналитическое описание поверхности шара. Сначала как функцию двух аргументов:

$$z = \pm \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$$

Затем в виде уравнения:

$$x^2 + y^2 + z^2 - R^2 = 0$$

А также в параметрической форме:

$$x = R \sin s \cos t$$

$$y = R \sin s \sin t$$

$$z = R \cos s$$

У каждого типа уравнений есть свои преимущества и недостатки. Параметрическое уравнение позволяет эффективно вычислять точки на поверхности или кривой, отстоящие друг от друга на небольшие расстояния, что облегчает интерактивное отображение объекта и работу с ним. Это одна из главных причин, по которым параметрические уравнения используются для представления поверхностей в большинстве систем автоматизированного проектирования.

Нам остается лишь посчитать по формулам является ли рассматриваемый объект продолжением плоскости отсканированного объекта. Для этого мы в формулы подставляем значения точек и смотрим лежат ли точки объекта и отсканированного объекта в одной плоскости.

#### **Основные результаты и обсуждения**

На основе этого алгоритма была реализована программа, которая может быть использована для фильтрации изображений полученных при 3D-сканировании.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОЕКТА ПО БЛАГОУСТРОЙСТВУ ТЕРРИТОРИИ ДОМА ДЕТСКОГО ТВОРЧЕСТВА «У БЕЛОГО ОЗЕРА» Г. ТОМСКА**

Сеидова А.С.

Научные руководители: Фролова Н.З., Степанова И.П.

Томский политехнический университет

aysel4421@mail.ru

#### **Введение**

Озеленение территории Дома детского творчества (далее ДДТ) «У Белого озера» проведено в 2011 году по результатам проектной работы автора под руководством педагога Фроловой Натальи Зиновьевны.

Целью проекта была разработка документации по благоустройству территории ДДТ и её озеленение.

#### **Работа над дизайн-проектом**

Для работы над дизайн-проектом использовались графический редактор Paint (см.

Для подтверждения правильности работы программы мы можем, с помощью программы Minimagics 2.0, открыть stl-файл и визуально убедиться действительно ли рассматриваемый объект и отсканированный лежат в одной плоскости.

В ходе данной работы достигнуты следующие результаты:

1. Разработана и реализована программа фильтрации изображений, полученных в результате трехмерного сканирования

2. Проведено тестирование, показавшее правильность предлагаемой реализации.

#### **Заключение (выводы)**

В данной работе продемонстрирована реализация программы для фильтрации 3D-сканированных изображений. В дальнейшем она может применяться на практике, т.к. 3D-сканирование очень востребовано сейчас на рынке услуг и позволяет выполнять некоторые операции за короткий промежуток времени.

#### **Список используемой литературы**

1. Поверхности второго порядка [электронный ресурс]

URL:<http://www.mathematics.ru/courses/stereometry/content/chapter5/section/paragraph7/theory.html>

Дата обращения: 23.05.2012.

2. Демин А. Ю., Кулинов А. В. Компьютерная графика. Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 160 с.

3. STL-формат [электронный ресурс] URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/STL\\_\(формат\\_файла\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/STL_(формат_файла)).

Дата обращения: 23.05.2012.

4. Кунву Ли. Основы САПР CAD/CAM/CAE СППТЕР. Москва ББК 30.2-5-05 УДК 621.398.001.2 Л55

рис. 2), графические приложения Adobe Photoshop CS3 (коллажи и рисование) и CorelDRAW X3 (чертежи, схемы).

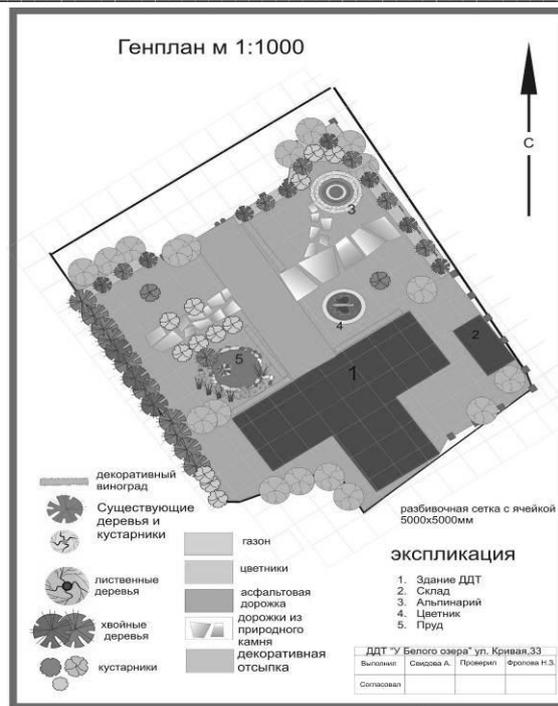


Рис. 1. Генплан территории ДДТ

### Композиционное решение

После подборки материала были созданы эскизы и схемы с помощью программы CorelDRAW X3. Один из эскизов приведён на рис. 1. Для наглядности к каждой схеме были созданы коллажи, для создания которых использовалось коллажирование в приложении Adobe Photoshop CS3 (см. рис. 3-4).



Рис. 2. Эскиз альпийской горки, выполненный в Paint



Рис. 3. Эскиз водоема, выполненный в Adobe Photoshop



ис. 4. Эскиз клумбы в виде бабочки, выполненный в Adobe Photoshop

### Этапы выполнения проекта

Стандартный вариант проекта содержал минимально необходимый набор документов для реализации проекта и включал следующую документацию:

1. Описание исходных параметров участка.
2. Предварительные варианты (эскизы) планировки сада.
3. Генеральный план озеленения и благоустройства участка (вид сверху в масштабе), составленный на основании выбранного заказчиком эскиза.
4. Дендроплан участка (схема размещения на нём деревьев и кустарников).
5. Разбивочный чертёж (схема разметки дорожек, площадок, цветников, водоёмов и т. д.).
6. Посадочный чертёж (схема разметки посадочных мест).
7. Ассортиментная ведомость посадочного материала.
8. Подсчёт объёмов работ и составление ориентировочной сметы.
9. Пояснительная записка к проекту.

По выполненным этапам проекта был подан и выигран грант на реализацию проекта, благодаря которому была посажена клумба, изображённая на рис. 5. Эскиз клумбы в виде бабочки приведен на рис. 6.



Рис. 5. Цветущая клумба в виде бабочки

Созданный проект получил рецензию ландшафтного дизайнера, согласно которой работа была выполнена на высоком уровне и

имеет практическую ценность. Этот проект (при небольших корректировках деталей) соответствует всем требованиям ландшафтного дизайна.

#### Заключение

При практической реализации проекта на озеленение территории не получилась его полная реализация, а была создана только клумба в виде бабочки (см. рис. 5). Из-за этого нарушилась композиционная идея проекта.

Но, не смотря на это, работа над проектом дала возможность автору воплотить дизайнерские идеи в жизнь, пусть и частично. И лишний раз подтвердился тот факт, что знание графических приложений даёт огромную возможность для самореализации и создания продукта, имеющего практическую ценность.

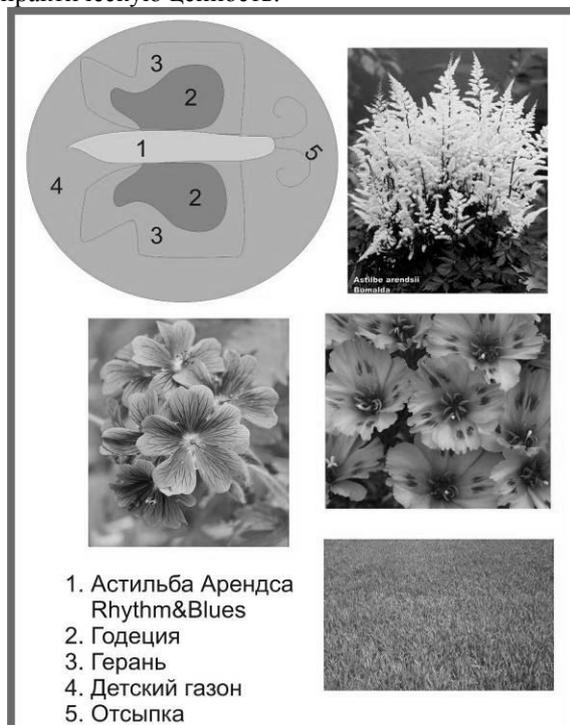


Рис. 6. Эскиз цветочной клумбы в виде бабочки

#### Литература

1. Благоустройство участка. Навесы. Перголы. Альпийская горка: Справочник / Сост. В.И. Рыженко. – М.: Издательство Оникс. 2007. – 32 с: ил.- (В помощь домашнему мастеру)
2. Д-р Д.Г. Хессайон. Все об альпинарии и водоеме в саду. Издание 2-е, исправленное. Пер. с англ. М.: Кладезь – Букс, 2007.- 130с., илл.
3. Д-р Д.Г. Хессайон. Все о луковичных растениях. Пер. с англ. М.: Кладезь–Букс, 2007.- 131с., илл.
4. Плотникова Л.С. "Лианы в вашем саду" - Москва: Кладезь-Букс, 2005 г. - 96 с.
5. Альпинарии: горка, дорожка, водоём. ООО "Студия Компас" <http://www.studio.steps.ru>
6. Декоративные композиции ООО "Студия Компас" <http://www.studio.steps.ru>
7. Каталог растений для ландшафтного дизайна <http://www.landy-art.ru>
8. Каталог растений для ландшафтного дизайна. Травянистые растения <http://www.landy-art.ru>
9. Ландшафтная архитектура Новый Диск, 2004. СофтКомпас
10. Ландшафтное искусство. Газоны. Посадки. Цветники <http://www.landy-art.ru>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Толкачева К.П., Гречкина Т.В.

Томский политехнический университет  
tkp@tpu.ru

В архитектуре современных городов большое внимание уделяется проблеме улучшения облика города: обновление исторически ценных архитектурных объектов; создание светового архитектурного ансамбля. Проектирование архитектурного освещения (АО), его планирование и расчет осуществляется взаимодействием набора средств компьютерного проектирования. Современные программы позволяют разработать проекты освещения от создания трехмерной модели (3D модель) до

энергоэффективного расчета освещения объектов различной формы и архитектоники.

Каждому виду светотехнического проекта требуется свой подход и программное обеспечение. Особенность выполнения проекта АО состоит в неоднозначности исходных данных. Чаще всего это фотографии объекта, чертежи фасадов, реже – 3D модель. На рис. 1 предложен алгоритм проектирования АО и анализ возможности

сопряжения разных компьютерных программ для оптимизации задач информационных технологий и последовательной реализации обработки и передачи данных. Выделяются (штриховыми линиями) три принципиальные возможности проектирования архитектурного объекта:

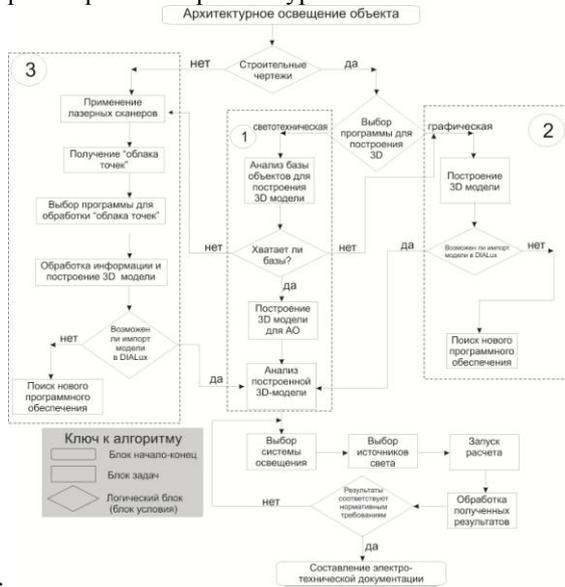


Рис. 1. Алгоритм проектирования архитектурного освещения на базе трёхмерной модели объекта

1. **В светотехнической программе** (в работе рассматривается только европейский продукт DIALux, наиболее распространенный среди светодизайнеров и инженеров-светотехников);

2. **В графических программах** (например, 3D Max, ArchiCAD);

3. **В результате лазерного сканирования** проектирование освещения на базе 3D модели объекта по "облаку точек".

Создание трёхмерной модели объекта, в том числе для целей освещения, является наиболее актуальной. При этом создание данного формата модели объекта может быть реализовано как построением в отдельно взятом 3D редакторе [1], так и являться готовым продуктом – получением информации об объекте в режиме 3D сканирования.

Рассмотрим поэтапно методику применения данных от лазерных сканеров в светотехническом проектировании. На рис. 2 (а-е) приведен пример обработки информации 3D формата данных для объекта.

На первом этапе выполняется процесс сканирования объекта: светом импульсного лазера сканируется объект, определяются пространственные координаты множества точек, которые формируют массив координат в виде "облака точек" (рис. 2, б) [2].

Далее выполняется обработка "облака точек", в данном случае воспользовались методом трехмерного построения и редактирования в

программе SolidWorks. Результатом обработки "облака точек" служит прежде всего модель объекта Коммунального моста в 3D формате данных, вывод и компоновка чертежей (рис. 2, г), как объекта в целом, так и отдельных его элементов.

Третий этап – построение и компоновка проекта освещения. После переноса данных 3D формата в программе DIALux производится обработка 3D модели объекта (моста): придается реалистичность, подбираются текстуры и характеристики материалов. Варьируя светотехническими решениями проектируем систему освещения с учетом энергоэффективности источников света соответствия европейским стандартам. Полученные расчеты анализируем по таблицам и изолиниям яркости /освещенности.

На рис. 2,е приведен пример начального этапа выбора и построения осветительной установки, предварительный расчет проезжей части и вывод результатов в режиме 3D визуализации проекта освещения.

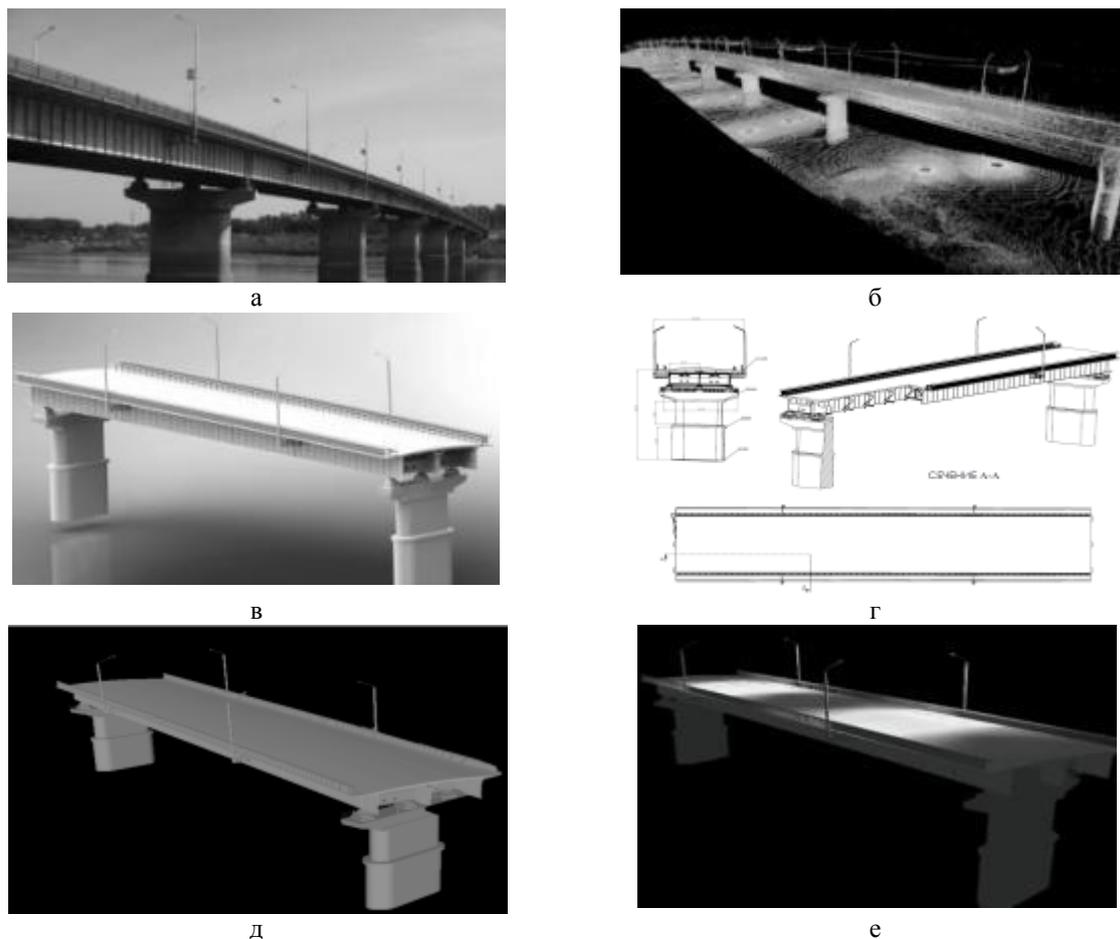


Рис. 2. Коммунальный мост, г.Томск: а) реальный вид (фото); б) «облако точек»; в) 3D модель; г) чертежи; пример импорта модели в DIALux: д) перенос данных; е) проект освещения (начальный этап)

**В результате** решены следующие задачи:

– предложен алгоритм проектирования АО, в котором сопряжены способы построения 3D модели для оптимизации работы;

– описаны этапы преобразования 3D формата данных, как продукта лазерного сканирования: от начальной информации об объекте в формате «облако точек» с ее последующей обработкой до стадии формирования 3D модели, в том числе с предоставлением чертежей, и проектирования осветительной установки;

– 3D модель без искажения импортируется в светотехнические программы, в которых можно

работать как с объектом в целом, так и с отдельными его элементами.

#### **Литература**

1. Заусаева Д.Ю., Гречкина Т.В. Анализ возможности САД систем ... // Современные техника и технологии: Труды IVX Междунар. научно-практ. конф. молодых ученых. – Томск, 2008. – С. 493.

2. Зыков И.Ю., Никитин В.Д., Пашник (Толкачева) К.П. Методы и приёмы архитектурного освещения... //Материалы Междунар. научно-практ. конф. – Саратов: ИЦ «Наука», 2009. – С.46-51.

## **ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНИК. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

Топоркова А.П.

Научный руководитель: Л.Д. Калабухова

Томский политехнический университет

[mess18@yandex.ru](mailto:mess18@yandex.ru)

#### **Введение**

Сегодня электронный учебник используется в высших учебных заведениях как средство изучения и преподавания систематизированного

материала по дисциплинам. Являясь мультимедийным изданием, электронный учебник позволяет задействовать графическую, текстовую, цифровую, речевую, музыкальную, видео-, фото-

и другую информацию, а также, способы интерактивного взаимодействия с ней.

Потребность в новой методике представления учебного графического материала возникла на уроках начертательной геометрии и графики. Преподавание данной дисциплины требует наглядного объяснения материала от преподавателя, неоднократного повтора графических изображений на доске, что отнимает много учебного времени.

За счёт таких способов подачи материала, как индуктивный подход, воздействие на эмоциональную и зрительную память, электронный учебник облегчает понимание изучаемого материала [4]. Электронное издание допускает адаптацию в соответствии с потребностями студента, уровнем его подготовки. Студент может воспользоваться электронным учебником во внеурочное время и использовать материал неограниченное количество раз.

Учебное электронное издание (УЭИ) должно содержать систематизированный материал по соответствующей научно-практической области знаний, обеспечивать творческое и активное овладение студентами и учащимися знаниями, умениями и навыками в этой области. УЭИ должно отличаться высоким уровнем исполнения и художественного оформления, полнотой информации, качеством методического инструментария, качеством технического исполнения, наглядностью, логичностью и последовательностью изложения [3].

Электронное издание может быть исполнено на любом электронном носителе - магнитном (магнитная лента, магнитный диск и др.), оптическом (CD-ROM, DVD, CD-R и др.), а также опубликовано в электронной компьютерной сети.

#### Создание электронного учебника

В электронном учебнике Инженерная графика представлен полный курс дисциплины начертательная геометрия. Курс содержит теоретический материал и задачи с анимационными графическими изображениями, что даёт наглядно проследить ход выполнения чертежа. Учебник содержит восемь тем, каждая из которых сохранена в отдельном файле формата flash. Каждый flash-ролик содержит форму интерактивной презентации, имеет удобную навигацию и функцию горячих клавиш.

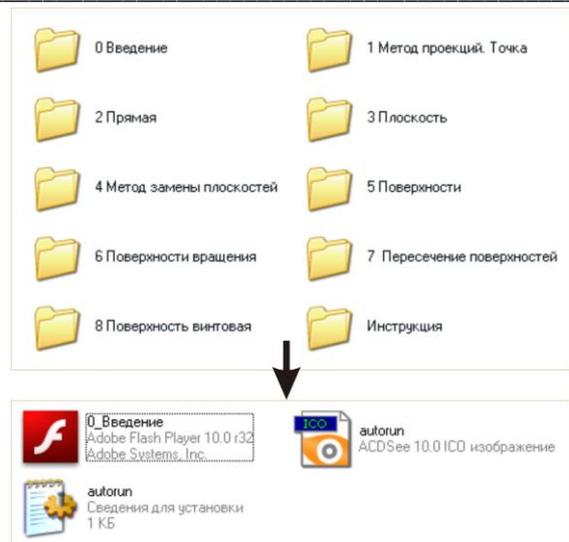


Рис. 1. Содержание электронного учебника

Создание электронного учебника проходила по следующим этапам:

1. Подборка методического материала
2. Разработка структуры анимационной презентации.
3. Создание презентации с использованием анимационных объектов.
4. Перевод презентации в формат с возможностью сохранения анимационных объектов.

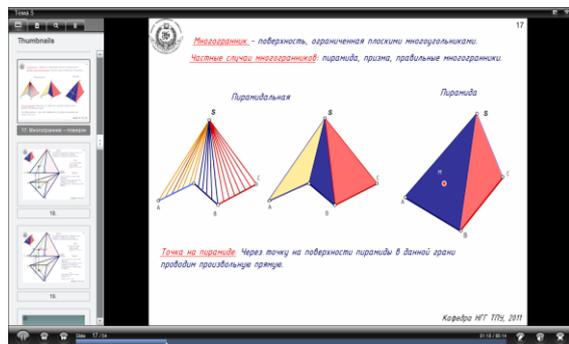


Рис. 2. Оформление электронного учебника

Основная проблема, которая возникла в ходе работы, заключалась в изменении содержания презентации на разных компьютерах. После создания текста и графических элементов их настройки менялись в соответствии с новыми настройками другой версии Office PowerPoint, впоследствии происходило смещение текста и объектов, замена шрифта и знаков. В ходе многочисленных попыток сохранить материал в формате PPT и PPTX и опубликовать презентацию, не удалось устранить проблему изменения презентационного материала.

Сохранение презентации в формате SWF (Small Web Format, стандартное расширение для flash-файлов), помогло справиться с проблемой и опубликовать файлы в интернете на странице сайта ТПУ, сохранив анимацию объектов.

Программа iSpringPresenter обеспечивает преобразования презентаций PowerPoint 2003, 2007, 2010 в формат Flash с сохранением анимаций, эффектов переходов, мультимедиа ресурсов, гиперссылок. iSpring предлагает множество опций для управления размером и проигрыванием презентации. В пакет включены настраиваемые плееры для создания уникального внешнего вида презентации и эффективной навигации. Файл flash-презентации возможно запустить в любой операционной системе Windows с установленным flash-проигрывателем (Adobe Flash Player), начиная с версии 3.0 и включая новые версии продукта.

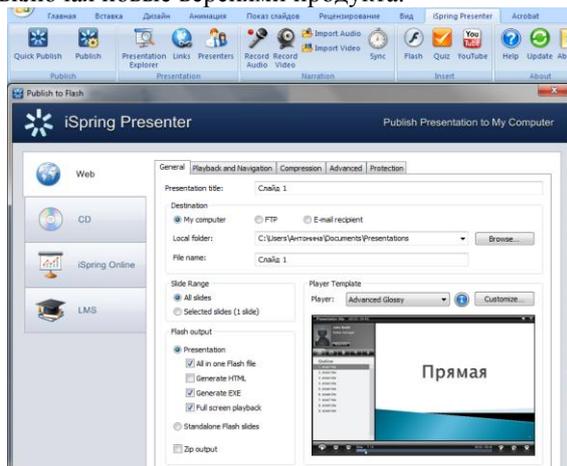


Рис. 1. Интерфейс программы iSpring Presenter

### Заклучение

Представленный электронный учебник полезен на практических занятиях. Он позволяет использовать компьютерную поддержку для решения большего количества задач, освобождает время для анализа полученных решений и их графической интерпретации; позволяет преподавателю с помощью компьютера быстро и эффективно контролировать знания учащихся, задавать содержание и уровень сложности контрольного мероприятия, выносить на лекции и практические занятия материал по собственному усмотрению, возможно, меньший по объему, но

наиболее существенный по содержанию, оставляя для самостоятельной работы с электронным учебником то, что оказалось вне рамок аудиторных занятий [5].

Электронный учебник имеет полную, логически выстроенную информацию, соответствующую методическому учебному материалу ТПУ кафедры НГГ[1,2].

Издание предназначено для преподавания курса начертательная геометрия и графика в специализированных аудиториях оснащённых мультимедиа технологиями. Для самостоятельного изучения Flash-полики доступны в реальном времени на сайте кафедры [6].

### Литература

6. Винокурова Г.Ф., Степанов Б.Л. Начертательная геометрия. Инженерная графика: учебное пособие.- Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 300 с.

7. Чекмарев, А. А. Инженерная графика: учеб. – М.: Высш.шк., 2004.– 366 с.

8. Рекомендации по созданию электронного учебника [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.academiaxxi.ru/Meth\\_Papers/AO\\_recom\\_t.htm](http://www.academiaxxi.ru/Meth_Papers/AO_recom_t.htm), свободный.

9. Электронный учебник. Методическое пособие в вопросах и ответах [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://nt2.shu.ru:9500/eu.html>, свободный.

10. Электронный учебник. Термины и определения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://cit.omgtu.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=61:2010-02-19-09-01-06&catid=39:2010-02-17-10-04-18&Itemid=59](http://cit.omgtu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=61:2010-02-19-09-01-06&catid=39:2010-02-17-10-04-18&Itemid=59), свободный.

11. Корпоративный портал ТПУ, кафедра НГГ, электронный учебник [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/ngg/method>

## СОЗДАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРОВ В РЕДАКТОРЕ ADOBE PHOTOSHOP

Кузнецова Д.И., Белоенко Е.В.

Томский политехнический университет  
[daryakuz93@mail.ru](mailto:daryakuz93@mail.ru)

### Введение

Среди различных образцов прикладного программного обеспечения, включающих множество оригинальных разработок, фильтры Photoshop выделяются как одни из самых многочисленных и оригинальных. Они призваны экономить время и деньги, а также обеспечивать подъем созидательных возможностей дизайнера

на новый качественный уровень - и все это за счет простого щелчка кнопкой мыши после перемещения нескольких ползунков в окне диалога.

Фильтры служат для создания специальных графических эффектов. В их число входят 99 средств создания эффектов, непосредственно

встроенных в программу, а также бесчисленное множество дополнительных модулей

#### Фильтр Скручивание (Twirl)

Фильтр Скручивание (Twirl) (рис. 1) служит именно для того, о чем говорит его название, - для закручивания групп пикселей, располагающихся вдоль радиальных лучей изображения, относительно центра. Степенью скручивания можно управлять с помощью ползунка Угол (Angle) в окне диалога

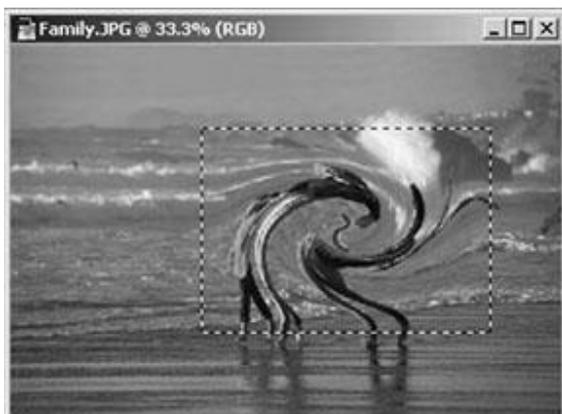


Рис. 1. Фильтр Скручивание (Twirl)

#### Фильтры размытия

Не так уж сложно определить назначение фильтров данного семейства исходя из его названия. Очевидно, эти фильтры служат для размытия изображения. Однако в подменю Размытие (Blur) имеется ряд интересных команд, среди которых предлагается выбрать одну из следующих:

- Размытие (Blur);
- Размытие+ (BlurMore);
- Размытие по Гауссу (GaussianBlur);
- Размытие в движении (MotionBlur);
- Радиальное размытие (RadialBlur);
- "Умное" размытие (SmartBlur).

Только фильтры Размытие (Blur) и Размытие+ (BlurMore) воздействуют на изображение непосредственно, минуя этап настройки параметров в окнах диалога. Они великолепно служат для сглаживания всего изображения в целом или его части, хотя их использование ограничено в том смысле, что параметры жестко фиксированы.

#### Фильтр Размытие по Гауссу (GaussianBlur)

Фильтр Размытие по Гауссу (GaussianBlur) (рис. 2), обеспечивает более высокий уровень возможностей управления. По мере изменения величины параметра Радиус (Radius) за счет перетаскивания ползунка или ввода числового значения в соответствующее текстовое поле меняется вид изображения в поле просмотра окна диалога, но в то же время производимые изменения отображаются и в окне документа. Не все фильтры обладают таким свойством. В этом случае *на самом деле* можно видеть, что

получится, и тем самым экономится время, затрачиваемое на отмену команд и исправление ошибок. Лучше использовать возможность предварительного просмотра в тех случаях, когда она реализуется.



Рис. 2. Фильтр Размытие по Гауссу (GaussianBlur)

#### Фильтр Радиальное размытие (RadialBlur)

Этот фильтр отличается от предыдущих тем, что не обеспечивает предварительного просмотра эффекта точно в том виде, в каком он будет проявляться на итоговом изображении. Однако в окне диалога приводится схема размытия. Как подсказывает название фильтра, создаваемый им эффект состоит в размытии изображения вдоль радиальных направлений или вдоль окружностей

Имеется возможность выбрать один из двух эффектов, установив переключатель Метод (BlurMethod) в положение Кольцевой (Spin) (рис. 3) или Линейный (Zoom).

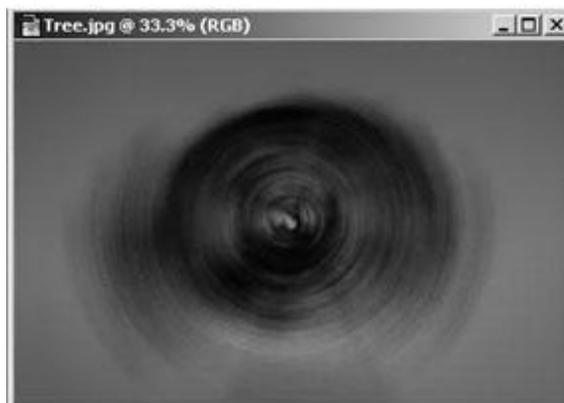


Рис. 3. Фильтр Радиальное размытие, кольцевой метод

#### Фильтр "Умное" размытие (SmartBlur)

Последним из фильтров этого семейства является "Умное" размытие (SmartBlur). Этот фильтр ищет границы областей сравнительно однородного цвета и размывает участки изображения, заключенные внутри этих границ, оставляя края областей нетронутыми. Параметр Радиус (Radius) задает расстояние от границ областей, начиная с которого будет производиться размытие изображения.

#### Фильтры стилизации

Фильтры семейства Стилизация (Stylize) предлагают целый набор замечательных эффектов оформления. Они очень выразительны и помогают придать изображению окончательный вид на завершающем этапе редактирования.

#### Фильтры зашумления, оформления и текстуры

Очень интересные результаты даёт применение ряда фильтров, принадлежащих к семействам Оформление (Pixelate) и Текстура (Texture). Они объединены под одним заголовком по той причине, что представление их в данной работе ограничивается их общим описанием и рассмотрением одного-двух примеров фильтров из каждого семейства. Фильтры не искажают форму, хотя при передозировке могут сделать изображения почти неузнаваемыми, не скручивают изображения и не поворачивают их. Они дают тонкие и достаточно изощренные результаты, которые могут стать прекрасным дополнением к гамме графических эффектов, рассмотренной к данному моменту.

#### Фильтры семейства Оформление (Pixelate)

Фильтры данного семейства создают на изображениях великолепные текстурные эффекты, а также могут использоваться для имитации некоторых оригинальных, хотя и далеких от реальности (реализм в данном случае не является необходимым) графических эффектов.

Большинство фильтров группы Оформление (Pixelate) оказывают на изображение действие, весьма похожее на эффект фильтра Кристаллизация (Crystallize) (рис. 4): они разбивают его на куски, или блоки, больших или меньших размеров.

Он разбивает цвета изображения на компоненты, изображаемые в виде точек (круглых пятнышек), максимальный радиус которых можно задавать с помощью параметра

Макс. радиус (Max. Radius). Кроме того, можно задавать углы ориентации линий, вдоль которых располагаются точки каждого из цветовых каналов.



Рис. 4. Эффект фильтра Кристаллизация (Crystallize)

#### Заключение

В работе представлены общие сведения о некоторых фильтрах графического редактора Adobe Photoshop. На самом деле их гораздо больше. Фильтры способны существенно экономить время на разработку дизайнерских проектов и создавать неограниченное число самых оригинальных графических эффектов.

#### Литература.

Dweb.ru - Фильтры Photoshop [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dweb.ru/f/116.htm>

7. Фильтры Photoshop. Фильтры размытия и резкости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fotodi.ru/books-text.php?id=22>

8. Фильтры в Photoshop часть 1 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.pixelbox.ru/blog/photoshop-help/564.html>

## СТИЛЬ МОДЕРН В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Снежина Д.А., Радченко В.Ю.

Томский политехнический университет  
feia.d@yandex.ru

#### Введение

В конце XIX в начале XX в. в появляется совершенно новый современный стиль – модерн. Основной признак – декоративность; основной мотив – вьющееся растение; основной принцип – уподобление рукотворной формы природной и наоборот. Появляется органическое слияние конструктивных и декоративных элементов. Фасады домов были несимметричны. Выразительные особенности интерьеров: изогнутые очертания карнизов, круглящиеся дверные и оконные проемы, богатый декор из резного дерева, цветного стекла, металла.

Новейшие технико-конструктивные средства и свободная планировка были использованы для постройки зданий с подчеркнуто индивидуализированным обликом. Стиль "модерн" (франц. moderne — новейший, современный)

#### История развития

Модерн сумел изменить привычные вещи до неузнаваемости. Главный элемент в предметах мебели – это цветы. Броские и экзотические, изящные и нежные, цветы присутствуют кругом: на колоннах, потолках, дверных проемах и на обивках мебели.

Мебель, выполненная в стиле Модерн, это всегда произведение искусства, выполненное из массива ценных пород дерева. Часто это исключительно ручная работа, требующая тщательной эскизной проработки, подготовки шаблонов. Выбор данного направления в оформлении интерьера обязывает к строгому соблюдению правил

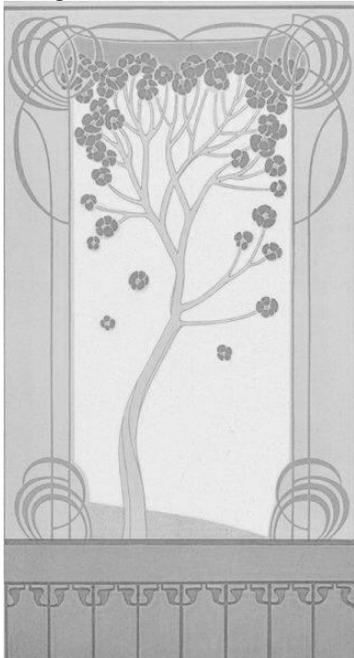


Рис. 1. Орнамент в стиле модерн



Рис. 2. Интерьер в стиле модерн

Все элементы интерьера в стиле модерн плавно перетекают друг в друга, стремятся к гармонии и соединяются гибкими линиями. Настроение современного интерьера обусловлено деталями, поэтому важная роль в нем отводится полкам, нишам, стеллажам с книгами, альбомами, сувенирами. На предметах мебели можно встретить японские мотивы.

В производстве в стиле модерн используются изысканные цветовые решения: приглушенный оливковый, нежный лиловый, элегантный серебристый, теплые оттенки золота и охры. Формы современной мебели по стилю могут напоминать и барокко, и ампир. Однако элементы в стиле модерн всегда задают тон всему дизайну интерьера, поэтому при покупке предметов мебели, выполненных в этом стиле, нужна безупречная художественная точность.

Широкое распространение во Франции стиля Модерн началось с открытия в Париже галереи - магазина "La Maison de l'Art Nouveau" Зигфридом Бингом (позже он поменял имя на Самуэль Бинг) в 1895 году. От названия этого магазина стиль Модерн во Франции получил название Art Nouveau. Также популяризацией новому стилю послужила Всемирная выставка в Париже в 1900 году, которую посетили более 51 миллиона человек.

Промышленным центром и художественными мастерскими стиля Арт Нуво во Франции становится город Нанси (Nancy) на востоке от Парижа. Здесь создается объединение "Alliance Provinciale des Industries d'Art" (Провинциальный альянс художественной промышленности), переименованное в 1901 году в "L'École de Nancy" (Нансийская школа). Альянс объединяет несколько мебельных и интерьерных мастерских, возглавляют альянс два выдающихся дизайнера, Эмиль Галле (Emile Gallé) и Луи Можараль (Louis Majorelle).

Для работ этих дизайнеров характерны такие приемы декорирования мебели как применение облицовочной фанеры, техника маркетри, украшение бронзовыми позолоченными накладками. Эмиль Галле также применял резную рельефную инкрустацию, подбирая разные по структуре породы дерева. В темах для декорирования используются природные мотивы, цветы и насекомые (чаще всего мотыльки и стрекозы). Для создания деталей мебели в мастерских Галле используются промышленные инструменты, но отделка и финишная обработка деталей производится только вручную. В мастерских Можарала ручной труд был максимально механизирован, основной упор делался на форму изделия, украшение чаще всего сводилось к бронзовым позолоченным накладкам и мебель его производства не так сильно декорирована как мебель мастерских Галле.

В Нансийскую школу также входили такие видные мебельные дизайнеры как Эмиль Андре (Emile André), Эжен Валлен (Eugène Vallin), Камил Готье (Camille Gauthier), Жак Грубер (Jacques Gruber) и многие другие французские мастера.

Делая обзор по французской мебели в стиле Art Nouveau нельзя не отметить работу Парижской группы дизайнеров и архитекторов,

известной под названием "Шестерка". В эту творческую группу входили Шарль Плуоме, Тони Сельмершейм, Александр Шарпентайер, Гектор Гимар и другие. В дизайне своей мебели они делали упор на форму и линии изделия. Мебель изготавливалась из простых пород древесины, без декорирования поверхности. Интерьер, как поле для деятельности дизайнера, воспринимался единым целым, а не набором отдельных предметов.

Роскошный, изысканный и вместе с тем органичный стиль в изготовлении предметов мебели, получивший название модерн был популярен в период с 1890 по 1910 год. Своим появлением модерн обязан движению искусств и ремесел, а также японской гравюре.

#### **Заключение**

На рубеже XIX – XX веков в истории мировой культуры и искусства возникло новое направление, получившее название модерн. Его зарождение объясняется стремлением художников выйти за пределы замкнутого классического искусства и создать стиль, который бы окружал людей эстетически наполненной

предметной средой. Возникнув на Западе, модерн вскоре был воспринят передовыми слоями культурного общества и в других странах, в том числе в Америке и России.

Характерными чертами нового стиля стало – гармоническое соединение (как в природе) самых разных вещей и в этом его прелесть и уникальность. Эпоха нуждалась в художниках универсального дарования, которым бы можно было доверить воплощение самой заветной мечты о слиянии – синтезе искусств.

На сегодняшний день стиль модерн пользуется популярностью и большим спросом, как в интерьере и архитектуре. Динамичные плавные линии и сдержанные тона всегда будут актуальными и не выйдут из моды.

#### **Литература**

1. Кириченко Е.И. "Русская архитектура 1830-1910 -х годов", Москва "Искусство" 1982.
2. Борисова Е.А., Стернин Г.Ю. "Русский модерн", Москва "Советский художник" 1990.
3. Федотова Е. "Модерн в Европе. Романтический финал XIX столетия"- "Salon" журнал № 2 - 1999.

## **ЦВЕТ В РЕКЛАМЕ**

Федорова И.В., Белоенко Е.В.

Томский политехнический университет  
[irina9321@yandex.ru](mailto:irina9321@yandex.ru)

#### **Введение**

Цветная реклама воздействует сильнее, чем черно-белая, потому что повышает очевидность достоинств представленных товаров и услуг, заставляет человека эмоционально воспринимать предметы, облегчает узнавание и может благодаря символическому содержанию воздействовать на подсознание. Когда видишь хорошие рекламные фильмы, листаешь буклеты, разглядываешь плакаты, непременно обращаешь внимание на выразительность цветовых и пространственных решений. Все продумано до мелочей. Все очень красиво, все работает на цель — привлечь внимание, заинтересовать рекламируемым товаром. Цвет и форма эмоционально воздействуют на человека. Цвет – один из самых значимых элементов печатной рекламы, способный повлиять на решение о покупке не меньше, чем слоган. Он может привлекать и отталкивать, вселять чувство спокойствия и комфорта или возбуждать и тревожить.

Цвета обращаются к чувствам, а не к логике человека, а именно:

- Вызывают психологическую реакцию;
- Подчеркивают качество, настроение, чувство; создают теплую или холодную среду; отражают времена года и т.д.;
- Имеют физиологические последствия, как положительные или отрицательные оптические раздражители;

- Прикасаются к ощущениям: удовлетворение, приятный внешний вид и т.п.;
- «взывают» к чувствам: придают объемность среде и предметам.

Психологи утверждают, что 80% воздействия цвета обрабатывается нервной системой и только оставшиеся 20% - зрительной. Естественно, что очень важно составить правильное цветовое оформление товара: сам продукт, его упаковка, цвета рекламной кампании.

#### **Влияние цвета на восприятие человека и его психическое состояние**

Ученые считают, что на подсознательном уровне цвет вызывает у людей всего мира достаточно точные и схожие ассоциации.

Однако в разных странах один и тот же цвет символизируется по-разному. Например:

- Красный: в Америке символизирует — любовь; (рис. 1)
- в Китае — доброту, праздник, удачу;
- в России — высокую активность, агрессию, борьбу;
- в Индии — жизнь;



Рис. 1. Символ красного цвета

Считается, что если цвета, наиболее часто встречаемые в магазинах России, расположить по степени воздействия на внимание покупателей, то распределение по степени эффективности привлечения внимания будет следующим (табл. 1).

Таблица 1. Степень эффективности привлечения внимания

Цвета	Эффективность привлечения внимания (в %)
Сине-фиолетовый	100
Темно-синий	90
Бирюзовый	85
Интенсивно лимонный	60
Черный	47
Темно-фиолетовый	42
Желтый	22
Голубой	17,5
Синий	14,5
Коричневый	9,5
Рубиновый	7,5
Красно-розовый	3,5

Приведём несколько примеров:

- В рекламах кофе преобладают коричневые тона.
- Рекламные ролики молочных продуктов - оттенки белого цвета; (рис. 2)
- Для рекламы детской одежды и средств гигиены используются нежные пастельные тона;
- В рекламе поп-музыки используют шокирующие цвета, такие как розовый, оранжевый, лиловый, красный и т.д.



Рис. 2. Рекламные ролики молочных продуктов

### Общие правила использования цвета

Не рекомендуется пестрая расцветка рекламного объявления, причем, чем меньше габариты модуля, тем больше раздражение от цветового разнообразия. Чрезмерная загрузка синим, зеленым и красным может привести к тому, что взгляд на таких модулях задержится ненадолго, к тому же это мешает считыванию информации. Наиболее приемлемый вариант – три цвета (рис. 3) (черный учитывается).



Рис. 3. пример трех цветной рекламы

### Степень ухудшения восприятия цветовых сочетаний.

Лучше всего воспринимаются сочетания:

- синий на белом;
- черный на желтом;
- зеленый на белом;
- черный на белом;
- желтый на черном;
- белый на черном;

Хуже-

- коричневый на желтом;
- желтый на коричневом;
- красный на белом;
- белый на красном;
- желтый на красном.

Количество используемых цветов непосредственно влияет на эффективность воздействия рекламного сообщения. Если эффективность восприятия черно-белого изображения принять за 100%, то эффективность двухцветного возрастает на 20%, а многоцветного — на 40%.

### Заключение

Человек, обладая совершеннейшей системой цветовосприятия, разработал различные способы использования цветов для личных и профессиональных нужд, а также в целях развлечения. Реклама становится более успешной при правильном использовании цветовой гаммы,

которая со временем становится фирменной цветовой гаммой.

Статистика зависимости рекламы от цвета:

- С вероятностью в 60% под влиянием цвета человек решает, стоит ли знакомиться с продуктом подробнее или нет;
- Правильное сочетание цвета может повысить шансы рекламы быть замеченной среди потребителей на 38%;
- Правильное сочетание цвета способно улучшить восприятие потребителем рекламного сообщения на 40%
- Наконец, цвет может даже повысить позитивное отношение к рекламируемой продукции. На 22%.
- Цветовая гамма действительно оказывает сильное влияние на человека, просматривающего рекламу.

**Литература**

1. Корпоративный менеджмент [Электронный ресурс]. -Режим доступа: свободный.  
<http://www.cfin.ru/press/marketing/2000-4/12.shtml>
2. Психология цвета в рекламе [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.advesti.ru/publish/psiholog/200405\\_color2](http://www.advesti.ru/publish/psiholog/200405_color2)
3. Реклама и PR в малом и среднем бизнесе [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.adbusiness.ru/content/document\\_r\\_7A22D1D6-C202-4A7B-AE80-A1519A28795B.html](http://www.adbusiness.ru/content/document_r_7A22D1D6-C202-4A7B-AE80-A1519A28795B.html)
4. Цветоведение в живописи [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://color.iatp.by/>
5. Колористика и цветоведение [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://romanova.in.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=48&Itemid=88](http://romanova.in.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=88)

**СЕКЦИЯ 9.  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В  
МАШИНОСТРОЕНИИ**

## РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОСТАВЛЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ШНЕКА ДЛЯ МАШИНЫ ГРАНУЛЯЦИИ ПОЛИМЕРОВ НА СТАНКЕ С ЧПУ

Мухолзоев А.В., Оголь И.И.

Томский политехнический университет  
[Alien89.07@mail.ru](mailto:Alien89.07@mail.ru)

### Введение

При изготовлении шнеков различного назначения, имеющих винтовую канавку сложного профиля, типовым технологическим решением для изготовления канавки является использование фасонной фрезы. Однако при мелкосерийном производстве такой подход представляется нецелесообразным, из-за необходимости дорогостоящей разработки и изготовления нестандартного инструмента.

Выходом из этой ситуации может служить обработка канавки на станке с ЧПУ с использованием типового набора инструментов. Для реализации такого подхода встает задача в составлении управляющей программы для станка с ЧПУ.

При разработке программы для обработки винтовой канавки шнека машины для грануляции полимеров (рис. 1), использование типовых подходов дало неудовлетворительные результаты. Управляющие программы (УП), созданные при помощи типовых стратегий для ротационной обработки в САМ системах, являются неоптимальными. Они содержат большое количество холостых ходов и «лишних» перемещений, кроме того структура программ не приспособлена к дальнейшему редактированию непосредственно на станке (а это зачастую требуется), так как винтовые ходы канавки подвергаются интерполяции и разбиваются на короткие участки. При изготовлении даже небольших партий в вышеуказанные недостатки приводят к значительному увеличению общего времени обработки. Кроме того, не обеспечивается равномерность снятия материала на протяжении одного винтового прохода, что влечет за собой ухудшение качества поверхности и снижение производительности.

Создание УП путем «ручного» программирования не рационально, так как требует большого объема математических вычислений и геометрических построений

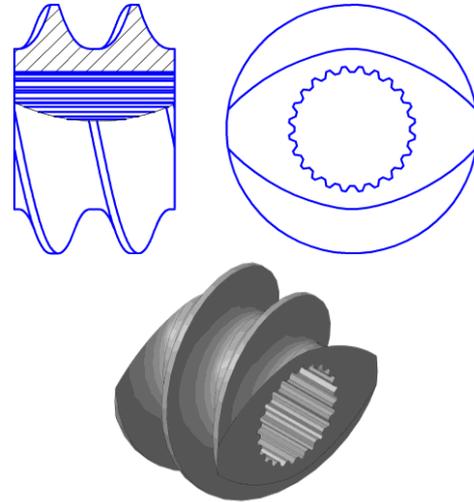


Рис. 1. 3D – модель шнека для переработки пластмасс

Цель работы состоит в разработке и реализации алгоритма формирования управляющей программы обработки винтовой поверхности шнека для станка с ЧПУ по заданному сечению и параметрам шнека (количество оборотов и шаг).

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработка алгоритма выбора оптимального инструмента для черновой и чистовой обработки.

2. Разработка алгоритма расчёта траекторий движения инструмента при черновой и чистовой обработке.

3. Реализация разработанных алгоритмов, обеспечивающая взаимодействие с системами САПР, применяемых в машиностроении.

- 1.1 Алгоритмы построения траекторий движения и выбора инструмента.

Обработка винтовой поверхности шнека производится на четырех-координатном фрезерном станке следующим образом.

- Фреза позиционируется в плоскости XZ (далее в тексте профиль винтовой канавки определяется сечением плоскости XZ) станка в координатах, смещенных за пределы заготовки. Данное смещение необходимо для обеспечения врезания фрезы её боковой поверхностью.

- Совершается вращение поворотной осью А согласованное с перемещением фрезы. При этом происходит удаление материала заготовки и формирование поверхности шнека. Поворот оси

осуществляется с перебегом для обеспечения выхода инструмента из зоны резания.

- Инструмент перемещается в точку профиля, на противоположной стенке канавки и совершается обратный поворот.

Путем линейных преобразований можно получить программу для 4-х координатном станке любой другой схемы расположения осей.

Обработка происходит в два этапа: черновая обработка, в результате которой грубо удаляются большие объёмы материала, и чистовая, в результате которой окончательно формируется необходимая форма поверхности.

### 1.2 Черновая обработка

При расчете траектории движения черного инструмента необходимо дополнительно задать максимально допустимую высоту неровности профиля и припуск на чистовую обработку (рис. 3). Неровность возникает из-за использования при черновой обработке концевых фрез, имеющих прямоугольный профиль сечения. Важно контролировать высоту неровностей, так как при чистовой обработке они могут повлиять на стойкость инструмента и привести к его поломке.

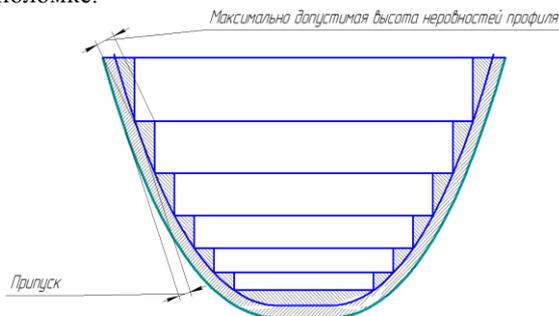


Рис. 2. Схема расположения припуска и максимально допустимых неровностей профиля

Для нахождения опорных точек положения фрезы при черновой обработке предлагается использовать следующий алгоритм (рис. 4):

1. В качестве текущей точки принимается начальная точка профиля

2. Из текущей точки строится вертикальная прямая, отстоящая от профиля канавки на заданную высоту неровности ( $h$ )

3. В точке пересечения вертикальной прямой и линии профиля (точка А) строится горизонтальная прямая

4. В точке пересечения горизонтального отрезка и профиля (точка В) строится вторая вертикальная прямая

5. Точки А и В сохраняются в массиве опорных точек.

6. В качестве текущей точки принимается точка А. Пункты 2-5 повторяются до завершения контура

7. По наименьшему расстоянию между последними опорными точками определяется максимально допустимый диаметр фрезы  $D_{max}$

8. Из списка доступного инструмента выбирается фреза с наибольшим диаметром, не превышающим  $D_{max}$ . Выбранная фреза устанавливается в качестве используемой для обработки. Обозначим её радиус как  $R_{инстр}$

9. Вычисляется массив координат положений инструмента на основе опорных точек путём смещения координат Y нечетных точек на положительное значение  $R_{инстр}$ , нечетных точек на отрицательное значение.

10. Если расстояние между точками А и Б больше  $4 * R_{инстр}$ , тогда появляется необходимость в дополнительных проходах. Координаты этих проходов рассчитываются следующим образом:

- Пусть В – массив координат положений инструмента

- $V_1=A, V_n=B,$

- $n = (V_n - V_1) / R_{инстр}$ ,  $n$  округлить до меньшей целой

- $V_2 = V_1 + ((V_n - V_1 - 2 * R_{инстр}) / n), \dots, V_{n-1} = V_n - 2 * ((V_n - V_1 - 2 * R_{инстр}) / n)$

11. На основе координат формируется УП с использованием шаблона, включающего в себя шапку программы и команды завершения. Тело программы создается путем дополнения команд перемещения инструмента в вычисленные координаты командами поворота оси А.

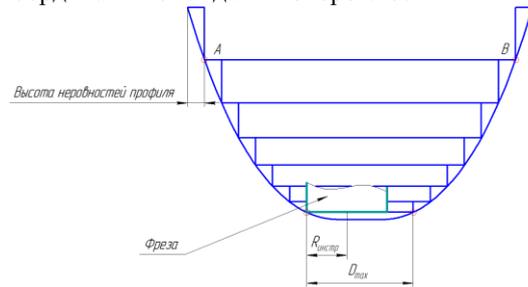


Рис. 4.

Для чистовой обработки профиля используются радиусные фрезы, так как они позволяют обработать поверхность с более низкой высотой неровностей, за меньшее число проходов. При чистовой обработке неизбежно возникает неровность профиля, обусловленная формой инструмента. Высота неровности может контролироваться, однако её уменьшение приводит к увеличению числа проходов фрезы вдоль профиля и, следовательно, к увеличению времени обработки. Обозначим максимально допустимую высоту неровности профиля как  $h^*$ .

При определении используемого для обработки инструмента требуется найти фрезу с максимальным диаметром, способным обработать заданный профиль с указанной точностью без образования зарезов.

Для нахождения диаметра инструмента предлагается использовать следующий алгоритм:

1. Строится эквидистанта на расстоянии  $h^*$  (рис 5а).

2. Строятся эквидистанты соответствующие радиусам доступных фрез (рис 5б).

3. В точках перегибов контура строятся окружности с радиусами, равные радиусам доступных фрез (рис 5в).

4. По пересечениям эквидистанты максимально допустимой неровности профиля и окружностей, подбирается радиусы фрез, которые подходят для обработки данной канавки. При этом используется следующий критерий: окружность и эквидистанта максимально допустимой неровности профиля не должны пересекаться более двух раз, в противном случае это указывает на возникновение недореза при использовании инструмента с данным диаметром. (рис 5д).

5. Из возможных фрез, подобранных в предыдущем пункте, определяется фреза с наибольшим радиусом, которая и принимается как используемая для обработки (Далее радиус выбранной фрезы будем обозначать как  $R_{инстр}$ ).

Для формирования УП чистовой обработки профиля винтовой канавки предлагается следующий алгоритм:

1. В качестве текущей точки принимается начальная точка эквидистанты к обрабатываемому профилю (обозначим этот контур как  $d$ ) на расстоянии равном  $R_{инстр}$  (рис 5г).

2. Текущая точка заносится в массив опорных точек. В текущей точке строится окружность с радиусом  $R_{инстр}$  (рис 5г).

3. В точке пересечения окружности, построенной в предыдущем пункте, с эквидистантой профиля, на расстоянии  $h$  формируется вспомогательная окружность радиуса  $R_{инстр}$  (рис 5е).

4. Точка пересечения вспомогательной окружности и кривой  $d$  является новой текущей точкой (рис 5ж).

5. Пункты 2-4 повторяется до завершения контура  $d$

6. На основе координат опорных точек формируется УП аналогично формированию УП для черновой обработки.

Рис. 5 Алгоритм чистовой обработки

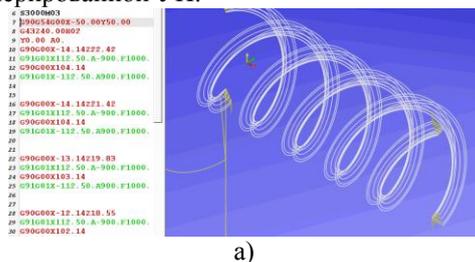
### Реализация и пример использования

В рамках реализации предложенных алгоритмов была создана прикладная библиотека для системы трехмерного моделирования и черчения компании АСКОН КОМПАС 3D. Библиотека создавалась в среде программирования Borland Delphi на языке Object Pascal с использованием функций API КОМПАС 3D.

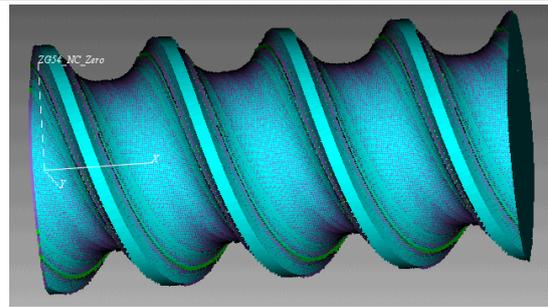
Данный подход даёт большое количество преимуществ:

- нет необходимости в импорте графической информации;
- используются функции геометрических построений системы КОМПАС;
- использование полноценного языка программирования высокого уровня для реализации алгоритма;
- привлекательная графическая среда для пользователя-технолога.

На рисунке 6 показан фрагмент сформированной УП для шнека и траектории движения инструмента (а), результат симуляции обработки (б) и результат отработки программы на станке Haas VF3 (в). Сделанные измерения детали показывают правильность сгенерированной УП.



а)



б)

Рис. 6.

При построении УП для шнеков различных типоразмеров была выявлена проблема возникновения зарезов на боковой стенке при малых значениях шага винта (см. рис 6). Причиной является применяемая технология, а именно, расположение инструмента в плоскости ZX. В дальнейшем планируется решение данной проблемы путём смещение плоскости расположения фрезы.

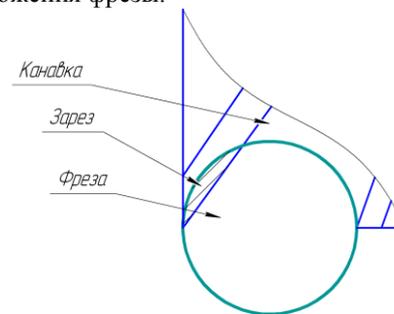


Рис. 7.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ С УПРАВЛЯЕМЫМ ПЕРЕНОСОМ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА

Павлов Н.В., Полищук В.А.

Руководитель: Крюков А.В.

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета  
652050, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 5-09-06

E-mail: pavlin123@rambler.ru

В настоящее время важнейшим условием совершенствования и интенсификации сварочного производства является не только развитие теоретических основ сварки с использованием новейших достижений в различных областях фундаментальных и прикладных наук, но и создание компьютерных приложений позволяющих осуществлять моделирование сварочных процессов [1].

Применение данных приложений превратилось в мощный инструментальный исследований и познания процессов, происходящих в сложных технологических системах, позволяющих не только получить формализованное описание их основных

закономерностей, но и эффективно управлять ими. Использование компьютерного приложения позволяет на стадии проектирования конструкции, оптимизировать условия протекания процесса образования сварного соединения, предотвратить появление недопустимых дефектов сварных швов, соединений, конструкций и одновременно повысить производительность сварочных операций.

Существующие в настоящий момент приложения в основном созданы для широко используемых и глубоко изученных способов сварки (ручная дуговая сварка, механизированная сварка и автоматизированная сварка под слоем

флюса). Однако при производстве сварных металлоконструкций все более широкое применение находят способы сварки с управляемым каплепереносом электродного металла.

Данный способ реализуется за счет программирования перехода капли в сварочную ванну при помощи импульсной подачи электродной проволоки (ИПЭП), что обеспечивает [2]:

- управление процессами плавления, переноса и кристаллизации металла независимо от пространственного положения сварочной ванны при значительно меньших средних значениях основных технологических параметров;

- управление скоростью кристаллизации сварочной ванны вследствие нестационарного энергетического воздействия источника нагрева на сварочную ванну;

- уменьшение степени деформационных процессов в сварных конструкциях

- достаточное содержание в шве легирующих элементов (хром) и стабилизаторов (титан, ниобий);

- отсутствие брызг на поверхности стали.

В связи с этим была поставлена цель: разработка специализированного компьютерного приложения для моделирования процессов сварки с управляемым переносом электродного металла в защитных газах.

Для решения поставленной задачи на первоначальном этапе, были определены параметры характеризующие получение качественного сварного соединения:

1) объем капли возможной перенести в сварочную ванну ( $V$ ), оказывает значительное влияние на устойчивость сварочного процесса, разбрызгивание электродного металла и интенсивность металлургических процессов в дуге и сварочной ванне;

2) температура нагрева ( $T$ ) и охлаждения поверхности свариваемого материала ( $\omega(T)$ ), определяют характер и уровень остаточных напряжений и деформаций в сварной конструкции;

3) геометрические параметры сварного соединения (ширина шва ( $e$ ), глубина проплавления ( $h$ ), усиление шва ( $g$ )).

На следующем этапе были проанализированы существующие алгоритмы для расчета указанных параметров. В основном они разработаны для условий сварки с постоянной подачей электродной проволоки и требуют внесения некоторых уточнений для рассматриваемого способа сварки.

Для сварки с ИПЭП в смеси газов алгоритмы расчета должны устанавливать зависимость искомых параметров от режима сварки (среднее значение тока  $I$ , напряжение на дуге  $U_d$ , скорость

сварки  $V_{св}$ ), а также параметра ИПЭП (частота переноса электродного металла  $f$ ).

Параметры удельной теплоемкости, плотности и температуры плавления свариваемого металла, приведены к усредненному значению и приняты как постоянные.

На основе принятых условий и допущений были созданы алгоритмы расчета искомых параметров [3,4,5].

Данные алгоритмы были взяты за основу при создании компьютерного приложения «Моделирование процессов управляемого каплепереноса электродного металла» [6].

Блок-схема работы приложения представлен на рис. 1.

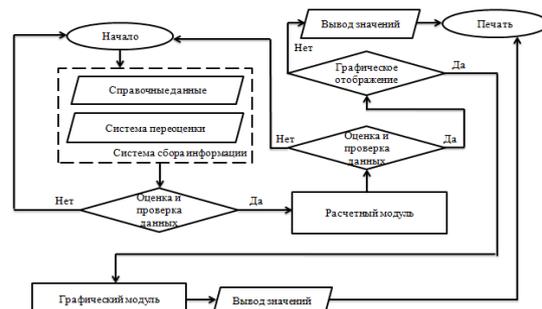


Рис. 1. Блок-схема работы компьютерного приложения «Моделирование процессов управляемого каплепереноса электродного металла»

Работа в приложении начинается с создания нового проекта. Одновременно с добавлением элемента «проект» создается отдельная база данных (БД) с набором шаблонных таблиц.

Приложение разделено на несколько основных модулей отвечающих за входные данные, их расчет и отображение.

Входные значения вводятся пользователем, а при необходимости выбираются из стандартных данных. На следующем этапе осуществляется контроль полноты вводимой информации «Системой оценки и проверки данных».

Первоначально для каждого из искомых значений происходит выбор необходимых параметров для расчета и построения модели. Данное ограничение позволяет избежать внесения избыточной информации, не используемой при расчете.

На следующем этапе происходит обработка данных, расчет и при необходимости графического отображения полученных результатов, для определяемого параметра процесса через систему «Вывод значений».

Если полученный результат удовлетворяет пользователя и не противоречит ограничениям, предоставляется возможность печати полученных результатов.

Внешний вид полученного компьютерного приложения представлен на рис. 2.

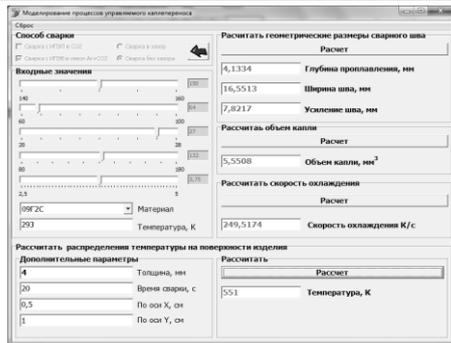


Рис. 2. Внешний вид компьютерного приложения «Моделирование процессов управляемого каплепереноса электродного металла»

Вывод: Разработано специализированное компьютерное приложение осуществляющее моделирование процессов сварки с управляемым переносом электродного металла в защитных газах.

### Литература

1. Березовский, Б.М. Математические модели дуговой сварки: в 7т. Том 1. Математическое моделирование и информационные технологии, модели сварочной ванны и формирования шва / Б.М. Березовский// – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 85с.
2. Солодский, С.А. Повышение эффективности сварки плавящимся электродом в защитных газах [Текст] / С.А. Солодский, Е.А. Зернин, Н.В. Павлов // Материалы международного Китайско-Российского форума безопасного производства шахты и технологий оборудования, посвященного 60-летию Ляонинского технического университета. – Фусинь: Изд. ЛТУ, - 2009. – С. 44-47.
3. Павлов, Н.В. Влияния концентрации газовой среды на объем капли при сварке с импульсной подачей электродной проволоки [Текст] / Н.В. Павлов, А.В. Крюков, Е.А. Зернин // Сварка и родственные технологии: Материалы VI научно-технической конференции молодых ученых и специалистов / Институт Электросварки им. Е.О. Патона., ИЭС им. Е.О. Патона. –г.Киев –2011, –С. 57.
4. Павлов, Н.В. Исследование температурных полей при сварке с импульсной подачей в смеси газов [Текст] / Н.В. Павлов, А.В. Крюков, А.А. Зеленковский, М.А. Кузнецов // Труды Всероссийской научно-практической конференции «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество» / Сибирский государственный индустриальный университет. – г.Новокузнецк –2009, –С. 295 – 297.
5. Павлов, Н.В. Детерминированно-статистическая модель формы шва при сварке с импульсной подачей электродной проволоки в смеси газов [Текст] / Н.В. Павлов, А.В. Крюков, Е.А. Зернин // Сварка и диагностика. –2011. –№6. С. 31–35.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2011616056 от 03.08.2012г. Моделирование процессов управляемого каплепереноса электродного металла. Павлов Н.В., Крюков А.В., Домнина Е.Г., Зернин Е.А.

Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет

**Молодёжь и современные  
информационные технологии**

Сборник трудов

X Международной научно-практической конференции студентов,  
аспирантов и молодых учёных

Издательство Томского политехнического университета, 2012

На русском и английском языках



Tomsk Polytechnic University  
Quality management system  
of Tomsk Polytechnic University was certified by  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE on BS EN ISO 9001:2008



**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  **ТПУ**. 30, Lenina Ave, Tomsk, 634050, Russia  
Tel/fax: +7 (3822) 56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)