

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Институт кибернетики

Молодёжь и современные информационные технологии

Сборник трудов

IX Всероссийской научно-практической конференции студентов,
аспирантов и молодых учёных

Часть 1

11 – 13 мая 2011г.

г. Томск

УДК 378:004
ББК Ч481.23
М75

Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 11 - 13 мая 2011 г., ч.1. Томск: Изд-во СПб Графикас– 316 с.

Сборник содержит доклады, представленные на IX Всероссийскую научно-практическую конференцию студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии», прошедшую на базе Института кибернетики Томского политехнического университета 11 – 13 мая 2011г. 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)».

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

УДК 378:004
ББК Ч481.23
М 75

Редакционная коллегия:

Кочегуров А.И., к.т.н., доцент каф. ПМ ИК ТПУ, зам. директора ИК ТПУ, ответственный редактор;
Малахов Э.В., специалист НТО ИК ТПУ, составитель, редактор;
Аврамчук В.С., к.т.н., доцент каф. АиКС ИК ТПУ;
Ботыгин И.А., к.т.н., доцент каф. ИПС ИК ТПУ;
Зимин В.Б., к.т.н., доцент каф. ПМ ИК ТПУ;
Тузовский А.Ф., д.т.н., профессор каф. ОСУ ИК ТПУ;
Рудницкий В.А., к.т.н., доцент каф. ИКСУ ИК ТПУ;
Дмитриева Е.А., к.т.н., доцент каф. АиКС ИК ТПУ;
Шерстнев В.С., к.т.н., доцент каф. ВТ ИК ТПУ;
Заревич А.И., к.т.н., доцент каф. КИСМ ИК ТПУ;
Винокурова Г.Ф., к.т.н., доцент каф. НГГ ИК ТПУ;
Буханченко С.Е., к.т.н., доцент каф. АРМ ИК ТПУ.

Конференция «Молодежь и современные информационные технологии» аккредитована по программе «УМНИК» (Участник Молодежного Научно-Инновационного Конкурса). Во время работы конференции экспертным советом будут отобраны участники программы. Подробную информацию о конкурсе Вы можете найти на сайте <http://www.fasie.ru/>.

Конференция «Молодежь и современные информационные технологии» получила поддержку Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в виде гранта на проект № 11-07-06805-моб_г "Организация и проведение IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Молодежь и современные информационные технологии" с международным участием".

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Микропроцессорные системы, компьютерные сети и телекоммуникации

Разработка параллельных алгоритмов на основе технологии CUDA для решения задач адаптивной оптики <i>Тартаковский Е.А.</i>	12
Разработка приложения для автоматизации конфигурирования ряда параметров маршрутизаторов CISCO <i>Мальхин В.И.</i>	14
Исследование методов классификации блоков при фрактальном сжатии изображений <i>Шарабайко М.П.</i>	16
Разработка лабораторных работ по созданию беспроводных сетей на основе стека протоколов MICROCHIP ZIGBEE <i>Артельный П.К.</i>	18
Проектирование системы измерения температуры в помещении <i>Шеметова И. В.</i>	20
Моделирование нестационарного теплопереноса при выращивании кристаллов методом Бриджмена <i>Филиппов М.М.</i>	22
Приёмо-передающий модуль для организации атмосферной оптической связи <i>Костяной Ю.А.</i>	24
Использование автономного телекоммуникационного терминала "Мобис" в системах транспортного мониторинга <i>Саврасов Ф.В.</i>	26
Датчики системы спутниковой и ИК навигации ракеты <i>Маморцев С.В.</i>	28
Реализация операционной системы для микроконтроллеров AVR ATmega32 <i>Логутенко М.Г.</i>	30
Реализация турбокодека на ПЛИС <i>Яременко А.В.</i>	32
Программно-аппаратная измерительная система "БИИС" <i>Григорьев В.А.</i>	34
Информационная поддержка систематизации и статистики формирования документов Фонда образовательных программ <i>Толстомятов А.Е.</i>	36
Сравнительный обзор и анализ рассеянных вычислений <i>Аманжолов Р.М.</i>	38
Study and design of a control system for a small satellite that stores and sends musical signals through Beacon <i>Acosta J.R.</i>	40
О применении языков описания аппаратуры при разработке устройств на ПЛИС <i>Еремин В.В.</i>	42
Проектирование атмосферной линии связи в качестве резервной локальной сети <i>Попович М.Ю.</i>	44
Разработка инфракрасного датчика препятствий <i>Батяшов С.В.</i>	46
Использование синхронных сетей при планировании цифрового телевизионного вещания в г. Владивостоке <i>Ломакин А.Ф., Школьный С.И.</i>	48

Секция 2. Математическое моделирование и компьютерный анализ данных

Распараллеливание алгоритмов вейвлет-преобразования эрмитовых кубических сплайнов <i>Губская М.М.</i>	52
Сравнительный анализ методов минимизации булевых функций <i>Лощухина Т.Е.</i>	54
Оценка потенциального риска при моделировании движения автомобиля через перекресток <i>Заварзина В.В.</i>	56
Особенности расчетов ослабления оптического излучения кристаллическим аэрозолем <i>Кырмагенов А.Д.</i>	58
Математическое моделирование колебаний жидкости в бассейне конечной глубины методом граничных элементов <i>Теплова И.Л.</i>	60
Некоторые вопросы определение рисков моментов на фондовом рынке с использованием инструментов <i>Жердева Ю.Ю.</i>	62
Алгоритм измерения элементного состава высокоскоростных пылевых частиц <i>Телегин А.М.</i>	64
Об имитационном моделировании с использованием рейтинговых оценок <i>Бабичева Н.Б.</i>	66
Использование методов мультифрактального анализа для описания трехмерных структур <i>Сайфулин М.М.</i>	68
Разработка FACEBOOK-приложения для платформы "BRING DICH EIN!" <i>Жилинская Ю.В.</i>	70
Обработка вызванных потенциалов электроэнцефалограммы методом Стокса <i>Суханова Е.Ф.</i>	72
Метод имитационного моделирования мультисервисных сетей <i>Звонов А.О.</i>	74
Учёт профиля трубопровода при обнаружении утечек в нём <i>Теуцакова Т.В.</i>	76
Исследование способа определения характерного масштаба объектов на изображениях и его применение для анализа <i>Ефремов П.С.</i>	78
Исследование влияния параметров конечно-элементной сетки на результаты численного решения динамической задачи соударения <i>Назукин В.А.</i>	80
Применение дискриминантного анализа в менеджменте качества образования <i>Пашкова Ю.А.</i>	82
Новый подход к анализу удовлетворенности потребителей управляющей компании <i>Пашкова Ю.А.</i>	84
О сравнении мер расхождения нуклеотидных цепей на основе моделей их строя и марковских характеристик <i>Семенов А.В.</i>	86
Разработка унифицированного метода оценки качества программного обеспечения <i>Джужома Е.В.</i>	88
Математическое моделирование свободной конвекции в квадратной полости с учетом излучения на основе двумерного (p-1)-приближения <i>Мартюшев С.Г.</i>	90
Генерация программ для языка Malbolge <i>Золотарев И.П.</i>	92

Программная реализация точно обратимого метода встраивания данных в файл-изображение <i>Безуглый В.А.</i>	94
Расчет коэффициента поглощения в окнах прозрачности атмосферы <i>Климешина Т.Е.</i>	96
Методика расчета температурного поля термоэлектрического устройства для лечения заболеваний пальцев кисти <i>Гидуримова Д.А.</i>	98
Применение постоянно действующей геолого-технологической модели при разработке пласта Ю13-4 Майского месторождения <i>Кузьмин Т.Г.</i>	100
О потери устойчивости гибких оболочек под действием внешней сдвиговой знакопеременной нагрузки <i>Крылова Е.Ю.</i>	102
Исследование электромагнитного излучения сгустка электронов в триоде с виртуальным катодом <i>Тимофеев А.А.</i>	104
Стохастическая модель скользящего токосъема электрических машин и аппаратов <i>Слободян М. С.</i>	106
Сложные колебания диссипативно-консервативных систем балок <i>Коч М.И.</i>	108
Исследование влияния токовой нейтрализации и геометрии токопроводов на конфигурацию сильноточного электронного пучка на мишени в плазменной системе <i>Ле Х.З.</i>	110
Сравнительный анализ математического моделирования и экспериментального исследования гидравлического автоколебательного стенда <i>Русских Г.С.</i>	112
Метод Бубнова-Галеркина в теории контактного взаимодействия гибких пластинок <i>Яковлева Т.В.</i>	114
Анализ пригодности существующих методов экстраполяции временных рядов для краткосрочного прогнозирования энергопотребления <i>Костин Н.С.</i>	116
Численное моделирование тепло- массопереноса при кристаллизации расплава в Comsol Multiphysics <i>Филиппов М.М.</i>	118
Методы оптимизации многоэкстремальных функций с помощью генетических алгоритмов <i>Шевчик М. В.</i>	120
Расчет комбинационных частот и фильтрация биоэлектрических потенциалов фазовым фильтром <i>Небаба С.Г.</i>	122
Гистограммная арифметика и ее приложения для анализа временных рядов <i>Мордвинов И. В.</i>	124
Анализ алгоритмов обнаружения импульсного шума на изображениях <i>Фан. Н.Х.</i>	126
Оптимизация системы массового обслуживания с резервным прибором, управляемым по времени ожидания <i>Петров Е.С.</i>	128
Фрактальная характеристика разверток пары двойственных многогранников <i>Сухачева Е.С.</i>	130
Модель компактной костной ткани <i>Посысаев С.С.</i>	132
Решение краевой задачи по расчету электромагнитного поля безжелезного бетатрона в Comsol Multiphysics <i>Вакуленко М.Д.</i>	134

Оценка состояния больного с травмой нервов конечности с использованием вейвлет-преобразования <i>Макаров М.А.</i>	136
Исследование алгоритмов корреляции прямой продольной волны по данным вертикального сейсмического профилирования <i>Янковская Н.Г.</i>	138
Решение нестационарной задачи о движении вязкой несжимаемой жидкости <i>Гуммель Е.Э.</i>	140
Алгоритм оценки скоростного закона по данным ВСП для наклонно-слоистой модели среды <i>Речкин М.С.</i>	142
Моделирование нестационарного температурного поля в биологическом объекте при воздействии низкими температурами <i>Турунтаева Н.Ю.</i>	144
Исследование динамики электронного потока с формированием виртуального катода <i>Обухов Д.С.</i>	146
Когнитивное моделирование в социальной сфере <i>Макарова Л.С.</i>	148
Исследование итерационных методов для решения задач многофазной фильтрации <i>Васильева М. В.</i>	150
Алгоритм прогноза типа геологического разреза на основе фазовременного анализа сейсмических волн <i>Манеева Е.В.</i>	152
Методы и средства моделирования компьютерных сетей <i>Ушакова Е.В.</i>	154
Построение модели определения наклонных границ разделения сред <i>Ивашкина М.А.</i>	156
Оптимизация обнаружения объектов с помощью преобразования Хафа <i>Денисюк В.С.</i>	158
Математическая модель микроструктуры годовичных колец деревьев <i>Ляпков А.А.</i>	160
Подбор наборов тестов для WEB-ориентированных информационных систем на основе требований к ним <i>Бахарева М.И.</i>	162
Моделирование эквипотенциальных линий электрического поля в присутствии датчика напряженности <i>Щербинина Е.В.</i>	164
Моделирование систем с существенными нелинейностями с помощью конкурирующих параллельных процессов <i>Богданов К. В.</i>	166
Сравнение схем аппроксимации по времени при моделировании задач фильтрации <i>Афанасьева Н.М.</i>	168
Оценка состояния организма на основе теории нечетких множеств <i>Иванова В.В.</i>	170
Когнитивная графика в анализе многомерных экспериментальных данных <i>Дзюра А.Е.</i>	172
Обработка вызванных потенциалов электроэнцефалограммы методами корреляционного анализа <i>Капсаргин К.Е.</i>	174
Модель оценки качества обучения иностранных студентов <i>Нгуен С.Х.</i>	176
Учет уклона в алгоритме распространения лесного пожара на основе модели Ротермела и клеточных автоматов <i>Солодовниченко М.А.</i>	178

Прогноз фильтрационно-емкостных свойств геологических сред в межскважинном пространстве <i>Черникова А.И.</i>	180
Моделирование детектора органических веществ в породе с помощью пакета COMSOL MULTIPHYSIC <i>Нгуен В.Н.</i>	182
Моделирование GPS сигнала для разработки системы навигации малых космических аппаратов <i>Третьякова Е.В.</i>	184
Исследование распределения температуры по глубине мишени при облучении пучком ускоренных заряженных частиц <i>То Т.У.</i>	186
Разработка инструментария для оценки адаптации студентов <i>Нгуен Б.Х.</i>	188
Моделирование переходного излучения в волноводе с неоднородным диэлектрическим заполнением в пакете COMSOL Multiphysics <i>Нгуен Т.Д.</i>	190
Синтез регуляторов пониженного порядка для неустойчивых объектов (Английский язык) <i>Щелканова Т.А.</i>	192
Алгоритм прогноза коллекторских свойств пород на основе свойства взаимных спектров отраженных сейсмических вол <i>Покровская М.А.</i>	194
Исследование влияния системы наблюдений ВСП на оценку скоростного закона геологических сред <i>Жукова М.С.</i>	196
Разложение изображений с помощью двумерного преобразования и быстрого преобразования Хаара <i>Буй Т.Т.Ч.</i>	198
Математическая модель зарядовой и токовой нейтрализации низкоэнергетического сильноточного электронного пучка во внешнем магнитном поле при инжекции в плазму <i>Вагин Е.С.</i>	200
Использование пакета PETSC для решения задачи сжатия эрмитовых кубических сплайн-кривых <i>Эшаров Э.А.</i>	202
Когнитивная графика в социально-психологических исследованиях <i>Осадчая И.А.</i>	204
Модель зарядовой нейтрализации низкоэнергетического электронного пучка в газе во внешнем магнитном поле <i>Звигинцев И.Л.</i>	206
Программное обеспечение для обработки экспериментальных данных полученных методом термодесорбционной спектроскопии <i>Селянин А.С.</i>	208
Экспериментальное исследование планарно-коаксиальной отражательной системы с виртуальным катодом <i>Нгуен М.Т.</i>	210
Графическое представление конечного автомата и разбор цепочек <i>Фетисова Д.С.</i>	212
Анализ фазового портрета вызванных потенциалов ЭЭГ геометрическим методом <i>Будаева Н.Д.</i>	214
Система автоматического регулирования интерактивного обучения <i>Балацкий М.Е.</i>	216
Математическая модель динамики рынка ценных бумаг <i>Ле Т.К.</i>	218
Математическое моделирование активного экрана на основе мдм-структуры для защиты космических аппаратов. <i>Бабенко А.В.</i>	220

Разработка модели "Затраты" и "Прибыль" как характеристик динамической системы <i>Мальцев С.В.</i>	222
Алгоритм стабилизации видео, основанный на методе соответствия блоков <i>Буряченко В.В.</i>	224
Модификационная модель прогноза динамики рынка ценных бумаг в виде нелинейной системы дифференциальных уравнений <i>Потешкина О.Ю.</i>	226
Особенности переноса энергии в замкнутом двухфазном термосифоне <i>Аль-Ани М.А.</i>	228
Восстановление многомерных стохастических зависимостей методом разбиения признаков на подгруппы <i>Лебедев П.А.</i>	230
Численное изучение особенностей деформирования керамических композитов на стадии предразрушения <i>Еремин М.О.</i>	232
Исследование применения вейвлет-анализа для решения задач обработки сейсмической информации. <i>Нгуен В.Ч.</i>	234
Метод объединения сканированных объектов наноразмерных материалов в атомной силовой микроскопии <i>Догадин С.Е.</i>	236
Модель процесса алмазного хонингования глухого отверстия <i>Осипов Г.А.</i>	238
К вопросу разработки модели процесса алмазного хонингования <i>Лазуков Н.Е.</i>	240

Секция 3. Информационные и интеллектуальные системы (в прикладных областях)

Система поиска и выделения человеческих лиц на изображениях <i>Друки А.А.</i>	244
Технология реализации оценки финансового состояния предприятий в форме компьютерной экспертной системы <i>Чаадаева В.В.</i>	246
Система идентификации псевдорегулярных объектов на конвейерных линиях методами нейросетевых технологий <i>Ненашев А.Л.</i>	248
Распознавание слитных рукописных текстов с использованием аппарата нечеткой логики <i>Исупов Н.С.</i>	250
Сравнение способов обучения модели НТМ для задачи распознавания цифр <i>Болотова Ю.А.</i>	252
Онтологический подход к моделированию ресурсов телекоммуникационных сетей в рамках рекомендаций TeleManagement Forum <i>Нагорянский О.Н.</i>	254
Представление знаний и стратегий вывода в оболочке экспертных систем PION <i>Гильманов И.А.</i>	256
Методы классификации семантических поисковых систем <i>Яровиков В.И.</i>	258
Язык описания базы знаний производственной системы выбора конфигураций программных продуктов "1С:Предприятие 8" <i>Ахаев А.В.</i>	260

Измерение семантической близости понятий на основе онтологической модели <i>Серова Т.О.</i>	262
Разработка системы управления событиями на базе технологий и подходов Semantic Web <i>Сидоров А.О.</i>	264
Системы поддержки принятия решений в информационных технологиях <i>Корабельников И.А.</i>	266
Разработка методов построения эффективных текстовых представлений семантически согласованных текстов <i>Скорин А.В.</i>	268
Разработка модуля извлечения знаний из данных, основанного на использовании осциллирующих нейронных сетей <i>Рыжов К.А.</i>	270
Идентификация нечеткой системы на основе классической эволюционной стратегии <i>Лучкова С.О.</i>	272
Разработка и внедрение модуля реализации унарных операций над источниками информации в рамках ИВС “Молекулярная Спектроскопия” <i>Котов Д.Е.</i>	274
Семантическое аннотирование текстовых документов на естественном языке <i>Потапов И.А.</i>	276
Применение искусственных нейронных сетей для оптимизации проточной части рабочего колеса центробежного насоса <i>Андреева О.В.</i>	278
Локализация объектов интереса при реконструкции видеопоследовательности <i>Дамов М.В.</i>	280
Анализ многомерных данных посредством визуализации <i>Глот К.Ю.</i>	282
Интеллектуальный автосимулятор <i>Залого А.Н.</i>	284
Проверка получаемых данных в задаче автоматической обработки текстовых документов <i>Серый А.С.</i>	286
Применение самоорганизующихся карт Кохонена для кластеризации пациентов с заболеваниями щитовидной железы <i>Девятых Д.В.</i>	288
Подходы к оценке качества обучения в тренажерных комплексах для подготовки операторов АСУ ТП <i>Цевменкова И.С.</i>	290
Web-service provider for medium and small business <i>Nardiello J.R.</i>	292
Система проверки студенческих работ на плагиат <i>Булдыгин Р.А.</i>	294
Качественный анализ динамики учебной деятельности <i>Дьячук И.П.</i>	296
Обучаемость как скорость изменения коэффициента обратной связи между обучающимся и управляющим центром <i>Кудрявцев В.С.</i>	298
Виртуальные модели предметных областей: сервис-ориентированная архитектура и пример реализации базы знаний <i>Садырин П. Н.</i>	300
Семантические технологии в системе электронного документооборота и управления предприятием <i>Коровкин В.А.</i>	302

Медиаинформационные технологии в воспитательно-образовательном процессе дошкольного образовательного учреждения	
<i>Немирич А.А.</i>	304
Image segmentation by Markov chain Monte-Carlo	
<i>Коваленко Д.А.</i>	306
Семантический поиск на основе именных сущностей	
<i>Нгуен Б.Н.</i>	308
Создание метаданных документа с учётом контекстов	
<i>Губин М.Ю.</i>	310
Выделение признаков классификации систем поддержки принятия решений	
<i>Корабельников И.А.</i>	312

СЕКЦИЯ 1

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

РАЗРАБОТКА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ CUDA ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АДАПТИВНОЙ ОПТИКИ

Тартаковский Е.А., Рейзлин В.И.
Томский политехнический университет
Flar@sibmail.com

Введение

В настоящее время все более актуальными становятся параллельные вычисления. Многие научные задачи и задачи математического моделирования для приемлемого времени расчета требуют больше вычислительных ресурсов, чем способен предоставить центральный процессор (CPU) персонального компьютера при последовательных расчетах. Для параллельных вычислений на CPU корпорация Intel разработала и поддерживает библиотеку параллельных алгоритмов Intel MKL, содержащую операции линейной алгебры, быстрого преобразования Фурье (БПФ) и прочие.

На сегодняшний день существует несколько технологий, позволяющих программировать GPU для неграфических вычислений. Одна из них, NVIDIA CUDA, является наиболее проработанной. В состав платформы CUDA входят библиотеки тщательно оптимизированных параллельных алгоритмов линейной алгебры, быстрого преобразования Фурье, и, в последней версии, генератора случайных чисел и алгоритмов работы с разреженными матрицами [1].

Преимущества и недостатки вычислений на GPU

GPU рассматривается как специализированное вычислительное устройство, которое является сопроцессором к CPU, обладает собственной памятью, а также обладает возможностью параллельного выполнения большого количества потоков одновременно [2].

Между потоками на CPU и на GPU есть принципиальные различия: во-первых, потоки на GPU обладают крайне небольшой стоимостью создания, управления и уничтожения, во-вторых, для эффективной загрузки GPU необходимо использовать тысячи отдельных потоков, в то время как для CPU обычно достаточно 1-2х потоков на ядро [3].

Таким образом, при проведении вычислений на GPU разгружается CPU, при этом оперативная память хранит только исходные данные и конечный результат, что позволяет полноценно использовать CPU для других целей, в то время как GPU продолжает вычисления.

Помимо достоинств у вычислений на GPU существуют и недостатки, достаточно сильно ограничивающие круг задач, в которых возможен выигрыш в скорости относительно параллельных вычислений на CPU. Этими недостатками являются низкая скорость передачи информации в память GPU и низкая скорость обращения к глобальной памяти [4].

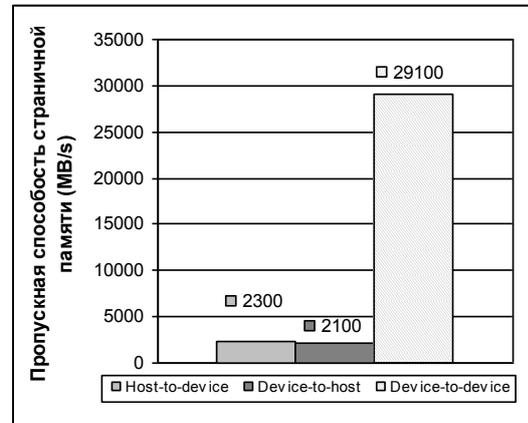


Рис. 1. Сравнение скоростей копирования данных между CPU и GPU, а также внутри GPU

Постановка и реализация задачи

Распространение когерентного лазерного пучка в свободном пространстве описывается однородным волновым уравнением в параболическом приближении [5].

$$2ik \frac{\partial U}{\partial z} + \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) U = 0$$

Уравнение решается с помощью метода Фурье:

$$F(\kappa_x, \kappa_y, z) = F(\kappa_x, \kappa_y, 0) \cdot \exp(-iz(\kappa_x^2 + \kappa_y^2)/2k)$$

$$H(\kappa_x, \kappa_y, z) = \exp(-iz(\kappa_x^2 + \kappa_y^2)/2k)$$

$$H(\kappa_{x,y}, z) = \exp(-iz\kappa_{x,y}^2/2k)$$

$$F(\kappa_x, \kappa_y, z) = F(\kappa_x, \kappa_y, 0) \cdot H(\kappa_x, z) \cdot H(\kappa_y, z)$$

Суть метода заключается в сведении решения уравнения к вычислению прямого и обратного БПФ, между которыми поле умножается на некоторую фильтрующую функцию.

Пусть матрицы поля и фильтрующей функции вычислены заранее и на момент запуска алгоритма известны. Тогда программное решение уравнения сводится к использованию алгоритмов перемножения комплексных матриц и БПФ. Алгоритм БПФ (FFT) для CUDA реализован в библиотеке CUFFT, поставляемой с платформой. Перемножение матриц производится поэлементно по правилу умножения комплексных чисел:

$$re = a*c - b*d;$$

$$im = a*d + b*c;$$

где re , a , c – вещественные части результирующего и умножаемых чисел;

$$im, b, d – \text{мнимые части.}$$

Вычисления производятся следующим образом [6]:

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 (size/dimBlock.x,size/dimBlock.y);
```

Для начала вычислений необходимо выделить память на GPU:

```
cufftComplex *pDeviceMemA;
cudaMalloc((void **)&pDeviceMemA, size*size *
sizeof(cufftComplex));
```

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

```
MxMcomplex_dot_kernel<<<dimGrid, dimBlock>>>
(pDeviceMemA, pDeviceMemB, size);
```

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

```
cudaMemcpy ((void *)pA, pDeviceMemA, size*size*
sizeof(cufftComplex),cudaMemcpyDeviceToHost);
cudaFree(pDeviceMemA);
```

Kernel-функция – функция, вызываемая параллельно для каждого ядра.

Вычисляемый ядром блок копируется в разделяемую память при ядре для обеспечения высокой скорости доступа к элементам матрицы:

```
__shared__ cufftComplex
As[BLOCK_SIZE][BLOCK_SIZE];
int elemnum =
BLOCK_SIZE*by + size*bdx*bx + tx*size + ty;
As[ty][tx] = A[elemnum];
```

Сравнение результатов вычисления алгоритма на CPU и GPU

Для параллельной версии алгоритма решения волнового уравнения вычисления проводились на видеокарте NVIDIA GeForce GTX285.

Параллельные вычисления на CPU проводились с использованием библиотеки MKL, на четырехядерном процессоре Intel Core i7 860 2.8 GHz. Последовательные вычисления – на одном ядре того же процессора.

Из рис. 2 видно, что частота параллельных вычислений на GPU и CPU совпадает при размере матрицы 512x512. При меньшем размере CPU предпочтительнее для вычислений, при большем – предпочтительнее GPU. Последовательный алгоритм в среднем в 20 раз медленнее параллельных алгоритмов.

Заключение

В заключение отметим, что ускорение вычислений в десятки раз позволяет не только

экономить время, но и перейти к принципиально иному уровню решения проблемы.

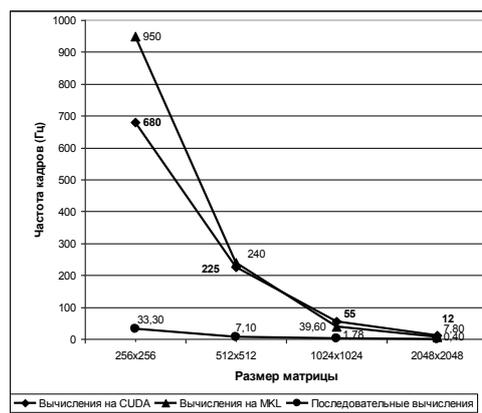


Рис. 2. Частота расчета шага распространения лазерного пучка в свободном пространстве при последовательных и параллельных вычислениях

В качестве примера можно привести задачу моделирования распространения лазерного пучка в турбулентной атмосфере. Для приближения разрабатываемой модели к реальности необходимо учитывать, помимо всего прочего, масштаб структурных элементов турбулентности, который составляет 1:10000. Следовательно, минимальный размер матрицы, необходимый для хранения достоверной, с точки зрения масштаба, модели турбулентности – 10000x10000. Один из наиболее доступных способов ускорения вычислений на матрицах подобных размеров – использование параллельных алгоритмов, в том числе и для вычислений на видеокартах.

Литература

1. CUDA Toolkit 3.2 : [Электронный ресурс]. – URL: http://developer.nvidia.com/object/cuda_3_2_downloads.html, (дата обращения: 05.11.2010).
2. Боресков А. В. Основы работы с технологией CUDA / А. В. Боресков, А. А. Харламов. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 232 с.
3. NVIDIA CUDA: Как работает GPU. // [Электронный ресурс]. – URL: <http://habrahabr.ru/blogs/CUDA/54707/>, (дата обращения: 05.11.2010).
4. NVIDIA CUDA : Работа с памятью. Часть 1 [Электронный ресурс]. – URL: <http://habrahabr.ru/blogs/CUDA/55461/>, (дата обращения: 05.11.2010).
5. Коняев П. А. Численное исследование тепловых искажений когерентных лазерных пучков в атмосфере: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.05 / П. А. Коняев; Томский Государственный Университет. – Томск, 1984. – 155 с.
6. NVIDIA CUDA Programming Guide 3.1. [Электронный ресурс]. – URL: http://developer.download.nvidia.com/compute/cuda/3_1/toolkit/docs/NVIDIA_CUDA_C_ProgrammingGuide_3.1.pdf, (дата обращения: 07.11.2010).

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНФИГУРИРОВАНИЯ РЯДА ПАРАМЕТРОВ МАРШРУТИЗАТОРОВ CISCO

Малыхин В. И., Дорофеев В. А.
Томский политехнический университет
malykhin@sibmail.com

В настоящее время наиболее удобным способом обучения работе с маршрутизаторами, включающим указание параметров маршрутизатора и способа маршрутизации является использование различных симуляторов. Одним из самых известных симуляторов является приложение Cisco Packet Tracer компании Cisco. Однако лицензионное соглашение данного программного обеспечения не позволяет использовать его в обычных образовательных учреждениях. Другой симулятор Network Simulator & Router Simulator от компании Boson является платным, что также ограничивает его использование в учебных целях.

Другой класс программного обеспечения для этих целей – полноценные эмуляторы устройств, такие как бесплатный Graphical Network Simulator (GNS3). Однако такие приложения требуют большого количества системных ресурсов и потому не способны эмулировать большую сеть. Кроме того, для осуществления эмуляции требуются фирменные образы программного обеспечения оборудования, использование которых также может быть запрещено лицензионным соглашением.

Оба варианта не дают обучающемуся практических навыков взаимодействия непосредственно с маршрутизаторами. Но даже если в лаборатории установлены учебные маршрутизаторы, их конфигурирование обычно осуществляется через терминал, что недостаточно удобно в плане наглядности, ведь проводные соединения обычно не дают наглядного видения топологии полученной сети, а связь между набранными командами и изменением конфигурации маршрутизатора не так очевидна.

Проектируемое программное обеспечение представляет собой промежуточное звено между пользователем и терминалом, избавляя обучающегося от излишней функциональности эмуляторов и, в то же время, позволяя более наглядно проследить зависимость между физическими действиями и командами настройки.

Приложение позволит настраивать параметры нескольких маршрутизаторов для работы в сети заданной топологии. Под настройками параметров маршрутизаторов подразумевается установка IP-адресов, маски подсети для каждого из интерфейсов Fast Ethernet, а также IP-адреса, маски подсети и частоты передачи данных для интерфейса Serial. Таким образом, с помощью проектируемого программного обеспечения можно задать настройки, необходимые для связи маршрутизаторов, использующих интерфейсы Fast Ethernet и Serial (рис. 1).

The screenshot shows a configuration window for a Cisco router, labeled 'RtA'. At the top, there are tabs for 'RtA', 'RtB', 'RtC', and 'RtD', and a 'View' button. Below the tabs, the 'Hostname' is set to 'RtA'. The configuration is organized into three sections:

- FastEthernet0/0:** MAC Address: 0000.FFFF.FF01, IP Address: 123.123.123.1, SubnetMask: 255.255.255.0.
- FastEthernet0/1:** MAC Address: 0000.FFFF.FF01, IP Address: (empty), SubnetMask: (empty).
- Serial:** Clock Rate: 1200 (selected in a dropdown), IP Address: (empty), SubnetMask: (empty).

Рис. 1 Параметры маршрутизатора

Установка топологии сети позволит получить наглядную информацию о соединениях маршрутизаторов, в том числе указать для каждого соединения используемый интерфейс. Для определения маршрутов между сетями может использоваться статическая и динамическая маршрутизация. Поддержка динамической маршрутизации будет реализована с помощью протоколов RIPv1, RIPv2, OSPF и EIGP. Все настройки параметров производятся автоматически.

Создание графического представления топологии сети будет осуществляться путем выбора типа соединения (использование интерфейса Fast Ethernet или интерфейса Serial) и соединения необходимых узлов сети. Наряду с соединениями между маршрутизаторами будет предусмотрена возможность соединения с конечными устройствами.

Также функционал программы будет включать возможность сохранения и загрузки конфигурации маршрутизаторов, а именно IP-адрес, маска подсети и MAC-адрес. На сегодняшний день многие специализированные программы и стандартные средства операционных систем (например, Windows) не поддерживают данную функцию.

Помимо собственно маршрутизаторов возможно добавление конечных сетей, что позволит настраивать взаимодействие маршрутизаторов не только между собой, но и с пользовательскими сетями: например, исключать их из списка сетей, с которыми взаимодействуют протоколы маршрутизации.

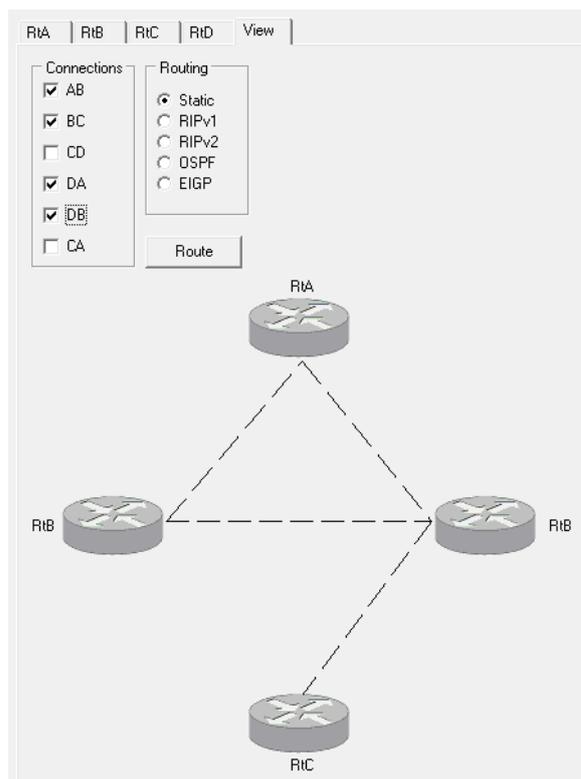


Рис. 2 Настройка топологии сети и типа маршрутизации

Все изменения отображаются в виде консольных команд операционной системы Cisco IOS для настройки с помощью терминала (рис. 3). В случае необходимости основные команды могут автоматически дополняться вспомогательными командами: например, командами входа в режим конфигурирования интерфейса и выхода из него. Такой подход позволит сформировать полностью готовый файл конфигурации, который можно будет сразу загрузить в маршрутизатор.

Кроме того, будет предусмотрен отдельный вывод информации от маршрутизации и вывод того, что набирает оператор для настройки. Данная возможность программы обусловлена особенностью настройки, так как маршрутизатор отправляет сообщение независимо от того набирает ли что-либо пользователь. То есть сообщение от устройства может быть принято в течение набора какой-либо команды, что мешает работе при настройке через терминал. Раздельный вывод информации поможет легче ориентироваться в происходящих изменениях.

```

Hello!
R1A>enable
R1A#config t
R1A(config)#
R1A(config)# interface fa 0/0
R1A(config-if)# ip address 198.123.123.2 255.255.255.0

```

Рис. 3 Вывод команд для консоли

Функционал программы планируется дополнить поддержкой передачи данных через последовательный порт для непосредственного конфигурирования маршрутизаторов, а также поддержкой протокола Telnet для удаленного конфигурирования маршрутизаторов через сеть Интернет. При наличии оборудования это позволит избежать ручного переноса сформированной конфигурации в маршрутизаторы.

Таким образом, данное программное обеспечение позволит более наглядно представлять процесс конфигурации простых сетей, видеть взаимосвязь между изменением топологии сети и командами операционной системы, а также непосредственно изменять настройки маршрутизаторов. Приложение может быть использовано для проведения лабораторных работ с использованием маршрутизаторов компании Cisco.

Литература

1. Cisco: маршрутизаторы и коммутаторы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.opennet.ru/docs/150.shtml/>, свободный.
2. Cisco: команды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bgp4.ru/wrapper.php?p=27/>, свободный.
3. Cisco: конфигурация и команды управления IOS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://network.xsp.ru/4_10.php/, свободный.
4. Cisco. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://faq-cisco.ru/>, свободный.
5. Основные команды по настройке и эксплуатации маршрутизаторов Cisco. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.opennet.ru/docs/RUS/cisco_basic/, свободный.
6. Cisco Router: профессиональная настройка маршрутизаторов Cisco. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://xgu.ru/wiki/Cisco_Router, свободный.
7. Протокол эмуляции терминала Telnet.. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.project.net.ru/others/article7/net6_7.html, свободный.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ БЛОКОВ ПРИ ФРАКТАЛЬНОМ СЖАТИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Шарабайко М.П., Осокин А.Н.
Томский политехнический университет
sme_box@tpu.ru

Введение

Несмотря на большое количество работ по теме классификации блоков при фрактальном сжатии изображений, имеется мало публикаций, оценивающих несколько основных методов в рамках одной статьи на одних программных и аппаратных средствах.

Процесс фрактального сжатия изображений в общем случае сводится к перебору всех блоков, полученных при разбиении изображения на кодируемые (ранговые) и кодирующие (доменные) блоки. Каждый ранговый блок кодируется наиболее подобным доменным.

Классификация доменных и ранговых блоков предназначена для уменьшения перебора, и, как следствие, ускорения алгоритма сжатия.

Каждый доменный блок классифицируется до начала кодирования. Во время подбора потенциальный ранговый блок также классифицируется и сравнивается только с доменами соответствующего класса (либо нескольких близких классов).

Среди наиболее известных и удачных схем классификации блоков можно выделить следующие:

- классификация Фишера (Y. Fisher) [1];
- классификация на основе нахождения «центра масс» (mass center classification) [2];
- классификация Хёртджена (B. Hurtgen) [3];
- классификация Саупе (D. Saupre) [4].

Классификация Фишера

Схема Фишера [1] позволяет разделить множество блоков на 72 класса эквивалентности, сравнение производится только среди блоков одного класса. Схема подходит для классификации блоков квадратной формы.



Рис. 1. Разбиение блока на квадранты

Квадратный участок изображения (блок) делится на четыре квадранта (левый верхний, правый верхний, левый нижний, правый нижний), и последовательно нумеруются (рис. 1). Для каждого квадранта вычисляются значения, пропорциональные дисперсии и среднему (формулы 1–2).

$$A_i = \sum_{j=1}^n p_j^i, \quad (1)$$

$$V_i = \sum_{j=1}^n (p_j^i)^2 - A_i^2, \quad (2)$$

где p_j^i – j-й пиксел i-го квадранта.

Всегда возможно повернуть блок с четырьмя квадрантами так, чтобы выполнялось одно из следующих трех условий:

Основной класс 1: $A_1 \geq A_2 \geq A_3 \geq A_4$.

Основной класс 2: $A_1 \geq A_2 \geq A_4 \geq A_3$.

Основной класс 3: $A_1 \geq A_4 \geq A_2 \geq A_3$.

Эти три основных класса можно обобщенно представить в виде блоков, изображенных на рис. 2.



Рис. 2. Блоки трех основных классов

После присвоения каждого блока определенному классу, блок можно далее разделить еще на 24 подкласса по убыванию величины дисперсии (число перестановок без повторов $P_4 = 4! = 24$). В итоге, получается 72 класса.

Классификация на основе центра масс

При классификации на основе центра масс [2] для каждого блока находится центр масс следующим образом. Вначале находится взвешенная сумма пикселей по рядам (формула 3) и по столбцам (формула 4).

$$RowSum = \sum_{i=1}^n A_i \cdot i; \quad (3)$$

$$ColSum = \sum_{j=1}^n B_j \cdot j; \quad (4)$$

где A_i – сумма всех пикселей блока в i-й строке, B_j – сумма всех пикселей в j-м столбце, n – количество пикселей в строке (столбце) блока.

Центр масс для блока находится по формулам:

$$X_{Centre} = \frac{ColSum}{mass} - \frac{n}{2}; \quad (5)$$

$$Y_{Centre} = \frac{n}{2} - \frac{RowSum}{mass}; \quad (6)$$

где $mass = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij}$ – сумма всех пикселей («масса») блока, X_{Centre} – центр масс по строке, Y_{Centre} – центр масс по столбцу.

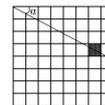


Рис. 3. Иллюстрация угла центра масс α

Далее необходимо перейти к полярным координатам (схематичное представление классификации приведено на рис. 3), вычислив тангенс значения (Y_{Centre} / X_{Centre}). Это и будет мера классификации. Аналогичный центр масс находится для блока, полученного из исходного заменой каждого пикселя его дисперсией. Количество

классов можно задавать произвольно, увеличивая либо уменьшая интервал изменения угла.

Классификация Хёртджена

В классификации Хёртджена [3] блок делится на четыре квадранта, и для каждого вычисляется среднее значение пикселей. Затем каждому квадранту присваивается бит со значением 1, если среднее значение его пикселей превышает выборочное среднее пикселей всего блока. В противном случае квадранту присваивается бит со значением 0.

Таким образом, каждый блок приписывается одному из 16 возможных классов. На практике, класс 1111 не будет содержать блоков, поскольку среднее всех квадрантов не может превышать общее среднее, отсюда получается 15 классов.

Данный метод можно модифицировать, введя дополнительную классификацию на подклассы, например, на основе дисперсий квадрантов аналогично схеме Фишера. В таком случае каждый из 15 классов может иметь 24 подкласса, что в итоге дает 360 классов эквивалентности.

Классификация Саупе

Классификация Саупе основана на построении KD-дерева [4]. Каждый блок уменьшается до размера D характеризующего его вектора, например, до 16 значений на блоках больших размеров. Вычисляется выборочное среднее и дисперсия по значениям пикселей, по формуле (7) – значения характеристического вектора:

$$Vector_i = \frac{P_i - S}{V}, \quad i = \overline{1, D}, \quad (7)$$

где D – размер вектора характеристик, P_i – значение пикселя уменьшенного блока, S и V – соответственно выборочное среднее дисперсия по пикселям уменьшенного блока.

KD-дерево строится на основе матрицы из N векторов размерности D . По каждому столбцу матрицы находятся минимальный и максимальный элементы, и разница между ними. Столбец с максимальным значением разности является базовым для построения данного уровня KD-дерева.

Метод поиска ближайших соседей можно расширить, дополнительно уменьшая перебор прочими схемами классификации, например, с помощью классификации Фишера (классификация Саупе-Фишера).

В таком подходе аналогично строится kd-дерево и одновременно доменные блоки классифицируются по Фишеру. В процессе кодирования по дереву производится поиск N ближайших соседей, среди которых могут находиться блоки из разных классов по Фишеру. Перебор дополнительно сокращается до подбора блоков из одного или нескольких соседних классов эквивалентности Фишера.

Практические результаты

Описанные схемы классификации реализованы программно в [5]. Характеристики ЭВМ: процессор: Intel Core i3 530 2,93 ГГц, ОЗУ: 2 Гб DDR3, ОС

Windows 7. Обобщенные результаты испытаний приведены в таблицах 1 и 2 [6].

Таблица 1. Кодирование изображения lena (512x512)

Метод класс-и	Время сжатия, с	Размер файла, кб	SSIM	PSNR
Полный перебор	1138,86	14,708	0,8809	33,8931
	3168,26	50,439	0,9609	37,7117
Фишер	0,611	16,506	0,8735	33,2569
	1,266	52,386	0,9474	35,9166
Центр масс	1,018	15,920	0,8759	33,4898
	2,231	51,943	0,9511	36,4404
Хёртджена	1,149	16,102	0,8748	33,3973
	2,546	52,249	0,9495	36,2578
Саупе	3,546	14,814	0,8800	33,8509
	12,490	50,839	0,9607	37,6419
Саупе-Фишер	0,906	15,219	0,8786	33,7424
	2,278	51,460	0,9590	37,3866

Таблица 2. Кодирование изображения frumire (1024x1024)

Метод класс-и	Время сжатия, с	Размер файла, кб	SSIM	PSNR
Полный перебор	25386,59	163	0,9315	20,8567
	31031,18	168	0,9431	20,9860
Фишер	53,189	161	0,9213	20,2926
	60,025	168	0,9247	20,3159
Центр масс	152,063	159	0,9252	20,4619
	184,011	167	0,9288	20,4795
Хёртджена	150,132	160	0,9288	20,6865
	163,302	167	0,9326	20,7169
Саупе	130,761	159	0,9186	20,2776
	149,395	167	0,9222	20,2956
Саупе-Фишер	21,691	161	0,8815	18,8192
	23,621	168	0,8845	18,8313

Выводы

Показано, что любой из исследованных методов классификации дает существенное сокращение времени сжатия (в 1000 и более раз), нежели кодирование полным перебором без применения классификации, при этом влияние на коэффициент сжатия и качество восстановленного изображения пренебрежимо мало. Классификация Саупе-Фишера показала наилучший результат на обоих изображениях.

Литература

1. Fisher, Y. Fractal Image Compression – Theory and Application. Springer-Verlag, New-York, 1994.
2. M. Polvere, M. Nappi, "A Feature Vector Technique For Fast Fractal Image Coding", technical report University of Salerno 1998.
3. B. Hurtgen, C. Stiller, "Fast Hierarchical Codebook Search For Fractal Coding of Still Image", EOS/SPIE Visual Communication and PACS for medical applications '93, Berlin 1993.
4. D. Saupe, Fractal image compression by multi-dimensional nearest neighbor search, Proceedings DCC'95 Data Compression Conference, J. A. Storer and M. Cohn (eds.), IEEE Comp. Soc. Press, March 1995.
5. M. Polvere. Программный продукт Mars [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://inls.ucsd.edu/~fisher/Fractals/Mars-1.0.tar.gz> свободный (11.10.2010).
6. The Waterloo Fractal Coding and Analysis Group – Repository [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://links.uwaterloo.ca/Repository.html> свободный.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СТЕКА ПРОТОКОЛОВ MICROCHIP ZIGBEE

Артельный П.К., Жилинская Ю.В., Комагоров В.П.
Томский политехнический университет
qpk@tpu.ru

Введение

Понятие "интеллектуальное здание" было сформулировано Институтом интеллектуального здания в 70-е годы прошлого века [1]. Основной особенностью интеллектуального здания является объединение отдельных подсистем в единый управляемый комплекс. Данные системы строятся на базе беспроводных технологий, которые уже подтвердили свою жизнеспособность. Одной из таких беспроводных технологий является ZigBee, которая является наиболее перспективной в данном направлении [2].

ZigBee – это открытый стандарт беспроводной связи для систем сбора данных и управления. Технология ZigBee позволяет создавать самоорганизующиеся и самовосстанавливающиеся беспроводные сети с автоматической ретрансляцией сообщений, с поддержкой батарейных и мобильных узлов. Это обусловлено тем, что в основе сети ZigBee лежит ячеистая, или mesh-топология. В такой сети, каждое устройство может связываться с любым другим устройством как напрямую, так и через промежуточные узлы сети. Ячеистая топология предлагает альтернативные варианты выбора маршрута между узлами. Сообщения поступают от узла к узлу, пока не достигнут конечного получателя. Возможны различные пути прохождения сообщений, что повышает доступность сети в случае выхода из строя того или иного звена [3].

Актуальность

В настоящее время технология ZigBee выходит за границы исследовательских лабораторий и начинает широко применяться на практике для создания беспроводных сетей датчиков, систем автоматизации зданий, устройств автоматического считывания показаний счетчиков, охранных систем, систем управления в промышленности.

Сети ZigBee при относительно небольших скоростях передачи данных обеспечивают гарантированную доставку пакетов и защиту передаваемой информации.

Стандарт ZigBee предусматривает частотные каналы в диапазонах 868 МГц, 915 МГц и 2,4 ГГц. Наибольшие скорости передачи данных и наивысшая помехоустойчивость достигаются в диапазоне 2,4 ГГц. Поэтому большинство производителей микросхем выпускают приемопередатчики именно для этого диапазона, в котором предусмотрено 16 частотных каналов с шагом 5 МГц.

Скорость передачи данных вместе со служебной информацией в эфире составляет 250 кбит/с. При этом средняя пропускная способность узла для

полезных данных в зависимости от загруженности сети и количества ретрансляций может лежать в пределах 5 ... 40 кбит/с [4].

Расстояния между узлами сети составляют десятки метров при работе внутри помещения и сотни метров на открытом пространстве. За счет ретрансляций зона покрытия сети может значительно увеличиваться.

На сегодняшний день широко распространены 3 технологии беспроводной передачи данных: ZigBee, MiWi и Wi-Fi. Сравнительные характеристики этих технологий представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные характеристики

	ZigBee (IEEE 802.15.4)	Wi-Fi (IEEE 802.11b)	MiWi (IEEE 802.15.4)
Частотный диапазон	2,4-2,483 ГГц	2,4-2,483 ГГц	2,4-2,483 ГГц
Пропускная способность, бит/с	250	11 000	250
Размер стека протокола, кбайт	32-64	более 1000	~32
Время непрерывной, автономной работы от батареи, дни	100-1000	0,5-5	100-1000
Максимальное количество узлов в сети	65 536	10	1000
Диапазон действия, м	10-100	20-300	10-60
Области применения	Удаленный мониторинг и управление	Передача мультимедийной информации (Интернет, электронная почта, видео)	Удаленный мониторинг и управление

Постановка задачи

Анализ беспроводных технологий показывает [4-6], что высокоскоростные технологии Wi-Fi, MiWi предназначены в первую очередь для обслуживания компьютерной периферии и мультимедиа устройств. Они оптимизированы для передачи больших объемов информации на высоких скоростях, работают в основном по топологии «точка-точка» или «звезда» и малоприспособлены для реализации сложных разветвленных промышленных сетей с большим количеством узлов. Напротив, технология ZigBee имеет достаточно скромные показатели скорости передачи данных и расстояния между узлами, но обладает многими преимуществами. Среди них ориентированность на использование в системах распределенного мульти-микропроцессорного управления со сбором информации с интеллектуальных датчиков, организация

самоконфигурируемых сетей со сложной топологией, обеспечение масштабируемости, гарантия высокой надежности за счет выбора альтернативного маршрута передачи.

Поэтому использование технологии ZigBee для построения различных систем контроля является приоритетным направлением, а следовательно, необходимо включить в учебный процесс изучение данной технологии с практическим применением.

Решение

На основании вышесказанного, требуется разработать лабораторные работы для обучения студентов с работой протокола ZigBee. Данные лабораторные работы должны быть ориентированы на практическое использование протокола передачи данных. Поэтому студентам должны быть предоставлены методические указания, содержащие как теоретическую часть, так и комментарии к ходу выполнения работы, а так же собранные стенд, на котором студенты должны осуществить беспроводную передачу данных.

Первое, что было сделано для разработки лабораторных работ – это выбрано и закуплено соответствующее оборудование, использующее протокол ZigBee для передачи данных. Оборудование включает в себя:

- Компилятор PIC32 Starter Kit;
- Программатор REAL Ice;
- Picdem Z Motherboard с подключенным LCD & Module Daughter Board;
- Picdem Z Motherboard & Module Daughter Board;
- Zena Wireless Network Analyzer.

Для программирования устройств была выбрана среда разработки MPLab, рекомендованная производителем оборудования Microchip.

Описание оборудования, принципы работы и характеристики, а также среды разработки содержатся в методических указаниях к лабораторным работам.

Также, на основании вышеописанного оборудования, был спроектирован стенд, на котором и выполняются лабораторные работы. Схема стенда приведена на рис. 1.

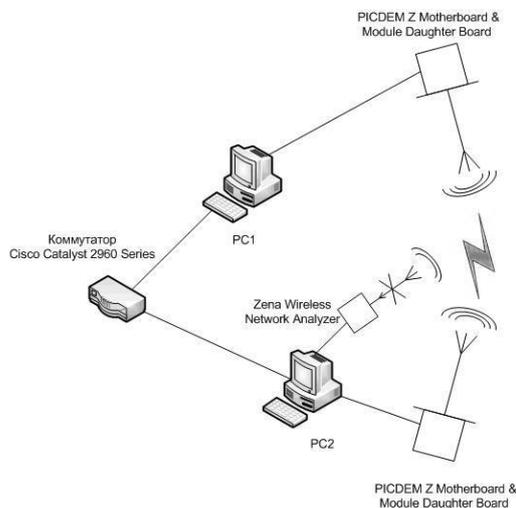


Рис.1. Схема стенда

Заключение

В результате проделанной работы были разработаны 2 лабораторные работы. Они преследуют следующие цели: ознакомить студентов с комплектом оборудования, реализующим беспроводную передачу данных, базовую его настройку и запуск тестового режима, а также нацелить на самостоятельное изучение основных возможностей стенда и написание программы, управляющей передачей данных.

Литература

1. Портал «Ваш дом» (2008): Системы «умный дом». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vashdom.ru/articles/research_2.htm
2. Роман Мурашов: Интеллектуальное здание. Понятия и принципы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ereмонт.ru/enc/engineer/clever/intel_dom.html свободный.
3. Портал «Мир беспроводных решений»: Беспроводные сети Zigbee. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wless.ru/technology/?tech=1> свободный.
4. ZigBee Alliance (2009): «Understanding ZigBee RF4CE, page 5.
5. Портал «GetWifi»: Сети WiFi. Стандарты и технологии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.getwifi.ru/p_standarts.html Electrical and Electronics Engineers, Inc.: IEEE 802.15 TG4 FEATURES. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html> свободный.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОМЕЩЕНИИ

Шеметова И.В., Алексеев А.С.
Томский политехнический университет
panika@sibmail.com

Введение

Микроконтроллеры (МК) являются сердцем многих современных устройств и приборов. Самой главной особенностью МК, с точки зрения конструктора-проектировщика, является то, что с их помощью легче и зачастую гораздо дешевле реализовать различные схемы.

МК может управлять различными устройствами и принимать от них данные при минимуме дополнительных узлов, так как большое число периферийных схем уже имеется непосредственно на кристалле МК. Это позволяет уменьшить размеры конструкции и снизить потребление от источника питания. AVR – это семейство 8-разрядных RISC-микроконтроллеров фирмы Atmel. Эти МК позволяют решить множество задач встроенных систем. Они отличаются от других распространенных в наше время микроконтроллеров большей скоростью работы, большей универсальностью. Кроме того, они очень легко программируются. Их можно перепрограммировать до 1000 раз, причем непосредственно в собранной схеме

В данной работе была разработана программа на базе микроконтроллера AT Mega16 для измерения температуры с помощью датчика LM 94022.

Микроконтроллеры AVR

В основе ядра AVR® лежит расширенная RISC-архитектура, объединяющая развитый набор команд и 32 регистра общего назначения. Все 32 регистра непосредственно связаны с арифметико-логическим устройством, что позволяет иметь доступ к любым двум регистрам за один машинный цикл. Подобная архитектура обеспечивает десятикратный выигрыш в эффективности кода по сравнению с традиционными CISC-микроконтроллерами.

Серия AVR содержит три семейства.

Первое, получившее название tiny AVR (префикс ATtiny), выпускается в 8-выводных корпусах и предназначено для недорогих устройств, например, пультов дистанционного управления. Объем памяти программ от 1 до 2К.

Семейство classic AVR (префикс AT90S) выпускается в корпусах с 20, 40 и 44 выводами, содержит память программ от 1 до 8К и предназначено для типовых применений.

Семейство mega AVR (префикс ATmega) выпускается в корпусах с 64 выводами, имеет объем памяти программ до 128К, 8-канальный 10-битный АЦП, часы реального времени и различные периферийные узлы. Оно предназначено для применений, использующих большой объем памяти программ и критичных к габаритам системы. Команды умножения выполняются за два такта.

Микроконтроллер AT Mega16

Основные возможности микроконтроллера AT Mega16: высокая производительность до 16 MIPS на частоте 16 МГц и низкое энергопотребление. Современная RISC архитектура: набор инструкций процессора, состоящий из 131 команды, большинство из которых выполняются за один такт; аппаратная поддержка умножения. Независимые память программ и данных 16К перезаписываемой FLASH-памяти, с возможностью произведения 10000 циклов стирания/перезаписи; 512 байт EEPROM, с возможностью произведения 100000 циклов стирание/записи; 1К встроенной SRAM. Периферийные устройства: 2 8-разрядных счетчика-таймера с предварительными делителями частоты; 16-разрядный счетчик-таймер с предварительным делителем частоты, работающим в режиме сравнения и режиме захвата; счетчик реального времени, снабженный собственным осциллятором; 4-канальный широтно-импульсный модулятор; 8-ми канальный 10-разрядный АЦП; программируемый универсальный синхронно-асинхронный приемопередатчик (USART).

Аналоговые датчики температуры

Интегральные датчики температуры отличаются от других типов термодатчиков тем, что работают в диапазоне, обычно ограниченном температурой от -55 до 150°C. Часть интегральных датчиков температуры имеет указанный диапазон измерения, часть имеет более узкий диапазон, что обусловлено либо используемым типом корпуса, либо сделано для снижения стоимости. Самой главной отличительной особенностью интегральных датчиков по сравнению с другими типами датчиков температуры является их богатая функциональность. Интегральный кремниевый датчик температуры включает в себя термочувствительный элемент – первичный преобразователь температуры и схему обработки сигнала, выполненные на одном кристалле и заключенные в единый корпус. В отличие от использования термопар, в данном случае отсутствует необходимость разрабатывать схему компенсации холодного спая и схему линеаризации выходного сигнала. Также нет необходимости разрабатывать и применять внешние схемы компараторов или АЦП для преобразования аналоговых сигналов в логические уровни или цифровой код на выходе – все эти функции уже встроены в некоторые серии интегральных датчиков температуры.

Алгоритм работы управляющей программы МК

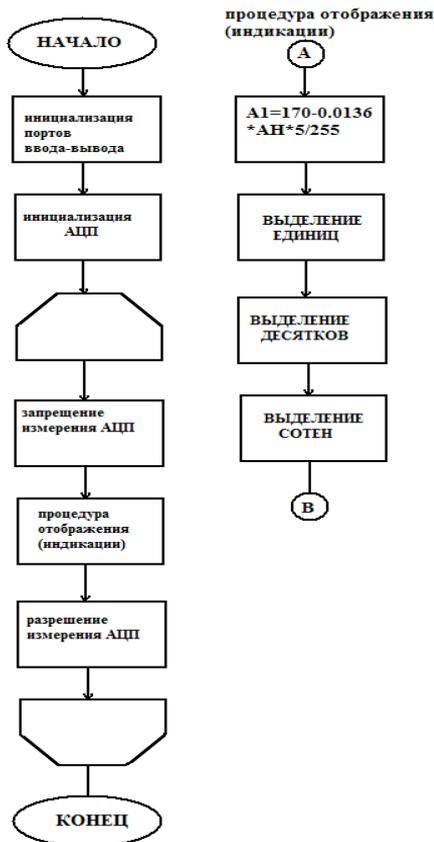


Схема простого микроконтроллерного устройства измерения температуры

Микроконтроллер AT Mega16 подключен к трем семисегментным индикаторам (через порты PB, PC, PD). Прецизионный интегральный датчик температуры с аналоговым выходом LM94022 - подключен к порту PA3.

Схема простого микроконтроллерного устройства измерения температуры представлена на рис. 1.

Калибровка шкалы датчика

Микроконтроллер производит опрос датчика температуры и сохраняет значения температуры, полученные от датчика в каждом цикле опроса температуры. Измеренная температура не только сохраняется, но и выводится на семисегментные индикаторы. Также микроконтроллер может сохранять не одно значение температуры, а несколько. Измеренное в долях напряжение переводится в вольты, учитывая, что 8-разрядный АЦП имеет 256 значений, максимальное напряжение 5 В, коэффициент передачи -13,6 мВ/°С. Окончательное значение температуры, которое выводится на семисегментные индикаторы получается, когда мы учитываем зависимость выходного напряжения и температуры.

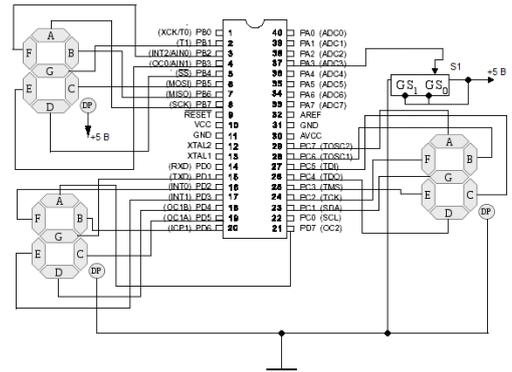


Рис. 1. Схема устройства измерения температуры

Заключение

В данной исследовательской работе была спроектирована система измерения температуры в помещении, позволяющая снимать температуру прецизионным интегральным датчиком температуры с аналоговым выходом LM94022, обрабатывать полученную информацию и выводить результат измерений в цифровом виде.

В ходе проектирования была разработана схема простого микроконтроллерного устройства измерения температуры и программа для микроконтроллерной системы.

Литература

1. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы AMTEL – М.: РадиоСофт, 2002. – 174 с.
2. Температурные измерения. Справочник Температурные измерения: Справочник / Под ред. О.А. Геращенко. – К.: Наук. думка, 1989. – 704 с.
3. Китаев Ю.В. Основы программирования микроконтроллеров AT MEGA128 и 68HC908. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2007. – 107с.
4. Голубцов М.С., Кириченко А.В. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. – М.: СОЛОН-Пресс, 2006. – 304 с.
5. Tech docs by Sergka. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://techdocs.fatal.ru/develop/hardware/komp_iz_m_komplex/6-2.html свободный.
6. Рынок Микроэлектроники. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://catalog.gaw.ru/index.php?page=components_list&id=86&filter_producer_id=1122 свободный
7. Микроконтроллер // Википедия. [2011—2011]. Дата обновления: 17.02.2011. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Microcontroller_Unit (дата обращения: 20.03.2011).
8. Analog Devices. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.analog.com/en/index.html> свободный.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КРИСТАЛЛОВ МЕТОДОМ БРИДЖМЕНА

Филиппов М.М., Гинсар В.Е., Бабушкин Ю.В.*

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

*Томский политехнический университет

imces@yandex.ru

Задача создания систем автоматического регулирования, позволяющих управлять свойствами растущего кристалла, является актуальной. Одной из основных проблем при этом является отсутствие технических средств оценки осевой скорости роста кристалла и формы фронта кристаллизации, поведение которых определяет совершенство растущего кристалла по методу Бриджмена. Для оценки текущего положения фронта кристаллизации можно использовать математическую модель [1].

В настоящее время известно большое количество работ, в которых рассматриваются вопросы моделирования теплового поля в ростовом контейнере в процессе выращивания кристалла. В большинстве из них, основываясь на том, что процесс выращивания во многих случаях можно считать квазистационарным, рассмотрена только стационарная задача. Но при разработке систем управляемого роста необходимо учитывать нестационарную составляющую процесса. Пакет прикладных программ COMSOL Multiphysics [2] позволяет решать нестационарные задачи такого рода, кроме того, в нем имеется возможность дальнейшего использования разработанной модели в пакетах COMSOL Script или MATLAB/Simulink для проектирования алгоритмов управления процессом выращивания кристаллов.

Осевая симметрия ростового контейнера позволяет использовать для описания тепловых процессов уравнение теплопроводности в цилиндрических координатах вида [1]:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \lambda_i \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_i \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q_i = c_i \rho_i \frac{\partial T}{\partial t},$$

где ρ – плотность, кг/м³; c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·К); T – температура, К; Q – удельная мощность нагревателя, Вт/м³; i – номер элемента конструкции.

Граничные условия записываются в следующем виде:

1. теплообмен между ростовым контейнером и поверхностью рабочего объема термической установки

$$-\lambda_i \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{-} = \varepsilon \sigma \left(T_y^4 \Big|_{+} - T_z^4 \Big|_{+} \right) \quad T \Big|_{+} = T \Big|_{-},$$

где ε – приведенная степень черноты; σ – постоянная Стефана-Больцмана, Вт/(м²·К⁴); T_y ,

T_z – температура поверхности рабочего объема и загрузки рабочего объема соответственно, К;

2. на внутренних поверхностях i -го и j -го элементов условие непрерывности тепловых потоков и температуры

$$\lambda_i \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{+} = \lambda_j \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{-}, \quad T \Big|_{+} = T \Big|_{-};$$

3. условие осевой симметрии

$$\frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0.$$

4. температуры торцов рабочего объема и его боковой поверхности фиксированы

$$T = T(r, z).$$

В области фазового перехода предполагается смежная зона, в которой, в зависимости от температуры происходит линейное изменение теплофизических свойств рабочего вещества от свойств расплава до кристалла.

Расчетная область задачи (рис. 1, а) составлена на основе конструкторских чертежей реальной установки и включает в себя поверхность рабочего объема термической установки, а также атрибуты, связанные с выращиванием кристаллов.

Распределение температуры (рис. 1, б) на границе (8) может перемещаться (сдвигаться) вверх/вниз с заданной скоростью, моделируя перемещение ростового контейнера относительно термической установки при выращивании кристаллов методом Бриджмена.

Модель реализована методом конечных элементов в пакете COMSOL Multiphysics. С помощью разработанной модели получены оценки поведения формы фронта кристаллизации (рис. 2) и осевой скорости роста кристалла (рис. 3) в процессе его выращивания. Расчеты проведены для скорости перемещения распределения температуры на боковой поверхности рабочего объема $V_{\text{контейнера}} = 1$ см/ч.

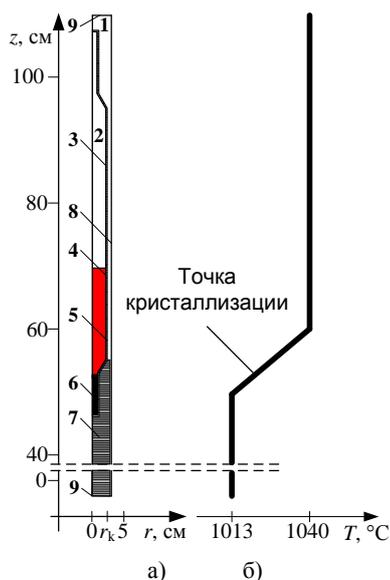


Рис. 1. Расчетная область (а) и распределение температуры на границе рабочего объема (б).
 Обозначения: 1) воздух; 2) паровая фаза над расплавом; 3) ампула; 4) тигель; 5) рабочее вещество (расплав); 6) затравочный кристалл; 7) подставка ростового контейнера; 8) поверхность рабочего объема; 9) торцы рабочего объема

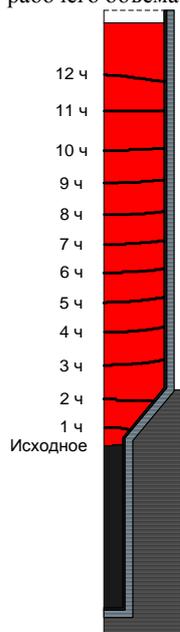


Рис. 2. Изменение положения фронта кристаллизации в различные моменты времени процесса выращивания кристалла

Таблица. Теплофизические свойства материалов

	λ , Вт/(м·К)	ρ , кг/м ³	c , Дж/(кг·К)
Кристалл	18	4158	392
Расплав	41,4	4158	392
Ампула	2	2201	1052
Подставка	6	2200	1052
Тигель	$\lambda_r = 2,5$ $\lambda_z = 62,85$	2240	1969,3

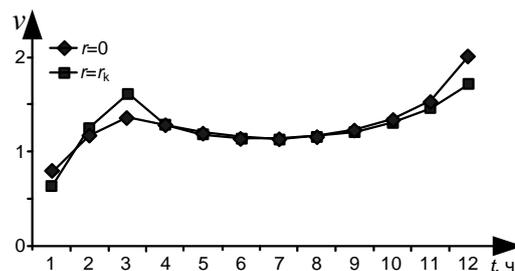


Рис. 3. Изменение нормированной осевой скорости роста кристалла ($v=V_{\text{роста}}/V_{\text{контейнера}}$) в процессе выращивания

Результаты исследований показали, что реальная скорость роста кристалла отличается от номинальной скорости перемещения ростового контейнера, что может неблагоприятно повлиять на качество растущего кристалла. Причиной отличий является перераспределение температурного поля в ростовом контейнере, вызванное изменением относительных долей кристалла и расплава в процессе выращивания кристалла. Снизить эти отклонения можно либо с помощью изменения скорости перемещения ростового контейнера, либо путем коррекции распределения температуры на боковой поверхности рабочего объема установки. Разработанная модель позволяет провести исследования поведения осевой скорости роста кристалла и фронта кристаллизации в процессе выращивания и определить условия, благоприятно влияющие на качество.

Выводы

1. Разработано математическое описание нестационарного теплового процесса при выращивании кристалла методом Бриджмена.
2. Проведены численные исследования поведения осевой скорости роста кристалла и формы фронта кристаллизации. Получены оценки отклонения реальной скорости роста кристалла от номинальной скорости перемещения ростового контейнера.
3. Модель предполагается использовать при разработке алгоритмов управления процессом выращивания кристаллов методом Бриджмена.

Литература

1. Филиппов М.М., Бабушкин Ю.В., Грибенюков А.И., Гинсар В.Е. Оценка динамики температурного поля в рабочем объеме вертикальной установки Бриджмена при продольно-осевом перемещении ростового контейнера в процессе выращивания кристаллов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 2. – С. 104–109.
2. Официальный сайт COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.comsol.com/> свободный.

ПРИЁМО-ПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ АТМОСФЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Шарангович С.Н., Костяной Ю.А., Степанов А.Д.*

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

*Читинский государственный университет

rezarik@mail.ru

Введение

В настоящее время на рынке беспроводных устройств связи наряду с широко известными технологиями Wi-Fi появляются оптические системы доступа на «последней миле».

Привлекательность оптических беспроводных устройств связи для пользователя очевидна: не требуется специальных разрешений на установку канала связи, скорость передачи информации, как и в проводных волоконно-оптических сетях, достаточна для организации широкополосного доступа, отсутствуют взаимные помехи, линии передачи такого рода имеют высокую степень защищённости от несанкционированного доступа [1].

Вместе с тем, вследствие новизны и неосвоенности технологий стоимость оборудования атмосферных оптических линий связи (АОЛС) оказывается слишком высокой для использования в небольших коммерческих и некоммерческих локальных сетях.

Описываемое в данной работе устройство было предложено к разработке в качестве одного из решений минимизации стоимостных показателей организации подобных систем при условии достижения значений параметров передачи не худших, чем значения параметров в аналогичных существующих системах.

Структура приёмно-передающего модуля

Основой любых линий связи являются приёмно-передающие модули (ППМ), входящие в состав оборудования связи и среда передачи [2]. Для АОЛС средой передачи является атмосфера, характеристики которой не могут управляться человеком, а только учитываться при расчёте остальных частей системы. Поэтому главной задачей в разработке АОЛС является создание функционально полноценного ППМ низкой стоимости.

Функционально ППМ можно разделить на шесть независимых блоков:

- приёмник;
- передатчик;
- схема электропитания;
- оптическая система;
- система управления;
- система контроля температурного режима.

Структурная схема приёмно-передающего модуля должна выглядеть следующим образом (рис.1):



Рис.1. Структурная схема приёмно-передающего модуля АОЛС

Изначально ППМ необходимо организовать так, чтобы каждый из блоков мог быть заменён или модернизирован без крупных изменений всей системы устройства.

Передатчик

Оптический сигнал передатчика, прежде чем попасть в фотоприёмник, должен преодолеть определённый слой воздуха. Прохождение коллимированного излучения в атмосфере может сопровождаться различными паразитными явлениями, как ослабление интенсивности излучения, хаотическое сканирование пучка, уменьшение контрастности пучка на фоне, создаваемое рассеянным излучением, изменение поперечных размеров пучка, изменение направления плоскости поляризации. С другой стороны на параметры излучателей накладываются ограничения, установленные «Санитарными правилами и нормами устройства и эксплуатации лазеров» (СанПиН 5804-91). С учётом указанных ограничений был выбран тип излучателя и разработана электрическая принципиальная схема для его работы в требуемом режиме. Полученные характеристики передатчика приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики передатчика

Параметр	Значение
Тип модуляции	амплитудная
Предельная частота модуляции	250 МГц
Длина волны излучения	660 нм
Предельная мощность излучения (с запасом)	110 мВт
Угол расходимости излучения без дополнительной оптики	9,5°

Приёмник

На основании параметров передатчика был произведён расчёт характеристик приёмника и подбор оптимальных параметров оптической схемы. В основу расчётов был положен принцип, заключающийся в том, что конструктивные параметры фоточувствительного элемента должны обеспечивать возможность приёма с минимальными требованиями к оптической части ППМ. Это связано, прежде всего, с высокой стоимостью оптических элементов.

По рассчитанным значениям был выбран фоточувствительный элемент и разработана принципиальная схема для обеспечения работы приёмника в требуемом режиме. В таблице 2 приведены полученные характеристики приёмника.

Таблица 2. Характеристики приёмника

Параметр	Значение
Тип детектирования	амплитудный
Предельная частота детектирования	270 МГц
Коэффициент передачи на длине волны 660нм	не менее 0,5
Мощность шума на частоте 125 МГц	50 нВт

Оптическая система

Параллельно с расчётом параметров приёмника был проведён расчёт характеристик оптической системы ППМ. Для возможности передачи излучения на максимальное расстояние с минимальным воздействием на качество передачи требовалось создать параллельный пучок на выходе ППМ, энергетические параметры которого не нарушали требования СанПиН 5804-91.

На данной стадии были учтены основные вносимые влияния атмосферы [3]:

- уменьшение интенсивности излучения в процессе распространения в атмосфере;
- рефракция направленного излучения в атмосфере.

По полученным данным спроектирован коллиматор (рис.2), обеспечивающий вместе с передатчиком и приёмником передачу излучения на расстояние до 5 км.

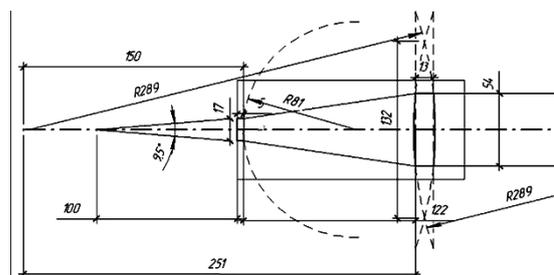


Рис.2. Чертёж коллиматора ППМ

Система управления

Данную систему условно можно разделить на систему управления информационным потоком и систему контроля состояния ППМ.

Первая должна обеспечивать взаимодействие ППМ с выбранным интерфейсом передачи, производить декодирование и переход электрических параметров от одной системы передачи к другой. Так как наибольшее распространение в наше время имеют локальные сети на основе технологии Ethernet, то в качестве внешних проводных источников, подключаемых к ППМ, были выбраны сети стандартов 10Base-T и 100Base-TX. Исходя из этого, разработан соответствующий декодер и рассчитана его принципиальная схема [4].

Система контроля состояния ППМ должна обеспечивать реакцию устройства на негативные механические, термические и электрические воздействия. Её реализация основана на совместной работе ряда датчиков: акселерометров, электронного термометра, схемы перегрузки, а также систем аварийного отключения, оповещения и контроля температурного режима.

Заключение

Данное устройство позволяет обеспечить надёжный защищённый беспроводной канал связи между двумя удалёнными объектами, разнесёнными на расстояние до 5 км, в пределах прямой видимости. Устройство имеет определённый запас по мощности (возможность увеличения мощности в 3 раза) для обеспечения связи в условиях недостаточной видимости и передачи информационного сигнала на большие расстояния.

Полученное устройство имеет простую и надёжную архитектуру, предусматривает эволюцию отдельных частей и всего модуля в целом; потребляет малую мощность (до 5 Вт).

Простейший экономический расчёт позволяет увидеть целесообразность данной разработки. Стоимость готового устройства составила 8-10 тысяч рублей, в два-три раза меньше цены наиболее бюджетных аналогов и в десятки раз ниже средней стоимости подобных устройств.

Литература

1. Проект «О СКС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ockc.ru> свободный.
2. FSO технология - Атмосферные оптические линии связи (АОЛС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mostkom.ru/fsotech.htm> свободный.
3. Бегунов Б.Н., Геометрическая оптика. – М.: Издательство Московского университета, 1966. – 210 с.
4. Иванов В.И., Аксёнов А.И., Юшин А.М., Полупроводниковые оптоэлектронные приборы. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 307 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОНОМНОГО ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ТЕРМИНАЛА «МОБИС» В СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТНОГО МОНИТОРИНГА

*Трошин В.С., Саврасов Ф.В.
Томский политехнический университет
maahnat@rambler.ru*

К настоящему моменту системы мониторинга автотранспорта приобретают всё большее значение в самых различных отраслях человеческой деятельности. С целью снижения издержек, установления контроля над транспортными средствами, сбора статистики для оптимизации поездок, всё больше и больше организаций оснащают передвижные единицы своих автопарков устройствами, позволяющими обеспечивать транспортную логистику.

Как правило, эти устройства предназначены для выдачи координат и других навигационных параметров (с помощью приёмников, осуществляющих получение данных от различных спутниковых систем позиционирования); также возможны реализации, включающие в себя сбор сигналов с внешних датчиков (топлива, давления в шинах, сигнализации, и т.п.). Получаемая информация незамедлительно (либо через определённый интервал времени) отправляется по имеющемуся каналу связи в диспетчерский центр, где происходит дальнейшая обработка накопленных данных.

Таким образом, при отсутствии канала связи либо нестабильном его функционировании, данные в центр сбора могут поступать со значительными задержками, искажаться в процессе передачи либо не приходить вовсе. Также возможна ситуация, когда сервер, на который транслируются навигационные блоки, вышел из строя. В этом случае полноценный мониторинг становится невозможным, следовательно, система не выполняет своего назначения.

В связи с этим, возникает необходимость в аппаратно-программном комплексе (АПК), который позволял бы не только осуществлять сбор информации с внешних датчиков и передавать её на сервер, но и при необходимости самостоятельно анализировать накопленные сведения и обеспечивать автономное функционирование для решения поставленных задач.

Существуют контроллеры (абонентский терминал «Купол» от НПФ «Гейзер», электронный таксометр «Гелиос» от ООО «НПП Геолойт»), которые позволяют осуществлять достаточно обширный набор действий, связанных с отраслевым назначением транспортного средства. Предлагаемые технические реализации являются узкоспециализированными и предназначены для той сферы, которая является обслуживаемой (таксопарки и т.д.). Для многих организаций подобное решение является экономически невыгодным, т.к. одна и та же транспортная единица может решать разные задачи в рамках

деятельности предприятия, которому оно принадлежит.

Предлагается разработать портативный АПК, который позволяет решать большинство задач транспортного мониторинга, и при этом способный работать как в составе системы слежения с единым центром и множеством абонентов, так и, при возникновении нештатной ситуации, брать на себя ряд задач, обычно выполняемых на стороне сервера. Рассмотрим вариант реализации данной разработки на примере устройства «Мобис».

Данное устройство представляет собой мобильный терминал, который устанавливается на транспортное средство и может быть дополнительно оснащён различным периферийным оборудованием.



Рис. 1. Дисплей мобильного терминала «Мобис» на передней панели автомобиля

К перечню периферийного оборудования, подключаемого к «Мобису», относятся:

- модем — по умолчанию поддерживается мобильная связь в формате GPRS/GSM. При необходимости могут быть задействованы другие каналы связи (в том числе с использованием глобальных спутниковых систем, например, Iridium);
- навигатор — используется совмещённый GPS/ГЛОНАСС-приёмник, позволяющий принимать данные о текущем местоположении с частотой раз в секунду. С помощью соответствующей программы, может производиться запись и анализ проходимого

- транспортным средством маршрута, вычисление местоположения автомобиля (как абсолютное, так и относительно какой-либо географической области) и другие действия;
- дисплейно-клавиатурный модуль (ДКМ) — позволяет выводить на экран различную информацию (в том числе, присылаемую из диспетчерского центра) в текстовом виде. Также имеется возможность ввода пользователем стандартных команд, используя заложенный набор меню и опций. За счёт использования светодиодной индикации возможно оперативно определять статус работы модема, навигатора, наличие входящих сообщений;
 - принтер — необходим в системах, где ведётся фискальная отчётность о проделанной работе. Может быть использован для печати чеков, талонов, квитанций и т. д.;
 - сенсор — позволяет обрабатывать сигналы, поступающие от различных линий (зажигание, датчик бортового напряжения) и генерировать набор сигналов для линий выхода (звуковая и световая сигнализация, освещение, и т. п.). Может быть использован для управления другими внешними устройствами (например, для их включения/выключения). В настоящее время ведётся разработка возможности передачи информации с использованием промышленного стандарта CAN.

Периферийное оборудование возможно подключать и отключать при необходимости (например, при достижении экономии заряда аккумулятора). В составе одного автопарка могут функционировать «Мобисы» с разным набором сопряжённых устройств. В зависимости от предназначения может меняться набор поставляемых аппаратных и программных компонентов. При этом отсутствует необходимость в пересборке программного обеспечения с целью подключения необходимых драйверов и модулей работы с устройствами, т. к. набор программ на терминале является унифицированным и самонастраиваемым. Обновление программного обеспечения может происходить удалённо (по каналу связи) либо при подключении внешнего носителя через USB-разъём.

В качестве программной платформы используется операционная система (ОС) «Gentoo» GNU/Linux. Выбор данной ОС обусловлен следующими факторами:

- наличие качественной поддержки микропроцессорной архитектуры ARM,

используемой в центральном процессоре «Мобиса»;

- поддержка широкого набора периферийного оборудования и интерфейсов передачи данных (используемые на «Мобисе» NAND Flash, USB, Ethernet, SPI, RS-232, микросхемы RTC);
- открытый исходный код, свободный для модификации;
- нулевая стоимость владения и отсутствие необходимости различного рода лицензионных отчислений;
- неприхотливость данной операционной системы к аппаратным ресурсам;
- потенциальная переносимость кода, написанного для GNU/Linux и не связанного со специфичным оборудованием, на другую микропроцессорную архитектуру, поддерживаемую GNU/Linux или даже на другую POSIX-совместимую ОС.

Выбор дистрибутива «Gentoo» обуславливается наличием пакетного менеджера, ориентированного на сборку программного обеспечения из исходных кодов с возможностью оптимизации (с помощью флагов компилятора) и гибкой настройки пакетов. Пакетный менеджер в «Gentoo», помимо возможности отслеживания зависимостей пакетов, имеет удобный функционал для кросс-сборки пакетной базы дистрибутива.

Исходный код прикладного программного обеспечения разрабатывается преимущественно на языках C и C++. В качестве компилятора используется стандартный для Linux GCC. Исходные коды набираются и первично тестируются на персональном компьютере, а затем кросс-компилируются для целевой платформы.

Несмотря на то, что «Мобис» предназначен для работы в составе транспортной сети, при неработоспособности канала передачи информации, либо временного отсутствия связи с сервером, терминал в состоянии самостоятельно выполнять операции, требующиеся для обработки накапливаемой информации. Это вызвано необходимостью обеспечения бесперебойной работы программного функционала транспортного средства (например, автомобиля такси при выполнении заказа, сборщика бытовых отходов в составе парка спецавтохозяйства для предоставления отчётности о проделанной работе). Результаты действий сохраняются в памяти и могут быть переданы на сервер в конце рабочей смены.

В настоящее время вышеописанный АПК «Мобис» функционирует на автомобилях МЛПМУ «Станция скорой медицинской помощи» г. Томска.

ДАТЧИКИ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ И ИК НАВИГАЦИИ РАКЕТЫ

Маморцев С.В., Зорин Ю.А.

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
stepan_mamortsev@mail.ru*

Системы навигации современной военной техники используют одновременно несколько технологий. Для систем навигации ракет одно из оптимальных решений является совмещение спутникового управления и светового, в ИК диапазоне, корректирующего управления.

Целью настоящей работы являлось разработка двух устройств. Первое – датчик поля, позволяющий детектировать СВЧ-сигнал со спутника в диапазоне частот от 1 до 40 ГГц и передавать данные о периоде следования сигнала, длительности импульсов и интегральном уровне сигнала, а также о температуре датчика в цифровом виде. Второе – датчик оптический, позволяющий детектировать оптический сигнал с длиной волны в диапазоне от 0,4 до 11 мкм и аналогичным образом передавать данные о сигнале. Датчики предназначены для использования в системе навигации ракеты подводной лодки.

Датчик поля

В рамках проекта необходимо было решить несколько задач. Широкий диапазон частот не позволяет использовать одно решение детекторной части. В диапазонах частот от 1 ГГц до 8 ГГц детекторная секция содержит антенну, полосу фильтров низких и высоких частот, логарифмический детектор-усилитель НМС611LP4 с динамическим диапазоном 60 дБ. Детектированный сигнал – инвертированный. Отсутствующему сигналу соответствует уровень выходного напряжения 2 В, максимальному (10 дБ) сигналу – 0,2 В. В диапазонах частот от 8 ГГц до 40 ГГц детекторная секция включает в себя волновод с закрепленным детекторным диодом 3A121 производства ОАО «НИИПП» и конструктивным конденсатором необходимой емкости. Детектированный сигнал усиливается и корректируется по смещению и полярности двухкаскадным усилителем на базе микросхемы AD8552. Таким образом, устройство получает информацию по 6 принимающим каналам: 1-4 ГГц, 4-8 ГГц, 8-12 ГГц, 12-18 ГГц, 18-26 ГГц, 26-40 ГГц.

Чтобы получить информацию о принятом сигнале и передать ее на выход устройства, необходимо оцифровать сигнал. Чтобы получить данные о периоде следования сигнала,

длительности импульсов, необходимо сделать преобразование Фурье. Информация о длительности импульса, температуре датчика присоединяется к полученной при преобразовании Фурье, создавая тем самым так называемый пакет. Описанные функции в разработанном устройстве выполняет аналоговый микроконтроллер ADuC7021 фирмы Analog Devices. Каждый канал связи обслуживает один микроконтроллер. Обработанные, упакованные в пакеты данные по интерфейсу SPI передаются в главный контроллер, ADuC7020, который формирует выходные пакеты и передает их по разработанному протоколу передачи на выход устройства. Выходная цепь гальванически развязана с остальными платами. Внешний разъем устройства – РСГ7, через который датчик получает питание (27 В, 0,2 А), передает данные о принятых сигналах и регулирует частоту передачи сигнала (25 Гц и 50 Гц). Первые два принимающих канала – 1-4 ГГц и 4-8 ГГц расположены на отдельных платах и связаны с основной платой через разъемы FH07M и FH07F фирмы Промышленная электроника. Питание осуществляется посредством микросхем DC-DC преобразователя TES2N-2411 27В/5В на 400мА, а также линейных стабилизаторов LM2937-3.3 5В/3,3В. Внешний вид корпуса датчика поля показан на рис. 1.

Датчик оптический

По габаритам корпуса и выполняемым функциям данное устройство аналогично датчику поля, однако необходимо принимать сигналы светового ближнего и дальнего ИК диапазона, от 0,4 мкм до 11 мкм. В качестве датчиков используется фоторезистор FR3-1 в диапазоне 2,5 мкм – 5 мкм, пироэлектрический датчик IRA-E710 в диапазоне от 5 мкм до 11 мкм и ИК-фотодиоды в диапазонах частот от 400 нм до 800 нм и от 800 до 1600 нм. В верхней грани корпуса сделаны окна из световых фильтров соответствующего диапазона.

Конструкция датчика обеспечивает достаточную для использования устройств в сложной электромеханической системе электромагнитную совместимость как между элементами электрической схемы, так и с другими устройствами.

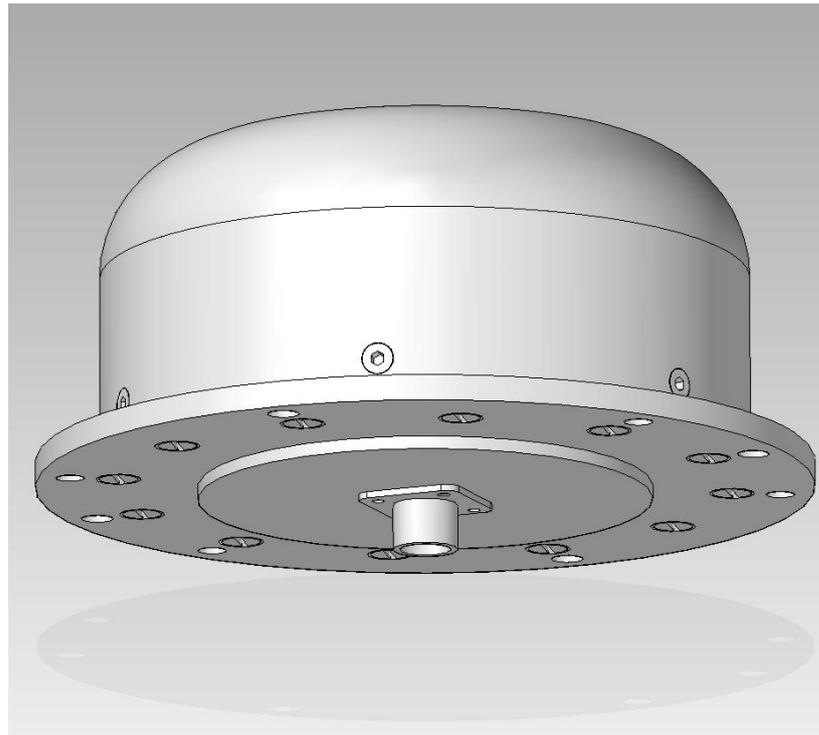


Рис. 1. Внешний вид корпуса датчика поля

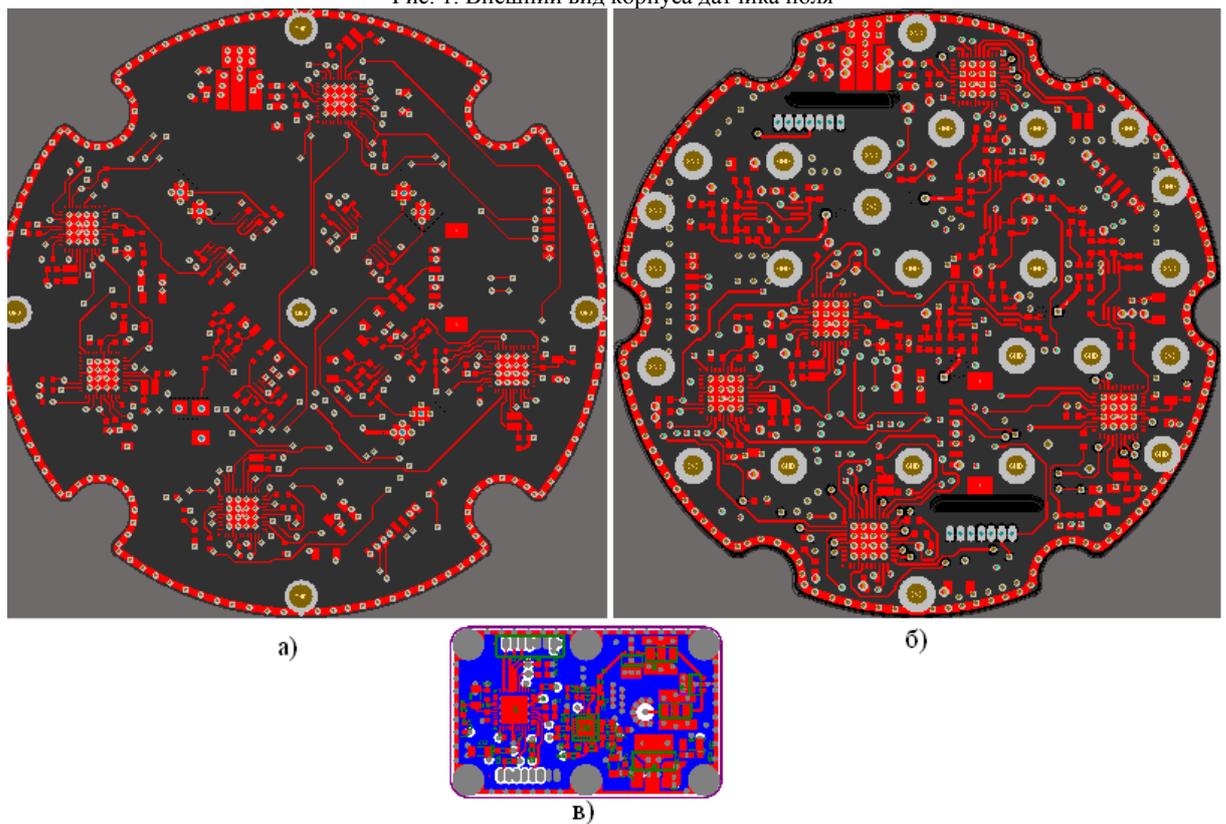


Рис. 2. Слой Top Layer печатных плат: а) Датчика оптического (всего 4 слоя); б) Датчика поля, основная плата (всего 6 слоев); в) Датчика поля, диапазон 1-4 ГГц

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ AVR ATMEGA32

*Логутенко М.Г., Щербаков С.А., Осокин А.Н.
Томский политехнический университет
logutenko_maria@mail.ru*

Популярность микроконтроллеров AVR фирмы «Atmel» постоянно увеличивается. Не последнюю роль в этом играет соотношение показателей «цена / быстродействие / энергопотребление», являющееся одним из лучших на рынке 8-ми разрядных микроконтроллеров. Микроконтроллеры семейства Mega предназначены для использования в мобильных телефонах, контроллерах различного периферийного оборудования, сложной офисной технике и т.д. [1].

В компании «ЭлеСи» в 2010 году были разработаны модули ввода-вывода серии ТМ с использованием микроконтроллеров AVR ATmega. Модули серии ТМ представляют собой универсальные модули ввода-вывода. Основная область их применения - системы автоматического и автоматизированного управления технологическими процессами [2].

При решении любой задачи с использованием микроконтроллера пользователь часто сталкивается с набором следующих трудностей:

- невысокая производительность процессора и ограниченная емкость ОЗУ;
- большое количество обработчиков прерывания (ISR – Interrupt Service Routine) как источников событий, которые необходимо успеть обслужить;
- отсутствие компактной операционной системы (ОС), которая помогает в решении поставленных задачи и содержит малые накладные расходы на выполнения функций ОС;
- отсутствие соглашений по эффективной обработке критических секций и критических участков, обеспечивающих обработку их без закрытия прерываний;
- отсутствие методики соглашений по написанию обработчиков прерывания, удовлетворяющих соглашениям реального времени.

Решить данные проблемы позволяет системное программное обеспечение – операционная система. В контексте текущего рассмотрения, операционная система – совокупность программного обеспечения (ПО), дающая возможность разбить поток выполнения программы на несколько независимых, асинхронных по отношению друг к другу процессов и организовать взаимодействие между ними.

Таким образом, исходя из того, что основная функция ОС – поддержка параллельного асинхронного исполнения разных процессов и взаимодействия между ними, встает вопрос о планировании процессов. Эта задача возлагается на часть ядра ОС, называемой планировщиком или

диспетчером. По способу организации работы планировщики бывают:

- с приоритетным вытеснением (preemptive), когда при возникновении «работы» для более приоритетного процесса, он вытесняет менее приоритетный. Примерами ОС с такими планировщиками являются, например, коммерческая ОС реального времени $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ и бесплатная ОС *gros*;
- с вытеснением без приоритетов (round-robin или «карусельного» типа), когда каждый процесс получает квант времени, по истечении которого управление у данного процесса отбирается операционной системой и передается следующему в очереди процессу;
- без вытеснения (cooperative), когда процессы выполняются последовательно, и для того, чтобы управление от одного процесса перешло к другому, нужно, чтобы текущий процесс сам отдал управление системе. Кооперативные планировщики также могут быть приоритетными и неприоритетными. Примером кооперативной ОС с приоритетным планированием является *Salvo*.

Это лишь некоторые (базовые) типы, реально встречаются различные комбинации из упомянутых вариантов, что вносит значительное разнообразие в алгоритмы планирования процессов.

Очевидно, что способность ОС реагировать на события определяется, в первую очередь, типом планировщика. Из упомянутых выше наиболее «быстрыми» в смысле реакции на события являются ОС с приоритетными вытесняющими планировщиками.

Однако вытесняющие ОС имеют и недостаток – они значительно более требовательны к ОЗУ, чем невытесняющие. Это принципиальный аспект: в силу того, что любой процесс может быть прерван в любой момент времени, его (процесса) «окружение» (содержимое регистров процессора, состояние стека – то, что называется контекстом процесса) должно быть сохранено соответствующим образом – чтобы при следующем получении управления этим процессом, он смог продолжить свою работу.

Данная реализация ядра ОС сочетает возможности и кооперативных ОС, и ОС с вытесняющим планированием. В 2007 – 2008 гг. в компании «ЭлеСи» данная концепция была реализована на ассемблере для микроконтроллеров Renesas SH2, SH2A. Следующим этапом развития ядра ОС стала рассматриваемая реализация на Си для микроконтроллера AVR ATmega32.

Ядро ОС построено на ряде соглашений. Ядро не контролирует процессорное время исполнения

конкретного прерывания, требует только соблюдения соглашения их написания. Та часть прерывания, которая не уместилась во временные рамки, должна быть исполнена на fork-процессе – приоритетном системной процессе (ПСП). Время нахождения в стандартной программе обслуживания прерываний регламентируется пользователем и, как правило, должно составлять несколько микросекунд (в зависимости от задачи). Все fork-процессы выполняются целостно в порядке их поступления (гарантируется работой ядра), прерывания должны быть разрешены всем источникам. Fork-процесс будет поставлен в очередь ядра, если на данный момент исполняется системная часть ядра (другой fork-процесс, директива). Выполнения фоновых процессов приостанавливается и будет продолжено по завершению выполнения всей очереди fork-процессов. Для постановки в очередь пользователь должен предоставить блок PDB (Process Description Block).

Директивный уровень используется для разграничения доступа к критическим участкам процессов. Для упрощения работы с директивами могут быть использованы макросы BEGIN_DIR и END_DIR.

Кроме того, пользователю предоставляется возможность создания приоритетных пользовательских процессов – ППП. Блок PDB для ППП не отличается от PDB для fork-процесса. Постановка в очередь ППП осуществляется с помощью функции call_pp(PDB*, unsigned char), входными параметрами которой является указатель на блок PDB ППП и приоритет процесса. Уровень приоритета ППП ниже, чем fork-процессов.

Для создания пользовательской фоновой задачи пользователь должен предоставить блок TDB (Task Description Block). Для постановки пользовательской задачи в очередь на исполнение пользователь должен вызвать функцию task_create(PDB *). После того, как все необходимые фоновые задачи созданы, для их запуска вызывается функция start_tasks(). В ней сохраняется контекст холостой фоновой задачи, осуществляется инициализация указателей CSTACK, настраивается таймер 0 для отсчета интервалов переключения пользовательских фоновых задач, загружается контекст задачи, стоящей первой в очереди фоновых задач, и передается управление на ее исполнение.

Таймер 0 является системным таймером и не должен использоваться в пользовательских задачах.

Диспетчер имеет 3 основных блока: обработка fork-очереди, обработка очереди ППП и изменение фоновой задачи.

Обобщая структуру ядра, можно выделить следующие его компоненты:

- функция инициализации ядра void init_kernel() (должна быть вызвана на этапе инициализации пользовательской задачи, до первого выполнения ISR). Функция выполняет инициализацию очереди fork-процессов, очереди ПП-процессов, очереди фоновых задач, обнуляет переменные ядра;
- диспетчер процессов __task void dispatcher() выполняет проверку очереди fork-процессов. Если очередь не пуста, запускает отложенный fork-процесс, иначе осуществляется проверка очереди ППП. Если очередь не пуста, выполняются приоритетные пользовательские процессы один за другим. В противном случае, производится проверка, не истекло ли время выполнения текущей фоновой задачи. Если истекло, то контекст текущей задачи сохраняется в ее TDB, а из очереди фоновых задач выбирается новая задача. Переход в программу диспетчера процессов осуществляется либо по завершению fork-процесса, либо по завершению выполнения директивы или ISR;
- функция формирования очереди fork-процессов void call_fork(PDB *);
- функция формирования очереди ППП void call_pp(PDB *p_newPDB, unsigned char prior). Постановка ППП в очередь осуществляется с помощью директивы;
- функции формирования очереди фоновых задач void task_create (TDB *p_newTDB) и запуска их выполнения void start_tasks ();
- вспомогательные функции – функции обработки очереди, функция перехода в диспетчер из прерывания EndISR(), макросы BEGIN_DIR, END_DIR.

При наличии достаточного минимума ресурсов использование ОС становится предпочтительным, т.к. имеет ряд ключевых преимуществ перед вариантом, когда ОС не используется.

Кроме того, реализация ОС на языке высокого уровня позволяет обеспечить переносимость между платформами, что, безусловно, увеличивает конкурентоспособность данного ПО.

Литература

1. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы «Atmel». М.: Додэка-XXI, 2004 – 560 с.
2. Официальный сайт компании ЭлеСи. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elesy.ru>, свободный.

РЕАЛИЗАЦИЯ ТУРБОКОДЕКА НА ПЛИС

Яременко А.В., Осокин А.Н.
Томский политехнический университет
anna@bk.ru

Введение

Наиболее заметным достижением в теории помехоустойчивого кодирования за последние десятилетия являются турбокоды. Они обладают уникальной способностью обеспечивать характеристики помехоустойчивости передачи информации, близкие к теоретически достижимым значениям при умеренной сложности реализации кодеров [1]. Особенное достоинство турбокодов состоит в том, что они допускают итеративную процедуру декодирования. В 2004 году в стандарте фиксированной радиосвязи IEEE 802.16 (WiMax), представляющий наиболее перспективные технические и технологические решения в области радиодоступа, было определено использование турбодекодирования. Вышеуказанные достоинства турбокодов делают исследование и разработку новых кодеров, обеспечивающих высокую надежность обмена информацией, актуальной научно-технической задачей. В данной работе предлагается экономичное архитектурное решение турбокодека на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС).

Проблемы реализации и имеющиеся решения

Разработка турбокодов развивается по двум направлениям: сверточные и блочные турбокоды. Блочные турбокоды являются более эффективными при относительно высоких кодовых скоростях [2].

Турбокоды обладают высокой сложностью представления и вычисления, что создает ряд проблем их практической реализации. Имеющиеся VHDL решения являются не эффективными либо с точки зрения использования ресурсов памяти, либо задержек декодирования, а также большая часть реализаций использует сверточные коды с декодированием по Витерби. Есть также несколько коммерческих реализаций в виде интегральных микросхем от компании АНА, информация о которых является платной.

Согласно последним исследованиям и разработкам, наилучшие практические результаты достигаются при использовании турбокодов на основе решетчатых кодов, таких как расширенные коды Хэмминга, Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ) или Рида-Маллера [2]. Коды Рида-Маллера (РМ) имеют более регулярную и симметричную решетчатую структуру, что увеличивает скорость декодирования, и возможность рекурсивного построения, что является ценным свойством для построения алгоритмов мягкого декодирования [3]. Именно поэтому коды Рида-Маллера выбраны для реализации турбокодека.

Декодирование турбокодов с помощью решетчатых осуществляется с помощью двух типов алгоритмов: алгоритма Витерби и алгоритма максимума

апостериорной вероятности (maximum a posteriori – MAP). MAP является более оптимальным алгоритмом и обеспечивает минимум вероятности ошибки на символ [3].

Общая структура кодека

Двумерный блочный турбокод может быть представлен в виде прямоугольника, построенного из двух кодов: горизонтальных и вертикальных. Подробная теория декодирования кодов Рида-Маллера рассмотрена в [3].

Схема итеративного декодирования турбокодов представлена на рис. 1. Турбодекодер представляет собой последовательное соединение двух декодеров с мягким входом и мягким выходом (Soft Input Soft Output — SISO). На каждой итерации вычисляются логарифмическое отношение функций правдоподобия (Log-Likelihood-Ratio, LLR), называемые мягкими решениями, для каждого символа в соответствии с критерием максимальной апостериорной вероятности (MAP). LLR символов на выходе первого декодера используется в качестве входной информации для второго декодера. Процедура повторяется от итерации к итерации, увеличивая вероятность правильного декодирования. Априори символы на входе декодера являются равновероятными. Техническая реализация алгоритма MAP в общем случае вряд ли возможна [3]. Применение турбокодов в системах цифровой связи достигается за счет использования субоптимальных вариантов MAP алгоритма.

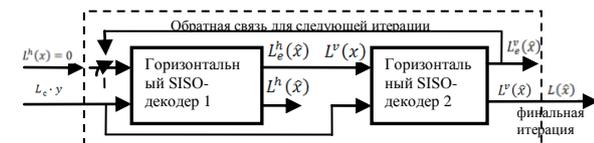


Рис. 1. Итеративная процедура декодирования турбокодов

Log-MAP алгоритм

Представим модификацию алгоритма MAP, которая позволит снизить его вычислительную сложность и реализовать на ПЛИС. Процесс декодирования в MAP алгоритме включает вычисление прямых и обратных метрик прохода по кодовой решетке для получения мягких выходов. LLR для информационного символа x_k , принимаемого декодером как последовательность y , может быть представлено суммой:

$$L(\hat{x}_k) = L_c \cdot y_k + L(x_k) + L_e(\hat{x}_k)$$

где $L_c \cdot y_k$ называют LLR канала, величину $L(x_k)$ называют априорным LLR информационного символа и $L_e(\hat{x}_k)$ называют внешним (extrinsic) LLR, которое может быть введено в декодер (через обратную связь) и использовано в качестве априорной вероятности на следующей итерации.

Внешнее LLR может быть записано как:

$$L_e(\hat{x}_k) = \log \frac{\sum_{(s',s)_{x_k=1}} \sum_S \alpha_{k-1}(s') \cdot \gamma_k(s',s) \cdot \beta_k(s)}{\sum_{(s',s)_{x_k=-1}} \sum_S \alpha_{k-1}(s') \cdot \gamma_k(s',s) \cdot \beta_k(s)}$$

где α , β и γ представляют собой метрики прямого, обратного прохода и метрику ребра соответственно. Индексы k и S обозначают время и состояние. LLR значения вычисляются для всех состояний S в моменты k и $k-1$. Используя аппроксимацию $\log(e^{\delta_1} + e^{\delta_2} + \dots + e^{\delta_n}) \approx \max_{i \in \{1, 2, \dots, n\}} \delta_i$, внешнее LLR может быть записано в логарифмической форме следующим образом:

$$L_e(\hat{x}_k) = \max_{(s',s)_{x_k=1}} [\log \alpha_{k-1}(s') + \log \beta_k(s)] - \max_{(s',s)_{x_k=-1}} [\log \alpha_{k-1}(s') + \log \beta_k(s)]$$

Улучшения мягкого решения LLR на выходе декодера можно достичь, используя Якобианов логарифм:

$$\log(e^{\delta_1} + e^{\delta_2}) = \max(\delta_1, \delta_2) + \log(1 + e^{-|\delta_2 - \delta_1|}) = \max(\delta_1, \delta_2) + f_c(|\delta_2 - \delta_1|)$$

Применением рекурсивно уравнения выше для вычисления метрик $\alpha_k(s)$ и $\beta_{k-1}(s')$, а также $L_e(x_k)$, достигается практически такая же точность вычислений, как в исходном алгоритме MAP [3]. Функция $f_c(|\delta - \delta_n|)$ протабулирована в небольшую таблицу.

Реализация на ПЛИС

На основании рассмотренного выше предлагается архитектура кодера (рис. 2, рис. 3) для реализации на ПЛИС. В представленной архитектуре имеется 4 отдельных модуля вычисления метрик и LLR, структура которых не рассматривается в рамках данной работы.

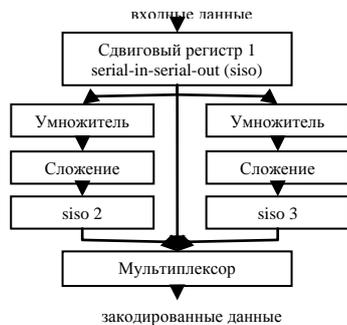


Рис. 2. Архитектура кодера

Данная архитектура турбокодера реализуется на ПЛИС Virtex (XC5V1000E-6) от Xilinx.

Достоинства архитектуры:

- эффективное использование памяти;
- невысокая сложность реализации;
- низкая стоимость разработки;
- скорость кодирования 38,6 Мб/с и декодирования 70,2 Кб/с при 5 итерациях при использовании $PM(32,26)^2$ турбокодера.

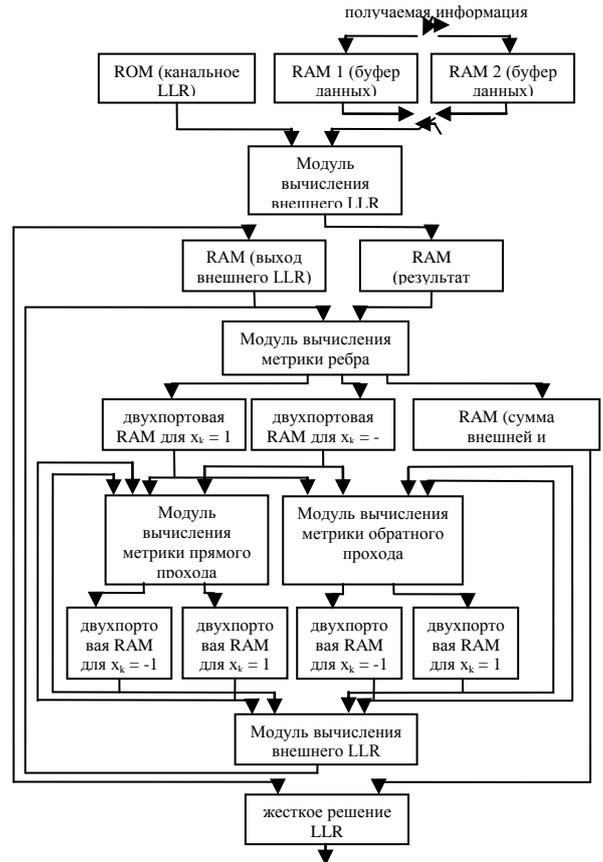


Рис. 3. Архитектура декодера

Заключение

Предложена экономичная архитектура турбокодера с кодированием по Риду-Маллеру и декодированием по модифицированному Log-MAP алгоритму.

Литература

1. Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы: Справочник / Под ред. Чл.-кор. РАН Ю.Б. Зубарева. // М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 126 с.
2. Архипкин А.В. Турбокоды – мощные алгоритмы для современных систем связи // М.: Беспроводные технологии, №1 (02) 2006, с. 63-64.
3. Р. Морелос-Сарагоса. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение // Москва: Техносфера, 2006. – с. 197-200, с. 224-236

ПРОГРАММНО-АППАРТНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА «БИИС»

Григорьев В.А., Попов А.Ю.

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана
katerr@yandex.ru

Введение

Износы рабочих поверхностей деталей автомобиля резко возрастают при тяжелых условиях эксплуатации (работа на плохих дорогах, повышенная запыленность, перегрузки, частые остановки, подъемы). Своевременное выявление и устранение дефектов, возникающих при эксплуатации автомобиля, продлевает срок службы автомобиля до капитального ремонта.

В настоящее время наиболее остро стоит проблема быстрого износа большегрузных автомобилей. Это связано с тем, что потребители данной автомобильной техники не соблюдают правила эксплуатации, установленные в технической документации на эти автомобили. Частое превышение максимально допустимого веса перевозимых грузов является основным фактором, приводящим к износу техники.

В связи с этим возникает задача контроля массы перевозимых грузов с использованием специальной измерительной аппаратуры, которая будет сигнализировать в случае превышения нормы загрузки автомобиля и записывать информацию о весе грузов в энергонезависимую память.

Для решения этой задачи разработана бортовая информационно-измерительная система «БИИС».

Цель работы

Испытание разработанной системы «БИИС» и её доработка на основе полученных данных.

Устройство БИИС представляет собой совокупность датчиков угловых положений и линейных ускорений, ЖК-дисплея и вычислительного устройства, обрабатывающего показания с датчиков и записывающего итоговую информацию в энергонезависимую память.

Бортовая информационно-измерительная система состоит из источника бесперебойного питания, вторичного источника питания, лицевой панели, микроконтроллера, оконечного оборудования CAN, Flash памяти, GPS/GSM модуля и контрольно-измерительных датчиков, резервного аккумулятора сети CAN, шин питания 24В, 12В, 5В, 3.3В, информационных шин контрольно-измерительных датчиков φ_i , информационной шины источника питания row, информационной шины зуммера, информационной шины индикаторов, информационной шины кнопки, информационной шины дисплея, информационной шины, шины Flash-памяти, шины GPS/GSM модуля блока управления и индикации.

Принцип работы

Напряжение бортовой электрической сети по шине питания 24В поступает на ИБП с резервным аккумулятором. Далее это напряжение преобразуется на ВИП до 12В, 5В и 3.3В.

Напряжение 12В через шину питания поступает на контрольно-измерительные датчики. Напряжение питания 5В с ВИП поступает через шину питания на лицевую панель. Напряжение питания 3,3В с ВИП поступает через шину питания на контроллер питания 5.6 МК, и на цепи питания Flash-памяти, GPS/GSM модуля и оконечного оборудования CAN. При поступлении по шине питания 24В необходимого напряжения аккумулятор заряжается, а при понижении необходимого уровня аккумулятор поддерживает уровень напряжения питания в 24В для корректного завершения работы БИИС.

Информация с контрольно-измерительных датчиков в кодированном виде цифровых значений углового положения φ_i по информационным шинам поступает в сеть CAN и из нее в контроллер сети CAN и CAN разъем лицевой панели. Информация о текущем географическом положении и о времени поступает с GPS/GSM модуля по шине в контроллер GPS/GSM МК. Информация от ВИП поступает на порт ввода-вывода МК по шине row. Управляющие сигналы с кнопки лицевой панели поступает по шине but в контроллер клавиатуры МК. Индикация рабочего состояния производится с помощью зуммера лицевой панели, индикаторов и дисплея по шинам. Сбор информации также возможен через COM-разъем и CAN-разъем по шинам и из сети CAN. Сохранение информации происходит по шине во Flash-память.

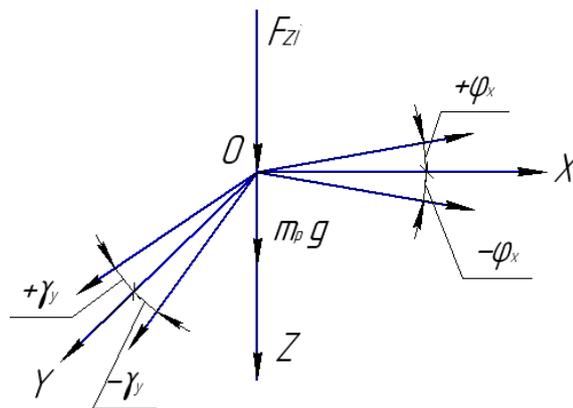


Рис.1. Ориентация контрольно – измерительного датчика на рессоре.

Информация с контрольно-измерительных датчиков, с GPS/GSM модуля и кнопки обрабатывается в МК, анализируется и данные сохраняются в энергонезависимой Flash-памяти. Каждый контрольно-измерительный датчик расположен на рессоре и сориентирован так, что (см. рис.1): OX – лежит в плоскости местного горизонта и совпадает с продольной осью

симметрии рессоры и направлена в положительном направлении движения автомобиля; ОУ – лежит в плоскости местного горизонта и перпендикулярна оси X; OZ – перпендикулярна плоскости местного горизонта и направлена к центру Земли.

Цель испытания

Определения угла прогиба рессоры в зависимости от величины задаваемой нагрузки.

Измерены значения наклономера по осям X и Y, а также рассчитаны средние значения измеренных значений $(\bar{\varphi}_{Xj}, \bar{\gamma}_{Yj})$, которые вычисляются по формулам:

$$\bar{\varphi}_{Xj} = \frac{\sum_{i=1}^4 \varphi_{Xi}}{4} \text{ и } \bar{\gamma}_{Yj} = \frac{\sum_{i=1}^4 \gamma_{Yi}}{4}$$

По усредненным значениям построены графики (рис.1,2.)

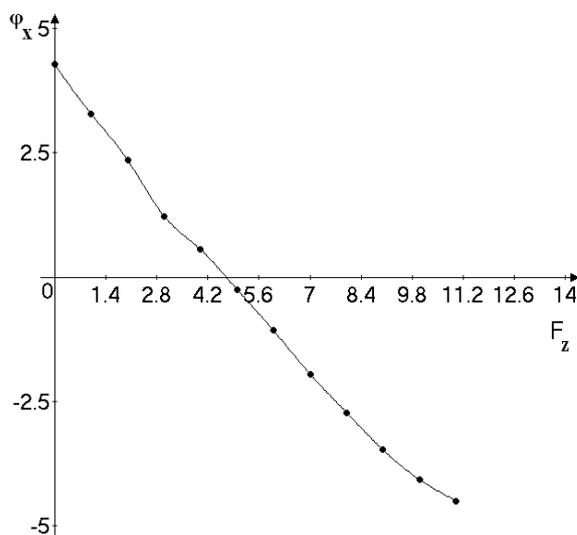


Рис.1. Зависимость угла измерения по оси X от веса усредненной нагрузки подаваемой на заднюю рессору

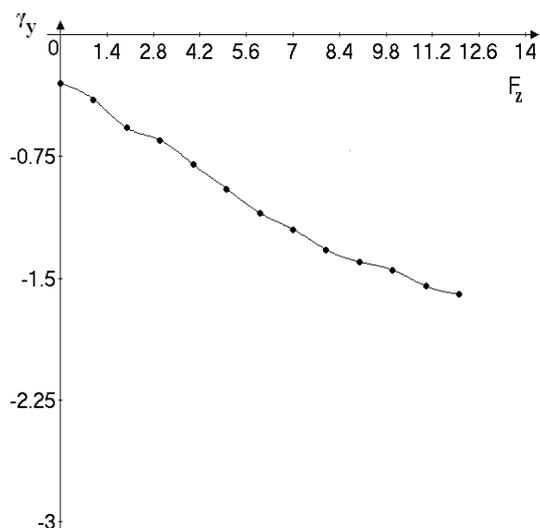


Рис.2. Зависимость угла измерения по оси Y от веса усредненной нагрузки подаваемой на заднюю рессору

Задняя рессора обладает гистерезисом, максимальная величина которой достигает по оси X – 1,6°, а по оси Y – 0,2°.

Проведенный эксперимент показал, что изменение усредненных углов от веса прогиба нагрузки носят линейный характер, с помощью метода наименьших квадратов дана оценка аппроксимации по результатам измерений, содержащим случайные ошибки.

Погрешность при аппроксимации изменения угла на наклономере по осям X и Y от нагрузки, подаваемой на рессору, составит:

Для X: $\delta\varphi_{\Sigma} = 0,438^{\circ}$

Для Y: $\delta\gamma_{\Sigma} = 0,06^{\circ}$

Погрешность измерения, без учета погрешностей наклономера и подаваемой нагрузки, составит для всего диапазона нагрузки, от 0 до 12 тонн, составит:

$$\Delta\varphi = \left| \frac{\delta\varphi_{\Sigma}}{\Delta\varphi_{\max}} \right| \cdot 100\% = \frac{0,438}{9,4} \cdot 100\% = 4,66\%$$

$$\Delta\gamma = \left| \frac{\delta\gamma_{\Sigma}}{\Delta\gamma_{\max}} \right| \cdot 100\% = \frac{0,06}{1,4} \cdot 100\% = 4,285\%$$

где $\Delta\varphi_{\max}$ - максимальный диапазон изменения показаний угла наклономера по оси X,

$\Delta\gamma_{\max}$ - максимальный диапазон изменения показаний угла наклономера по оси Y.

Заключение

1. Максимальный диапазон изменения угла на наклономере составляет по оси X – 9,4° и по оси Y – 1,4°.
2. Анализ первичных измерений на рессоре показал, что рессора обладает гистерезисом, который составляет по оси X = 1,6° и по оси Y = 0,2°.
3. Жесткость составила по оси X: $-0,0778 \left[\frac{\circ}{кН} \right]$ и по оси Y: $-0,0337 \left[\frac{\circ}{кН} \right]$.
4. Погрешность аппроксимации составила: для X – 0,41°, для Y – 0,055°.
5. Погрешность измерения составила: для X – 4,66%; для Y – 4,285%.
6. В общем погрешность измерения будет зависеть: от жесткости рессоры из-за времени старения, от температуры и от разброса жесткости рессоры к рессоре во время изготовления, которая составляет 8%.

Литература

1. Патент 2162202, РФ, G01C7/04, E01C23/07. Способ определения уклонов, кривизны, неровности и коэффициента сцепления дорожного покрытия и устройства его осуществления/ Ачильдиев В.М., Дрофа В.Н., Рублев В.М., Сорокин В.Е., Цуцаев Д.А. – опубл. 20.01.2001

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА СИСТЕМАТИЗАЦИИ И СТАТИСТИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ ФОНДА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

*Толстомятов А.Е., Попов В.Н.
Томский политехнический университет
alexandir@sibmail.com*

Введение

Образовательные программы вуза по различным направлениям и специальностям подготовки разрабатываются на основе государственных образовательных стандартов и включают в себя учебные дисциплины федерального компонента, дисциплины национально-регионального (вузовского) компонента, дисциплины по выбору студента, факультативные дисциплины, а также программы учебных, научных и производственных практик. В каждом цикле (общих гуманитарных и социально-экономических, математических и естественнонаучных, общепрофессиональных, специальных и факультативных) дисциплины специального компонента и по выбору студента должны дополнять содержание соответствующего федерального компонента. Реализация конкретной образовательной программы в вузе, помимо наличия квалифицированного профессорско-преподавательского состава, материально-технической базы оснащённости учебного процесса, обеспеченности учебными площадями, удовлетворяющих санитарным и гигиеническим нормам и т.д. требует разработки и значительного числа документов, на основе которых осуществляется собственно планирование и организация учебного процесса [1].

Классификация документов образовательных программ

В настоящей работе описывается программная система, обеспечивающая информационную поддержку удалённого формирования и сбора рабочей документации по образовательным программам вуза с целью ее систематизации и централизованного хранения не только для процедуры аттестации образовательных программ высшего профессионального образования при комплексной оценке деятельности вуза, но и для внутреннего внутривузовского аудита учебно-методической оснащённости образовательных программ. Система в соответствии с направлениями и специальностями подготовки специалистов в вузе по каждой образовательной программе обеспечивает информационную поддержку формирования следующего каталога документов:

1. Нормативные документы.
2. Рекламно-информационные материалы.
3. Документы, характеризующие условия реализации образовательной программы.
4. Учебно-методические комплексы дисциплин образовательной программы и документы СМК.
5. Обще-методическое и материально-техническое обеспечение образовательной программы.

6. Документы итогового контроля и аттестации выпускников.

7. Информация о совместной реализации образовательной программы.

Таким образом, все учебно-методические документы образовательного процесса представляют собой базу данных рабочей документации по всем образовательным программам вуза и логически упорядочены в соответствии с приведённой классификацией.

Функциональные возможности комплекса

Представленная выше схема документов является базовой для серверного приложения, осуществляющего их ввод, хранение и удаление. Серверное приложение реализовано по классической «клиент-серверной» технологии с использованием web-сервисов. С целью разграничения доступа к документам выделены следующие группы пользователей: гостевая, официальных представителей кафедр, администрации учебного управления и администратора системы.

В гостевом режиме доступны только информационные материалы по составлению документов Фонда и технологии работы с комплексом.

В режиме официального представителя кафедры обеспечивается возможность формирования документов Фонда по направлениям и специальностям подготовки выпускающей кафедры и доступны следующие функции: добавление нового документа, обновление документа, редактирования комментария к документу, просмотр документа и удаление документа. Кроме того, имеется возможность копирования одного или группы документов из соответствующих рубрик Фонда по другим направлениям (специальностям) подготовки. С целью просмотра рабочей документации всего Фонда и доступа к статистике его формирования для авторизованных пользователей предусмотрен специальный режим.

В режиме администрации учебного управления обеспечивается возможность просмотра динамики формирования рабочей документации Фонда по структурным подразделениям вуза, а также содержания документов по всем направлениям (специальностям) подготовки вуза.

В режиме администратора системы доступен широкий спектр функций по поддержанию комплекса в рабочем состоянии и по его оперативному управлению. В частности, администратору системы доступны следующие функции: формирование административно-

организационной структуры вуза с указанием конкретных институтов, факультетов и кафедр, формирование структуры каталога рабочей документации Фонда с указанием рубрик и разделов, формирование базы направлений и специальностей подготовки с указанием их кодов (шифров), формирование списка авторизованных пользователей всех уровней, непосредственный доступ к записям таблиц базы данных (добавление, редактирование, удаление).

Интерфейс комплекса обеспечивает возможность просмотра и доступа к рабочей документации Фонда с разных позиций:

- административно-организационной структуры университета (институт, факультет, кафедра);
- общей структуры каталога рабочей документации Фонда (рубрики и разделы каталога);
- кодов направлений и специальностей подготовки (шифры специальностей) [2].

Расширение функциональных возможностей Фонда образовательных программ вуза привело к необходимости разработки программных средств семантического анализа и статистики формирования документов Фонда.

Особенностью мониторинга рабочей документации является автоматическая проверка срока годности документов. Документы каждой рубрики имеют свой срок актуальности, в соответствии с которым происходит проверка. Если срок действия документа закончен и его необходимо обновить, то при просмотре в режиме авторизованного пользователя этот документ визуализируется особым образом.

Еще одной особенностью является автоматический анализ текста документов на предмет соответствия их содержимого заявленной рубрике. Семантический анализ содержимого документа производится с помощью словарей, содержащих обязательные слова для оформления рассматриваемых документов. В случае несоответствия содержимого документа заявленной рубрике этот документ визуализируется особым образом и не учитывается в статистике [3].

Для реализации комплекса в настоящей работе использовались: HTTP сервер Apache – web-узел и его администрирование, SQL сервер баз данных Oracle – хранение информации, СУБД MySQL – автономная отладка взаимодействия с базой данных, язык сценариев PHP – интерактивное взаимодействие с пользователем, реализация алгоритмов формирования статистики, проверки срока годности документов, семантического

анализа и административно-системных функций комплекса.

Заключение

Разработанное серверное приложение, во-первых, усиливает Фонд оценочных средств образовательных программ вуза автоматизированным формированием и сбором многоуровневой рабочей документации системы управления качеством высшего профессионального образования. Во-вторых, способствует интеграции высшего учебного заведения в международное научно-образовательное пространство. В-третьих, способствует непрерывному совершенствованию внутренней системы управления качеством образовательных услуг и подготовки специалистов, регулярному проведению внутренних аудитов учебно-методического обеспечения образовательной деятельности. В-четвертых, поддерживает непрерывное прогнозирование, планирование, обеспечение и улучшение качества подготовки специалистов всему профессорско-преподавательскому составу высшего учебного заведения (мониторинг системы управления качеством). В-пятых, способствует удовлетворению потребностей субъектов обучения в обеспечении качественными учебно-методическими материалами при получении высшего образования и квалификации в избранной области. В-шестых, способствует формированию имиджа высшего учебного заведения с общественным признанием через различные системы оценки качества и сертификацию. В-седьмых, объединяет интересы всего профессорско-преподавательского состава высшего учебного заведения для достижения наилучших результатов их деятельности (путем использования новой информационной технологии).

Литература

1. Соболев В.С., Степанов С.А., Щербаков А.Ю., Азарьева В.В. Результаты пилотной апробации методики самооценки вуза на базе новой модели СМК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tqm.spb.ru/6_results1.shtml, свободный.
2. Ботыгин И.А., Попов В.Н. Автоматизированная система удалённого формирования документов фонда оценочных средств профессиональных образовательных программ // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 7. – С. 221-225.
3. Автоматическая обработка текста. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aot.ru>, свободный.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР И АНАЛИЗ РАССЕЯНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Аманжолов Р.М., Ботыгин И.А.
Томский политехнический университет
dastrixmeister@googlemail.com

Введение

Облачные (рассеянные) вычисления (англ. cloud computing) – это технология обработки данных, в которой программное обеспечение предоставляется пользователю как интернет-сервис. Пользователь имеет доступ к собственным данным, но не может управлять операционной системой и собственно программным обеспечением, с которым работает (заботиться об инфраструктуре ему также не нужно). Непосредственно "облаком" называют интернет, который как раз и скрывает многие технические детали [1].

Другими словами, облачные вычисления есть некие сервисы из Интернета. Это в простейшем приближении. Если же рассматривать термин более широко, то существует несколько присущих Cloud Computing характеристик. К ним относятся: дистанционное предоставление функциональных возможностей системы, скрытие от пользователя физической реализации системы, организация взаимоотношений с системой по принципу динамического самообслуживания и оплата услуг по схеме "сколько потратил вычислительных ресурсов, столько и заплатил"[2].

История

196х – Высказана идея (John McCarthy).

199х – Появился термин «CLOUD» (телефония).

2000 – Зародилась идея Web-сервисов.

2005 – Реализация проекта Amazon Web Service [9]

2007 – Запуск основных Cloud-проектов Google [6,7]

2008 – Начало разработки операционных систем на базе «Облачных вычислений» Chromium [4], Azure [8]

Операционные системы на базе облачных вычислений

Рассмотрим на примере ОС Google Chrome OS [4]. Главной особенностью является доминирование веб-приложений над обычными функциями ОС. Chrome OS задумана как практическая реализация концепций SaaS и DaaS, доступная для широкого круга конечных пользователей. Это снимает с пользователей необходимость выполнения функций системного администрирования, таких как получение (скачивание) дистрибутивов, установки и обновления приложений. Потеря самого устройства (нетбука или ноутбука) становится менее критична, поскольку получить доступ к данным возможно с любого другого компьютера с Chrome OS через логин и пароль. Chrome OS не подойдет для пользователей ресурсоемких приложений (графические программы, большие объемы редактирования). Также не планируется поддержка распространенных сегодня устройств на обычных жестких дисках (не SSD). Многие пользовательские

особенности будущей операционной системы наглядно демонстрирует её прототип — ОС Chromium (рис.1).



Рис. 1. Google Chrome OS.

В настоящее время разработан и широко используется ряд технологий "Облачных вычислений".

SaaS (Software-aaS) Google Docs [5], Amazon AWS [9]. В этом случае приложения представляются в виде сервисов. Например, у предприятия нет возможности или желания hostить внутренний Exchange-сервер для работы электронной почты, календарей и т.п. При использовании SaaS-технологии функционал Exchange-сервера предоставляется удаленно и на время, необходимое пользователям. Одним из ярких представителей данного сервиса является Google Docs [5].

PaaS (Platform-aaS) Azure Services Platform [8], Amazon AWS [9]. Технология PaaS ориентирована на разработчиков программного обеспечения. В облаке функционирует некоторый набор программ (основных сервисов и библиотек), на основе которых предлагается разрабатывать свои приложения. Самый яркий пример – платформа для создания приложений Google AppEngine [6]. Помимо этого, под PaaS понимают также и отдельные части сложных систем, например, системы управления базами данных или коммуникациями.

IaaS (Hardware-aaS) Sun Microsystems [7], Amazon AWS [9], VMware vCloud [10]. Технология ориентирована на виртуальное предоставление универсальных вычислительных ресурсов. Например, когда речь идет о конкретном вычислительном ресурсе, то понимается некоторая абстрактная сущность (Soft + Hard), аналогичная реальным функциям (место под хранение, процессорное время в эквиваленте какого-либо реального CPU, пропускная способность и т.д.).

IaaS (Infrastructure-aaS) Azure Services Platform [8], Amazon AWS [9]. Технология IaaS развивает сервис Hardware-aaS. Например, это системы балансировки нагрузки, системы контроля выполнения заданий и тому подобные системы, лежащие в основе построения других систем.

CaaS (Communication-aaS) Amazon AWS [9]. Технология CaaS рассчитана на предоставление в качестве сервисов услуг связи. Например, IP-телефония, электронная почта, мгновенные коммуникации (чаты, IM) и т.п.

Реализация архитектуры

В предлагаемой в настоящей работе концепции облака выделено два основных компонента:

1. База данных. Реализована в виде SQL базы данных на удаленном сервере. Отвечает за хранение и доступ к данным доверенным приложениям, которые находятся в облаке.
2. Компонент распределения нагрузки. Самая важная часть облака при выполнении приложения. Обеспечивает равномерное распределение нагрузки в облаке, т.е. по распределенным в пространстве компьютерам. При большом количестве запросов целесообразно распределять нагрузку с помощью Live Operating Environment [8]. На компонент распределения нагрузки также возлагается и синхронизация выполнения операций.

Обратная сторона облака

Развитие полезных cloud-сервисов неизбежно будет привлекать злоумышленников. Например, для создания botnet-сетей, выполняющих хакерские атаки и прочие нелегальные действия. Главная трудность состоит в том, что с точки зрения архитектуры, созданные сервисы для решения "хороших" или "плохих" задач ничем не отличаются и поэтому не так-то просто с ходу отследить, какой сервис они представляют

Для программных экспериментов по реализации облака была использована платформа .NET от Microsoft. Само приложение должно удовлетворять двум требованиям это Access control (контроль к доступу приложения) и Service bus (взаимодействие с другими приложениями и базой данных). Приложение может быть написано на любом языке, но предпочтительным для платформы Azure [8] является язык C#.

Заключение

Cloud Computing становится все более и более модной тенденцией в современных информационных технологиях (ИТ), как часть большой стратегии производителей по сближению ИТ и бизнеса, особенно с расширением интернет-каналов для компаний. Безусловно, для бизнеса Cloud Computing должен стать механизмом извлечения бизнес-выгоды из "облака" без необходимости вникать в технические детали и заниматься изучением вопроса "а чем они там в ИТ все-таки занимаются?". Благодаря Cloud Computing и виртуализации вычислительных ресурсов, для бизнеса должны перестать существовать такие понятия, как "сервер" или "система хранения", а приобрести смысл такие термины, как "приложение" и "сервис".

Облачные системы – это средство для получения некоторой среды, в которой могут

работать как обычные виртуальные машины с пользовательскими ОС, так и целые платформы для исполнения приложений. Важным преимуществом Cloud Computing является независимость от аппаратного обеспечения и гибкая масштабируемость, хотя в этом направлении еще много чего можно сделать.

Литература

1. Статья «Cloud Computing: высокая облачность» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.computer.ru/interactive/461761/> свободный. Загл. с экрана
2. Статья «Облако своими руками, или возможности Eucalyptus». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://blog.openquality.ru/eucalyptus-cloud/> свободный. Загл. с экрана.
3. «Облачные вычисления на каждый день». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.3dnews.ru/editorial/cloud_computing/ свободный. Загл. с экрана.
4. Google Chrome OS. по материалом Википедии — свободной энциклопедии. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Chrome_OS свободный.
5. Google Docs - бесплатный онлайн офис. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.google.com> регистрация. Загл. с экрана.
6. Google App Engine - сервис хостинга сайтов и web-приложений на серверах Google. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://appengine.google.com/> регистрация.
7. Sun Microsystems - Cloud Computing Infrastructure and Architecture. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sun.com/offers/details/CloudComputing.xml> регистрация. Загл. с экрана.
8. Windows Azure - серверная платформа для создания распределенных («облачных») веб-приложений. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.microsoft.com/windowsazure/> регистрация. Загл. с экрана.
9. Amazon Web Services (AWS) - инфраструктура Web Services платформы в облаке, представленная компанией Amazon. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aws.amazon.com/> регистрация. Загл. с экрана.
10. VMware vCloud - Delivering Cloud Solutions from Development to Production. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vmware.com/solutions/cloud-computing/> регистрация. Загл. с экрана.

STUDY AND DESIGN OF A CONTROL SYSTEM FOR A SMALL SATELLITE THAT STORES AND SENDS MUSICAL SIGNALS THROUGH BEACON

*Acosta J.R., Oliden M.J.**

*Юго-Западный государственный университет
*Национальный инженерный университет Перу (UNI)
racosta@inictel-uni.edu.pe*

Abstract

A control system for a small satellite, based on an Freescale QB128 8-bit embedded system was designed. This system manages and executes the information from other modules that complement the overall functioning of the small satellite. This system's processor has the ability to manage an assignation table of FAT32 files, which helps it creating MS-DOS files and storing them in an SD-CARD memory. In this massive storage device, important data and information about the various energy, temperature, stability and orientation states of the small satellite can be stored, as well as voice messages in different languages.

All this data-form information may be sent to an Earth station through telemetry, in Downlink mode, with a 437.025MHz carrier. In addition, the control system CPOU has an algorithm which specifically transforms the Peruvian song El Condor Pasa ("The condor passes") to RTTTL format. The BEACON (CW) signal carrier modulator from the communications module (from the small satellite) is used.

Control System

Essentially, the control system communicates with a power system, an attitude determination and control system, a communication system and an image-acquisition system formed by two cameras.

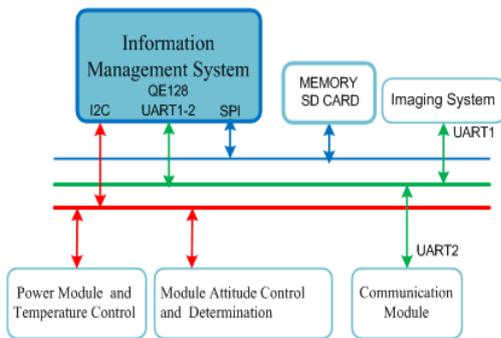


Fig. 1. Overall system of a small satellite.

The control system developed presents a control algorithm based in the Foreground/Background system, i.e. the principal module consists on generating an infinite loop in the "main" and performing a consecutive call to every task (Background or secondary) that the system needs to process.

Besides, communications done with the other external modules are performed through synchronous and asynchronous communication systems managed by interruptions that formulate the Foreground tasks. Within this foreground tasks, critic zones which should be considered in the interruption-service functions are analyzed.

The latency for each Background process is executed by timers that are set-up in variable times.

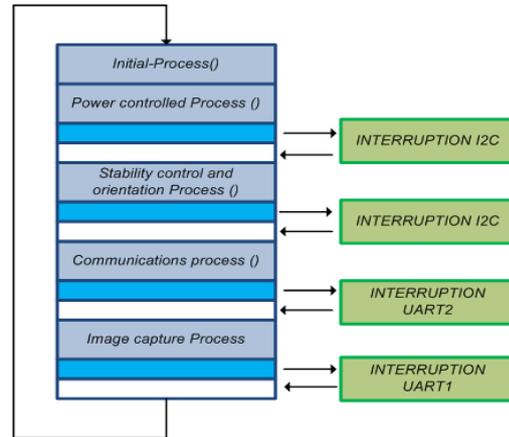


Fig. 2. Consecutive loop / Interruption scheme.

SD-CARD data storage

The communication between a smart device and a massive storage memory such as SD-Card starts first with the sending of write/read commands from the microcontroller and, as a response, the SD-Card device may return a "received" command depending on the success of the transfer. The command sending sequential process can be appreciated in Fig. 3.

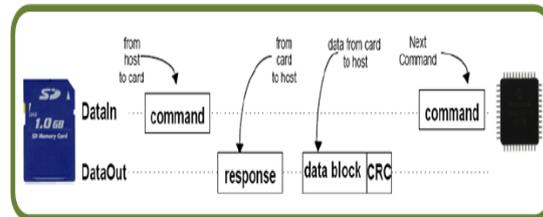


Fig. 3. Transferecia de datos entre el microcontrolador y el SD CARD.

Each command is composed of a 6-bytes frame, as shown in Fig. 4.

Byte 1		Byte 2-5			Byte 6	
7	6	5-0	31-0		7	0
0	1	Command	Command argument		CRC	1

Figure 4. Presentation of the frame through SPI of the command that is sent to the SD CARD .

The first black row represents the sent Bytes, the second one shows the position of bits in each byte and the third explains the way in which commands will be sent.

The SD card recognizes the commands; because the first byte (Byte 1) begins with "01" and the 6 remaining bits conform the command number (written in binary).

For example, for the 0th command (CMD0), the first byte will be: 01000000 = 0x40, and for the 24th command, it will be: 01011000 = 0x58. The 2-5th bytes are the argument of the command, the 6th byte is the

error verification one, which in SPI mode is not used, unless its desire of use specified in the configuration register, but this is not the case.

Information sending for a musical melody in RTTTL format, through BEACON signal

It's well known that the communications module sends the Beacon signal in small timeslots through a continuous signal (CW) which supports signal presence or absence for short and long time periods, as shown in Fig. 5.

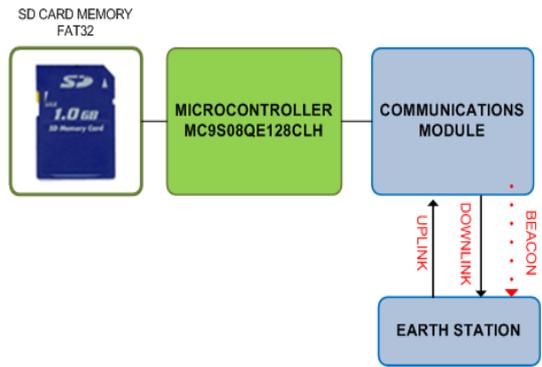


Fig. 5. Types of links between the small satellite and Earth station

This signal, in turn, can be captured by any Earth station, only if it's compatible with the carrier frequency used in the Beacon signal. The control system microcontroller (from the small satellite) can generate and store the frequencies of the musical notes in RTTTL format (Ringing Tone Text Transfer Language), by means of the variable programming of the Duty Cycle of a period based in an internal timer. Right away, the configuration of the matrix that will store the frequencies of musical notes will be shown. For our case, the tones of the El Condor Pasa music (char CondorPasa) will be sent in its string RTTTL format, so we have:

CondorPasa:d=8,o=5,b=125:4b4,4e,4d#,4e,4f#,4g,4f#,4g,4a,1b.,2d6,1b.,4e6,4d6,1b,4p,4b,4a,4g,1e.,4p,4b4,4e,4d#,4e,4f#,4g,4f#,4g,4a,1b.,2d6,1b.,4e6,4d6,1b,4p,4b,4a,4g,1e.,2g,1e.

That format should be divided as follows:

```

uhar duration = 8;
// standard duration = 4/8 = 1/2 beat
uchar tempo = 125;
// standard tempo = 125 bpm
uchar octave = 5;
// standard octave = 5th
const char CondorPasa []= {"4b4,4e,4d#,4e,4f#,4g,4f#,4g,4a,1b.,2d6,1b.,4e6,4d6,1b,4p,4b,4a,4g,1e.,4p,4b4,4e,4d#,4e,4f#,4g,4f#,4g,4a,1b.,2d6,1b.,4e6,4d6,1b,4p,4b,4a,4g,1e.,2g,1e."}
const unsigned int note[4][12]={
// C C# D D# E F F# G G# A A# B
262, 277,294, 311,330,349,370, 392, 415, 440, 466, 494,
523, 554,587, 622,659,698,740, 784, 830, 880, 932, 988,

```

```

1047,1109,1175,1244,1319,1397,1480,1568,1660,1760
, 1865,
2093,2218,2349,2489,2637,2794,2960,3136,3320,3520
, 3728,
};

```

The elapsed time for each musical note is realized in the internal timer from the communications module, using interruptions by timing overflow for controlling the duration of the note as approximate to a real-time control as possible.

In order to manage the duration of the note in a precise form, each beat is divided in 32 ticks; this will help to manage notes with a short period (like 1/32). The timer interruption is programmed for each tick, as shown in the table of Fig. 6.

bpm	Init_TMR1	Init_TMR1_H	Init_TMR1_L	TMR1 (ms)
25	28036	109	132	75,000
28	32053	125	53	66,966
31	35294	137	222	60,484
35	38750	151	94	53,572
40	42098	164	114	46,876
45	44702	174	158	41,668
50	46786	182	194	37,500
56	48794	190	154	33,484
63	50655	197	223	29,762
70	52143	203	175	26,786
80	53817	210	57	23,438
90	55119	215	79	20,834
100	56161	219	97	18,750
112	57165	223	77	16,742
125	58036	226	180	15,000
140	58839	229	215	13,394
160	59676	233	28	11,720
180	60327	235	167	10,418
200	60848	237	176	9,376
225	61369	239	185	8,334
250	61786	241	90	7,500
280	62187	242	235	6,698
310	62511	244	47	6,050
355	62895	245	175	5,282

Fig. 6. Table showing the duration for each musical note

References

1. Qing LI and Caroline Yao- "Real-Time Concepts for Embedded Systems". Second edition. Elsevier. 2003
2. Sam Siewert – "Real-Time Embedded Components and Systems". Second edition. Thomson. 2008.
3. CADY, Fredrick M. Software and Hardware Engineering Assembly and Programming for the FREESCALE HCS12 MICROCONTROLLER. Second edition. New York, USA, Oxford University Press, 2007.
4. HUANG, Han WAY. The HCS12 / 9S12: Introduction to Software & Hardware Interfacing. First edition . Minnesota, USA, Thomson and Delmar Learning, 2005.

О ПРИМЕНЕНИИ ЯЗЫКОВ ОПИСАНИЯ АППАРАТУРЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УСТРОЙСТВ НА ПЛИС

Еремин В.В., Мальчуков А.Н.
Томский политехнический университет
EreminVladimirV@gmail.com

Введение

В настоящее время для создания цифровых устройств широко используются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Их сферами применения обычно является цифровая обработка сигналов (ЦОС), цифровая видео-аудио аппаратура, высокоскоростная передача данных, криптография, проектирование и прототипирование ASIC, в качестве мостов (коммутаторов) между системами с различной логикой и напряжением питания, реализация нейронных сетей [1].

На кафедре вычислительной техники Томского политехнического университета студенты обучаются разработке устройств на базе современных ПЛИС фирмы Altera [2] в рамках дисциплины «Схемотехника ЭВМ». Для этих целей используются учебные стенды SDK 6.1 [3] на базе Altera Cyclone EP1C3T144, имеющие движковые переключатели, светодиоды, кнопки, двустрочный жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) и последовательный порт. Для последних двух компонентов были разработаны примеры управляющих ими устройств на трех языках описания аппаратуры.

Проблемы выбора при проектировании

Наиболее простым способом разработки цифровых устройств на ПЛИС является использование визуального редактора САПР фирмы производителя для составления схемы устройства из условно-графических обозначений элементов и их связей (схемный ввод). Это позволяет видеть всю структуру, и наиболее близок к традиционным методам проектирования схем на МИС, СИС. Однако при реализации крупных проектов только схемный ввод в основном не применяется ввиду громоздкости и сложности анализа готовой схемы. Поэтому чаще всего применяют блочно-ориентированный подход (Block-based design, BBD) для построения иерархии проекта и языка описания аппаратуры (Hardware description language, HDL) для разработки отдельных блоков проекта [4]. В совокупности это позволяет в приемлемые сроки создавать модель для прототипирования или готовое устройство.

Вышеприведенные аргументы позволяют утверждать, что для разработчика цифровых устройств необходимо владеть не только схемным вводом, но и обязательно хотя бы одним из распространенных языков описания аппаратуры: VHDL, Verilog HDL, AHDL.

В рамках курсового проектирования дисциплины «Схемотехника ЭВМ» проводится обучение студентов по применению блочно-ориентированного подхода и использованию языков

описания аппаратуры для разработки устройств на ПЛИС. Для этого были созданы примеры управляющих устройств, позволяющие выводить данные на ЖКИ и производить обмен данными с ПК через интерфейс RS-232.

Устройство управления ЖКИ

Учебный стенд SDK-6.1 оснащен жидкокристаллическим индикатором Powertip PC 1602-C на контроллере HD44780.

Разработанное управляющее устройство позволяет отправлять команды и данные контроллеру HD44780 по четырехбитному интерфейсу. Данное устройство разработано с применением BDD (рис. 1), а каждый его блок имеет описание на языках VHDL, Verilog HDL, AHDL.

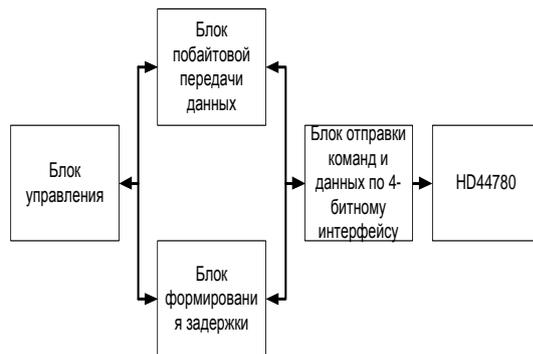


Рис.1. Структурная схема устройства управления дисплеем

Данное управляющее устройство используется в качестве примера процесса инициализации, вывода данных на ЖКИ и управления положением окна.

В соответствии с BDD проекты имеют идентичную блочную структуру. Отличия между проектами заключается в том, что каждый блок устройства имеет поведенческое описание на одном из трех языков HDL.

В таблице 1 приведены параметры проекта при реализации на различных языках.

Не менее полезным для практического использования устройством ввода-вывода в SDK 6.1 является последовательный порт. Для его использования разработано устройство, структурно состоящее из 4 блоков (рис. 2), каждый из которых реализован отдельным цифровым автоматом.

Таблица 1. Параметры проекта на языках HDL

Параметры	Verilog	VHDL	AHDL
Размер файла прошивки, байт	31 414	31 435	32 305
Количество логических элементов	660 / 2910 (23%)	704 / 2910 (24%)	786 / 2910 (27%)
Максимальная задержка сигнала, нс	14.117	14.230	23.074

Устройство для работы с последовательным портом



Рис.2. Структурная схема устройства работы с последовательным портом

Также как и в случае устройства управления ЖКИ, данное устройство реализовано в соответствии с BDD – проекты имеют идентичную блочную структуру, а каждый блок устройства имеет поведенческое описание на одном из трех языков HDL.

В таблице 2 приведены параметры проекта при реализации на различных языках.

Таблица 2. Параметры проекта на языках HDL

Параметры	Verilog	VHDL	AHDL
Размер файла прошивки, байт	28 602	28 330	28 840
Количество логических элементов	261/2910 (9%)	258/2910 (9%)	291/2910 (10%)
Максимальная задержка сигнала, нс	11.185	12.690	10.395

Исходя из таблиц 1 и 2, различия по затраченным ресурсам и быстродействию между реализациями на Verilog и VHDL для данных проектов незначительны. Однако реализация на

AHDL демонстрирует существенно большую задержку распространения сигнала и большее количество использованных логических элементов (табл. 1). А в табл. 2, AHDL демонстрирует минимальную задержку сигнала. Это может быть связано с тем, что блоки реализованы на AHDL были запрограммированы в одном стиле поведенческого описания Verilog/VHDL. Это показывает, что при реализации на AHDL очень многое зависит от оптимизации проекта и знаний особенностей языка, т.к. компилятор берет на себя значительно меньше задач по оптимизации конечной схемы устройства.

Заключение

Разработанные устройства, с одной стороны, являются примером применения BDD, а с другой – примерами использования языков HDL для разработки отдельных блоков проекта.

Данные устройства позволяют обеспечить базовую функциональность учебного стенда SDK 6.1 и реализовывать по образу и подобию более сложные устройства.

Созданные проектные файлы успешно используются в курсовом проектировании по дисциплине «Схемотехника ЭВМ» в качестве основы для студенческих проектов на учебном стенде SDK 6.1.

Литература

1. Алексей Логовский. Технология ПЛИС и ее применение для создания нейрочипов // Открытые системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2000/10/178242/>, свободный.
2. Altera Corporation [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.altera.com/>, свободный.
3. Научно-образовательное направление «Встроенные вычислительные системы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://embedded.ifmo.ru/>, свободный.
4. Суворова Е.А., Шейнин Ю.Е. Проектирование цифровых систем на VHDL. – С-Петербург: БХВ-Петербург, 2003. – 576 с.
5. Джон Ф. Уэйкерли Проектирование цифровых устройств. – М.: Постмаркет, 2002. – Том 1. – 544 с.
6. Джон Ф. Уэйкерли Проектирование цифровых устройств. – М.: Постмаркет, 2002. – Том 2. – 528 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ В КАЧЕСТВЕ РЕЗЕРВНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

Закиев. Р.Р., Попович М.Ю.
Читинский государственный университет
zna1@mail.ru

Согласно «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации» от 7 февраля 2008 г. к 2015 году должны быть достигнуты следующие контрольные значения показателей:

- уровень доступности для населения базовых услуг в сфере информационных и телекоммуникационных технологий – 100%;
- уровень использования линий широкополосного доступа на 100 человек населения за счет всех технологий: к 2010 году – 15 линий и к 2015 году – 35 линий;
- наличие персональных компьютеров, в том числе подключенных к сети Интернет, - не менее чем в 75% домашних хозяйств.

Достижения таких показателей требует резкого роста количества средств передачи, а именно различных линий связи. В связи с этим загруженность сетей будет увеличиваться, вследствие чего будут происходить сбои и неполадки основных сетей. Именно поэтому мы предлагаем внедрение в сети общего пользования резервные сети на основе технологии Free Space Optics (FSO).

В российской литературе FSO (Free Space Optics) чаще обозначается как атмосферные оптические линии связи (АОЛС). Эта технология основана на использовании атмосферы в качестве среды распространения светового излучения и позволяет передавать любые потоки данных на ограниченные расстояния. Аппаратура используемая АОЛС предназначена для применения на местных первичных сетях общего пользования взаимозвязанной сети связи РФ для передачи сообщений III класса на скорости – 2,048 Мбит/с. В состав аппаратуры входит встроенный мультиплексор позволяющий объединять в оптическом канале до 4 потоков E1. Основными особенностями данной технологии являются:

- отсутствие необходимости получать разрешение на частоты;
- нет необходимости получать технические условия для строительства;
- малая зависимость строительства сети от рельефа, на проектируемом участке;
- малая стоимость и короткие сроки строительства по сравнению с другими технологиями.

Основной недостаток АОЛС – зависимость доступности канала связи от погодных условий. Главные "враги" атмосферной оптической связи – это туман, смог, снег и другие факторы, снижающие видимость на трассе связи и определяющие статистику доступности беспроводного оптического канала связи.

Проанализировав все достоинства и недостатки данной технологии, можно сделать вывод, что АОЛС применима для организации на ее основе резервной локальной сети.

Проанализируем возможности применения АОЛС в Забайкальском крае. Забайкальский край - субъект Российской Федерации, входит в состав Сибирского федерального округа. Рельеф территории Забайкальского края формируют средневысотные горы, что затрудняет строительство и прокладку сетей или их ремонт в ряде случаев. Климат резко – континентальный. Средняя температура января составляет –20°C на юге и –37°C на севере, абсолютный минимум –64°C. Средняя температура июля составляет +15°C на севере до + 21°C на юге, абсолютный максимум +42°C, т.е. в нашем крае возможно использование аппаратуры АОЛС.

Объектом для проверки применимости технологии АОЛС в качестве резервной линии связи в Забайкальском крае нами был выбран Читинский государственный университет (ЧитГУ). В состав университета входят восемь институтов находящихся на значительном расстоянии друг от друга. Корпоративная сеть ЧитГУ реализована по технологии Ethernet.

На участке связи институт технологических и транспортных систем (ИТТС) – горный институт (ГИ) мы организуем резервную локальную сеть по технологии FSO. Участок связи представляет собой два здания, находящихся на расстоянии 250 м. В каждом из институтов имеется локальная вычислительная сеть (ЛВС). Для организации резервной линии устанавливаем на крышах зданий в пределах прямой видимости приемо-передающие модули. При этом при монтаже ППМ учитываем его технические особенности, производим их юстировку, т.е. наведение друг на друга. Далее каждый из ППМ подключаем к серверу, который подключен к ЛВС института.

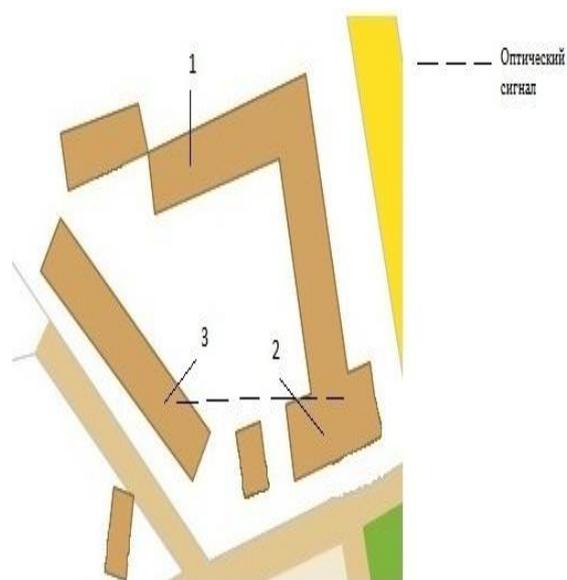


Рис. 1. Участок связи ИТиТС-ГИ, соединённый по типовой схеме «точка-точка»: 1-Институт Социальных и Политических систем (ИСиПС); 2-Институт Технологических и Транспортных систем (ИТиТС); 3- Горный институт (ГИ).

Надежность связи АОЛС сильно зависит от климатических особенностей региона.

Таблица 1. Значения вероятности связи

Месяц	Время t	Sm, км	$F(S_m)$	Вероят-ть связи P, %
Сент.	43200	19,7	0,000456	0,99954
Окт.	44640	19,3	0,000432	0,99956
Ноя.	43200	18,4	0,000426	0,99957
Дек.	44640	18	0,000403	0,99959
Янв.	44640	17,8	0,000399	0,9996
Февр.	40752	18,2	0,000447	0,99955
Март	44640	18,8	0,000421	0,99957
Апр.	43200	19,5	0,000451	0,99954
Май	44640	20,7	0,000464	0,99953
Июнь	43200	21,3	0,000493	0,9995

Для определения доступности линии связи с заданной длиной необходимо знать вероятность того, что величина потерь мощности сигнала, вызванная аэрозольным рассеянием, не превысит значение динамического диапазона D_L системы. Значения вероятности связи от связи

$$D_l = e^{L \cdot \ln\left(\frac{\varepsilon}{S_m}\right)}$$

где ε – порог контрастной чувствительности глаза ($\varepsilon = 0.05$);

S_m – метеорологическая дальность видимости.

Вероятность связи АОЛС определяется по следующему формуле:

$$P = 1 - F(S_m)$$

где $F(S_m)$ определяется по формуле:

$$F(S_m) = \frac{S_{\text{мнед}}}{t}$$

где t – время измерений.

Согласно результатам расчетов, работоспособность АОЛС на данном участке связи будет нарушаться примерно в течение 8,5 часов за год.

Таким образом, технология FSO применима для организации резервных локальных линий. Перспективой развития этой технологии в Забайкальском крае может служить организация связи на более масштабные расстояния. Так, в будущем планируется проектирование внутренней резервной локальной сети Читинского государственного университета.

Литература

1. Гауэр Д. Оптические системы связи. – М.: Высшая школа, 1989. – 267 с.
2. Кулик Т.К., Прохоров Д.В., Сумерин В.В., Хюппенен А.П. Особенности применения оптических линий связи // Лазер информ. – 2001. – вып. 9-10. – С. 1-6
3. Кулик Т. К., Прохоров Д.В. Методика сравнительной оценки работоспособности лазерных линий связи //Технология и средства связи. – 2000. – № 6. – С. 8-18

РАЗРАБОТКА ИНФРАКРАСНОГО ДАТЧИКА ПРЕПЯТСТВИЙ

С.В. Батяшов

Томский политехнический университет
chuck_almighty@sibmail.com

Введение

Датчики, определяющие наличие объекта или расстояния до него занимают центральное место в автоматизированных сборочных производствах, линиях по розливу и упаковке продуктов. Кроме того, датчики препятствий могут использоваться для навигации мобильных роботов и в охранных системах.

В отличие от датчиков, использующих излучение радиодиапазона или ультразвуковых систем, инфракрасные (ИК) датчики являются достаточно дешевыми и простыми в сборке устройствами, подходящими для решения несложных задач, не требующих высокой точности и дальности обнаружения. Принцип действия такого устройства основан на обнаружении препятствий по отраженному от них свету. Зона перед датчиком освещается некоторым источником света, в данной работе это диод, излучающий в инфракрасном спектре, а фотодатчик меряет уровень освещенности. При появлении препятствия уровень освещенности фотодатчика повышается из-за отражения света от препятствия, изменение освещенности фиксируется датчиком и свидетельствует о наличии преграды. Для выполнения представленной работы были поставлены следующие задачи: изучение вопроса по литературным источникам, подбор элементной базы для сборки микросхемы, разработка и отладка управляющей программы.

Структура датчика

Устройство состоит из трех основных элементов (рис. 1): передатчика(2), излучающего с определенной частотой на определенной длине волны, приемника(3), получающего отраженный от преграды сигнал. Главным звеном является микроконтроллер(1), к которому подключаются все элементы, с помощью которого генерируется сигнал нужной частоты и анализируются данные, полученные от приемника. В качестве передатчика был выбран диод, излучающий в инфракрасном спектре. Необходимо подбирать фотодиод определенной мощности и направленности излучения. Так, чем больше мощность излучения передатчика, тем больше вероятность правильности приема сигнала. Направленность излучения также должна выбираться оптимальной, чтобы исключить попадание в область действия датчика нежелательных объектов. Также для диодов рекомендуется применять светонепроницаемые тубусы, которые будут ограничивать пучок ИК-лучей в нежелательных направлениях.

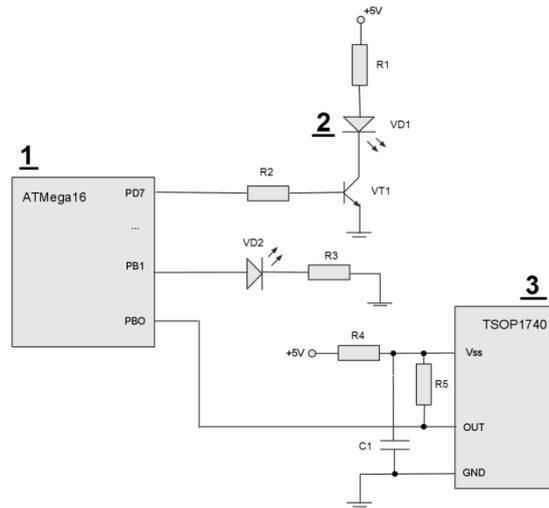


Рис.1. Принципиальная схема датчика

В качестве приемника используется элемент TSOP1740 (номер 3 на рис.1). Он представляет собой фотодиод, совмещенный с интегральной микросхемой. Микросхема выполняет функции автоматического регулирования уровня, усиления принимаемых ИК фотодиодом команд, что обеспечивает высокую чувствительность. Микросхема обеспечивает и приведение уровня выходного сигнала к уровням ТТЛ и КМОП микросхем. Фотодиод и микросхема имеют внутренний экран. Корпус фотоприемника выполнен из черной пластмассы, представляющей собой светофильтр высокой прозрачности для инфракрасного излучения с длиной волны 950 нм. Это обеспечивает защиту от внешних засветок других спектральных диапазонов. Используемый приемник работает на несущей частоте 40 кГц, т.е. наиболее эффективно принимает импульсы этой частоты или близкие к ней. Структурная схема приемника представлена на рисунке 2.

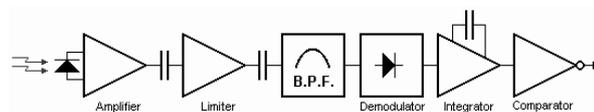


Рис.2. Структурная схема приемника TSOP1740

Приемник ИК сигнала выполнен на ИК фотодиоде. Сигнал с него усиливается и ограничивается на первых двух стадиях. Ограничитель добивается постоянного уровня импульса, несмотря на расстояние до объекта. Через разделительный конденсатор переменный сигнал идет на полосовой фильтр (BPF). Полосовой фильтр настроен на несущую частоту приемника 40 кГц. Следующие блоки – это детектор, интегратор и компаратор. Задача этих трех блоков определить наличие частоты модуляции в сигнале. Если она

присутствует, то на выходе компаратора устанавливается низкий уровень.

Для повышения защиты устройства от фоновой засветки и помех рекомендуется излучать свет не непрерывно, а в виде последовательности импульсов. Если уровень сигнала с фотодатчика одинаков при включенной и при выключенной подсветке, то препятствие отсутствует. Если же в момент импульса подсветки сигнал с приемника заметно выше, чем во время паузы, то, с большой вероятностью, это вызвано наличием препятствия. В то же время, при отдельных импульсах возможны ложные срабатывания, а если давать импульсы непрерывно, то датчик начнет реагировать, к примеру, на солнечный свет или излучение люминесцентных ламп. Сигнал должен отвечать следующим требованиям:

1. частота излучаемого сигнала должна быть как можно ближе к несущей частоте приемника (для выбранной модели 40 кГц).
2. в наборе должно быть 10 или более импульсов.
3. за каждым набором от 10 до 70 импульсов должна следовать пауза длительностью не менее 14 импульсов.

Дальность обнаружения препятствий зависит от точной генерации излучаемого сигнала, мощности излучения светодиодов и особенностей поверхности обнаруженного препятствия (цвет, фактура, материал). Светлый объект с высокими отражающими свойствами может быть обнаружен и с более дальнего расстояния.

Основой датчика является 8-разрядный микроконтроллер семейства AVR – ATmega16 (номер 1 на рис.1). Данный микроконтроллер используется для генерации импульсов для излучателя, а также для обработки данных, полученных от приемника. Для генерации частоты 40 кГц используется одно из периферийных устройств микроконтроллера: 8-разрядных счетчик-таймер.

Регулировка и настройка устройства

Чувствительность датчика зависит от многих факторов и, соответственно, их можно в той или иной степени использовать для ее настройки. Прежде всего, чувствительность детектора зависит от типа ИК-излучателя и тока через него. Ток, текущий через излучатель, определяется параметрами транзистора VT1 и сопротивлением резистора R1 (рис. 1). Таким образом, меняя

сопротивление резистора можно менять и чувствительность.

Если напряжение в цепи резистор R1 – VT1 – VD1 не стабилизируется специально (как в данной схеме), то ток через излучатель будет зависеть от напряжения питания схемы. Следовательно, если необходимо получить достаточно точные пределы срабатывания, то напряжение на ИК-диоде нужно стабилизировать.

Заключение

В ходе выполнения работы были решены следующие задачи: изучены принципы работы отдельных элементов, входящих в устройство, подобрана элементная база для сборки микросхемы, разработана и отлажена программа для микроконтроллера, отвечающая за генерацию импульсов для излучателя и обработку сигналов от приемника. Разработанный инфракрасный датчик может определять наличие преград на некотором расстоянии, определяемом мощностью используемого ИК-диола, значением сопротивления, включенного последовательно с диодом, а также от свойств материала, от которого отражается сигнал. Недостатком данного устройства является невозможность определения расстояния до объекта, так как пределы срабатывания устанавливаются заранее при настройке устройства. Датчик может быть использован для решения несложных задач, не требующих высокой точности и дальности обнаружения, например в автоматизированных сборочных производствах для определения наличия объекта на определенной позиции.

Литература

1. Хрулев А.К., Черепанов В.П., Савельев Ю.Н. Диоды и их зарубежные аналоги. Справочник. В 3 т. Т. 3. – М.: ИП РадиоСофт, 2000. – 704 с.: ил.
2. Всё об ИК-приёмнике "TSOP". [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.myrobot.ru/wiki/index.php?n=Components.TSOP>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Модуль ИК-датчика на основе TSOP2136. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://robozone.su/2008/04/09/page,1,2,modul-ik-datchika-na-osnove-tsop2136.html>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Стенд «ИК-бампер». [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://railab.ru/begin/labrab/mIRBumper.htm>, свободный. – Загл. с экрана.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНХРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ В Г. ВЛАДИВОСТОКЕ

Ломакин А.Ф., Школьный С.И

Дальневосточный Государственный Технический Университет
nimagt@gmail.com

Базовые принципы и новые подходы к планированию сетей цифрового наземного вещания DVB-T достаточно подробно представлены в [1-5]. Однако в них недостаточно, или совсем не учтены задачи оптимизации сетей, возникающие при распространении радиоволн в условиях сложного рельефа местности, к которым относится г. Владивосток.

Технический рапорт ETSI 101190 устанавливает рекомендуемые уровни напряженности электромагнитного поля при цифровом вещании в зависимости от типа приема: фиксированного, портативного или подвижного. Так, например, для условий портативного приема при параметрах вещания 64 QAM, guard-интервал 1/4, FEC 3/4 нормируемый уровень сигнала на границе зоны качественного приема должен быть не ниже 83 дБ(мкВ/м) (на антенну на высоте 10 м с усилением 2,4 dbi). Данное обстоятельство становится определяющим при оценке параметров проектируемых сетей DVB-T вещания в местностях со сложным рельефом и плотной городской застройкой, к которым относится территория г. Владивостока и его пригороды. Очевидно, что в подобных условиях создание зон уверенного портативного приема (прием на малогабаритную комнатную или наружную антенну) задача не простая и может быть обеспечена только специальными методами в виде организации одночастотных сетей DVB-T вещания.

Для оценки оптимальной мощности цифрового передатчика для зоны обслуживания города Владивостока и прилегающих районов, с использованием модели Лонгли-Райса проведены расчеты зон покрытия с учетом типа подстилающей поверхности, климатических условий места, параметров передающего устройства и исследуемого сигнала. Исходные данные для определения зоны обслуживания цифрового наземного телевидения в стандарте DVB-T в г. Владивосток:

Частота вещания: 37 телевизионный канал, 598-606 МГц

Высота подвеса антенны: 195 метра

Передающая антенна: панели Kathrein с усилением 6,3 Дбi

Поляризация: горизонтальная.

Параметры сигнала DVB-T: модуляция - 64 QAM, относительный защитный интервал - 1/4, FEC - 3/4, битрейт на выходе - 22,39 Мбит/с

Условия приема сигнала: 95% по месту, 95% по времени.

Расчёты проводились для мощностей передатчика 200 Вт, 500 Вт, 1 кВт, 2 кВт, 5кВт. Для проведения расчетов была использована цифровая карта города Владивостока с пространственным разрешением 90 метров.

Анализ результатов расчетов показал, что оптимальная мощность телевизионного передатчика обеспечивает необходимую зону обслуживания составляет 2 кВт, а необходимый расчетный уровень сигнала в 83 дБ отмечается в зоне радиусом 15 км. Вместе с тем видно, что внутри зоны покрытия существует несколько участков тени, обусловленных дифракционными потерями вызванных сложным рельефом города. На этих участках качественный прием ухудшен, а в некоторых случаях и невозможен. Такими «зонами тени» являются густонаселенные районы города: улица Выселковая, район бухты Тихой (улицы Космонавтов, Беляева, Добровольского), район бухты Диомид (улицы Херсонская, Калинина), Стрелковая падь (улицы Стрелковая, Невельского, Каплунова), парк Минный городок. Кроме этого, практически вся пригородная зона города – районы Седанки, Санаторной, Сад-города, п. Угловое попадает в зону с недостаточным уровнем сигнала.

Таким образом, результаты модельных расчетов показывают, что при планировании цифрового телевидения DVB-T в режим портативного приема нет возможности покрыть территорию г. Владивостока вещанием с одного передатчика. Оптимальная мощность передатчика для качественного приема цифрового телевидения должна быть не ниже 2 кВт, при условии установки дополнительных ретрансляторов и организации одночастотных сетей вещания.

Наиболее эффективным способом, обеспечивающим равномерное покрытие сигналом, является использование одночастотных синхронных сетей в стандарте DVB-T. В системе DVB-T используется метод разделения последовательного цифрового потока на большое число параллельных потоков, каждый из которых передается на отдельной несущей – метод OFDM.

В общем виде в аналитической форме сигнал может быть представлен в виде [7]:

$$S(t) = \sum_{k=1}^N A_k \cos 2\pi k f t + \sum_{k=1}^N B_k \sin 2\pi k f t$$

где:

A_k , B_k – информационные параметры, которые представляют собой случайные значения координат

точек кодирования в пространстве сигналов при модуляции вида 64 КАМ и др.;

$k=1, \dots, N$, где N – общее число гармонических несущих;

f – разнос по частоте между гармоническими несущими.

При OFDM временной интервал символа каждого субпотока T_z делится на две части – защитный интервал T_s , в течение которого оценка значения символа в декодере не производится, и рабочий интервал символа T_r , время, за которое принимается решение о значении принятого символа. Длительность защитного интервала T_z выбирается от 1/4 до 1/32 длительности полезной части символа OFDM. Длительность защитного интервала необходимо выбирать исходя из максимального расстояния R между двумя наиболее отдаленными передатчиками, работающими в данной SFN сети:

$$\Delta T = \frac{R}{0,3}$$

где 0,3 – коэффициент, имеющий размерность км/мкс.

Таблица 1. Зависимость расстояния между передатчиками от длительности защитного интервала.

Длительность рабочего символа T_r , мкс	896			
	1/4	1/8	1/16	1/32
Относительная длительность защитного интервала T_z / T_r	1/4	1/8	1/16	1/32
Длительность защитного интервала T_z , мкс	224	112	56	28
Максимальное расстояние между передатчиками в синхронной сети, км	67,2	33,6	16,8	8,4

С учетом демографической ситуации г. Владивостока для планирования синхронной сети предлагается установка основного передатчика, расположенного на сопке Орлиной дополнительно пяти ретрансляторов:

1. Передатчик, расположенный на полуострове Де-Фриз мощностью 200 Вт и высотой подвеса антенны 30 м. Расстояние от данного передатчика от основной станции составляет 30 км. Так как этот передатчик расположен наиболее удаленно от основной станции, поэтому защитный интервал в планируемой синхронной сети должен составлять 1/4 (см. Табл. 1). Обязательна синхронизация данного передатчика.
2. Передатчик, расположенный на острове Русский, мощностью 100 Вт и высотой подвеса антенны 10 м с обязательной синхронизацией данного передатчика.

3. Передатчики-ретрансляторы в зонах теней, мощностью до 5 Вт, расположенные в низине и потенциально не создающие помеху приему основной станции. Возможно их использование в режиме gap filler. Расчеты показывают, что при уровне принимаемого сигнала в зоне тени в 67 дБ(мкВ/м), выходная мощность ретранслятора (при изоляции 80 дБ между передающей и приемной антенной) может составить 2 Вт, что вполне достаточно для создания требуемого уровня сигнала в проблемном участке.

Анализ рассчитанной зоны обслуживания в случае использования основного дополнительно пяти передатчиков-ретрансляторов показывает, что внутри зоны обслуживания распределение напряженности поля имеет более равномерный характер, что существенно, кардинальным образом уменьшает теневые зоны в районах г. Владивостока и его пригородов. Естественно, точную конфигурацию сети можно будет определить только на основе натуральных измерений уровня сигнала в проблемных зонах при вводе в строй основного передатчика. Однако планирование сети на этом предварительном этапе, основанном на модельных расчетах позволяет существенно сократить расходы на полевые испытания, и возможные расходы, связанные с неправильным расположением передатчиков в зоне приема цифрового наземного телевидения DVB-T.

Литература

1. Сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ вещания / [Локшин М.Г., Шур А.А., Кокорев А.В., Краснощеков Р.А.]. – М. : Радио и связь, 1988. – 144 с.
2. Песков С.Н. Рекомендации по внедрению DVB эфирного вещания / С. Н. Песков, И. А. Колпаков // Телеспутник. – 2007. – № 2. – С. 32 – 35.
3. Локшин М.Г. Проблемы построения наземных сетей цифрового телевидения / М.Г. Локшин // Электросвязь. – 2007 – № 3. – С. 27 – 29.
4. Рекомендация МСЭ-Р ВТ.1368-6. Критерии планирования для услуг наземного цифрового телевидения в диапазонах ОВЧ/УВЧ. – Женева, МСЭ, 2006.
5. Справочник по ЦНТВ. Цифровое наземное телевизионное вещания в диапазонах ОВЧ/УВЧ. МСЭ. Женева. 2002
6. "NTIA Report": G. A. Hufford, A. G. Longley, and W. A. Kissick, "A guide to the use of the ITS irregular terrain model in the area prediction mode," NTIA Rep. 82-100, Apr. 1982.
7. Лапин В.А. Оптимизация модели планирования внедрения одночастотной синхронной сети системы DVB-T для режима подвижного приема / В. А. Лапин, Д. А. Маковеев // Цифровые технологии. – 2008. – № 3. – С. 22 – 30.

СЕКЦИЯ 2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭРМИТОВЫХ КУБИЧЕСКИХ СПЛАЙНОВ

Губская М.М., Шумилов Б.М.
Томский Государственный Университет
mary_rus@sibmail.com

Вейвлетом называется маленькая, т.е. быстро затухающая волна, множество сжатий и смещений которой порождает пространство ограниченных функций на всей числовой оси [1]. Отправной точкой для построения вейвлет-преобразования является набор вложенных пространств ... $V_{L-1} \subset V_L \subset V_{L+1}$ Для случая эрмитовых кубических сплайнов пространство V_L является пространством сплайнов степени 3 гладкости C^1 на отрезке $[a, b]$ с равномерной сеткой узлов $\Delta^L: u_i = a + (b-a) i / 2^L$, $i = 0, 1, \dots, 2^L$, $L \geq 0$, и базисными функциями $N_{i,k}^L(v) = \varphi_k(v-i)$, $k = 0, 1 \forall i$, где $v = 2^L(u-a)/(b-a) + 1$, с центрами в целых числах, порожденными сжатиями и сдвигами двух масштабирующих функций вида (рис. 1):

$$\varphi_0(t) = \begin{cases} t^2(3-2t), & 0 \leq t \leq 1, \\ (2-t)^2(2t-1), & 1 \leq t \leq 2, \\ 0, & t \notin [0,2]; \end{cases} \quad \varphi_1(t) = \begin{cases} t^2(t-1), & 0 \leq t \leq 1, \\ (2-t)^2(t-1), & 1 \leq t \leq 2, \\ 0, & t \notin [0,2]. \end{cases}$$

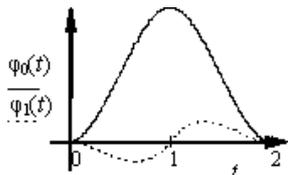


Рис. 1. Графики масштабирующих функций $\varphi_0(t)$, $\varphi_1(t)$

С использованием вейвлет-преобразования функция в пространстве V_L проецируется на два подпространства, V_{L-1} и W_{L-1} . При этом «более грубый» уровень представления функции в V_{L-1} получается из «более подробного» уровня представления функции в V_L посредством прореживания (удаления каждого второго, как правило, отсчета). Здесь необходимо лишь, чтобы каждая базисная функция в V_{L-1} могла быть выражена в виде линейной комбинации базисных функций в V_L [2]:

$$\varphi_0(t) = \varphi_0(2t-1) + \frac{1}{2}(\varphi_0(2t) + \varphi_0(2t-2)) + \frac{3}{4}(\varphi_1(2t) - \varphi_1(2t-2)), \quad (1)$$

$$\varphi_1(t) = \frac{1}{2}\varphi_1(2t-1) - \frac{1}{8}(\varphi_1(2t) + \varphi_1(2t-2) + \varphi_0(2t) - \varphi_0(2t-2)) \quad 0 \leq t \leq 2.$$

В отличие от классических вейвлетов, в [3] были найдены «материнские» вейвлеты вида (рис. 2):

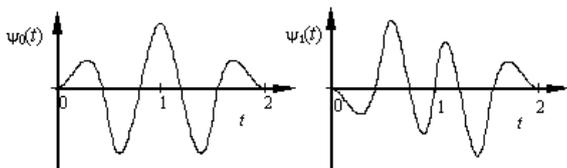


Рис. 2. Вид симметричного и несимметричного «материнских» вейвлетов $\psi_0(t)$, $\psi_1(t)$

$$\begin{aligned} \psi_0(t) &= -2\varphi_0(2t) + 4\varphi_0(2t-1) - 2\varphi_0(2t-2) - 21\varphi_1(2t) + 21\varphi_1(2t-2), \\ \psi_1(t) &= \varphi_0(2t) - \varphi_0(2t-2) + 9\varphi_1(2t) + 12\varphi_1(2t-1) + 9\varphi_1(2t-2), \end{aligned} \quad (2)$$

для которых удовлетворяются условия ортогональности относительно скалярного произведения с производными:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \varphi_k'(x-i)\psi_l'(x-j)dx = 0 \forall i, j \text{ и } k, l = 0, 1.$$

Очевидно, что носитель данных вейвлетов меньше носителей обычных эрмитовых кубических сплайн-вейвлетов $[0, 2] \subset [0, 3]$. Запишем базисные сплайн-функции на данном уровне L в виде единой матрицы-строки, $\Phi^L = [N_{0,0}^L, \dots, N_{n^L,1}^L]$, и будем собирать коэффициенты сплайна в вектор, $\bar{C}^L = [\bar{C}_0^{L,0}, \dots, \bar{C}_{n^L}^{L,1}]$. Тогда кубический эрмитов сплайн может быть представлен как

$$\bar{\gamma}^L(u) = \Phi^L \bar{C}^L.$$

По аналогии, запишем базисные вейвлет-функции на данном уровне L в виде единой матрицы-строки, $\Psi^L = [M_{0,0}^L, \dots, M_{n^L,1}^L]$, где $M_{i,k}^L$ являются базисными эрмитовыми кубическими вейвлетами $\psi_0(u), \psi_1(u)$, определенными последовательностью узлов u , и будем собирать соответствующие коэффициенты вейвлет-разложения в вектор, $\bar{D}^L = [\bar{D}_0^{L,0}, \dots, \bar{D}_{n^L}^{L,1}]$. Для сетки Δ^{L-1} , $L \geq 1$, можно записать функции φ^{L-1} и ψ^{L-1} в виде линейных комбинаций функций φ^L , $\varphi^{L-1} = \Phi^L P^L$ и $\psi^{L-1} = \Phi^L Q^L$, где блоки матрицы P^L составлены из коэффициентов соотношения (1), так как каждую широкую базисную функцию можно построить из трех пар узких базисных функций, тогда как блоки матрицы Q^L – из коэффициентов соотношения (2).

Тогда вейвлет-восстановление коэффициентов эрмитового кубического сплайна может быть записано как $\bar{C}^L = P^L C^{L-1} + Q^L D^{L-1}$ 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). При этом матрицу $[P^L | Q^L]$ следует сделать ленточной, просто изменив порядок ее столбцов так, чтобы столбцы обеих матриц перемежались. Тем не менее, хотя разрешимость полученной системы и гарантирована линейной независимостью базисных функций, вопрос ее хорошей обусловленности остается

открытым. Поэтому при вычислениях будем использовать итерационные методы с предобуславливателем, реализованные на кластере ТГУ в составе пакета PETSc [4]. Для обеспечения межпроцессорных обменов в пакете используется стандарт MPI. Второй способ состоит в том, что существуют две независимые трехдиагональные системы уравнений со строгим диагональным преобладанием для отыскания коэффициентов вейвлет-разложения. Тогда для распараллеливания решения задачи на многоядерных процессорах привлекается технология OpenMP.

Пример

Рассмотрим в качестве тестовой функции функцию Хартена [5]:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} \sin(3\pi x), & x \leq \frac{1}{3}, \\ |\sin(4\pi x)|, & \frac{1}{3} < x \leq \frac{2}{3}, \\ -\frac{1}{2} \sin(3\pi x), & x > \frac{2}{3}. \end{cases}$$

Это кусочно-гладкая функция, имеющая разрывы первого рода в точках $x=1/3$ и $2/3$ и угол (разрыв первой производной) в точке $x=1/2$. Ее производная – также кусочно-гладкая функция:

$$f'(x) = \begin{cases} \frac{3}{2} \pi \cos(3\pi x), & x \leq \frac{1}{3}, \\ -4\pi \cos(4\pi x), & \frac{1}{3} < x \leq \frac{1}{2}, \\ 4\pi \cos(4\pi x), & \frac{1}{2} < x \leq \frac{2}{3}, \\ -\frac{3}{2} \pi \cos(3\pi x), & x > \frac{2}{3}. \end{cases}$$

На рис. 3 представлены результаты реконструкции вейвлет-анализа интерполяционного эрмитового кубического сплайна $S_3(t)$ с числом разбиений $n = 2^L$ на интервале $0 \leq x \leq 1$ при условии точного вычисления производных. Здесь и далее длина шага $\Delta x = 1/n$, где верхний уровень разрешения $L = 5$, то есть $n = 32$, сплошной линией обозначается исходная функция. На рис. 4 представлены аналогичные результаты реконструкции вейвлет-анализа эрмитового кубического сплайна $S_3(t)$ при условии численного вычисления производных. При этом выброс на месте разрыва производной приобретает симметричный вид.

Сравнение с результатами вычисления по локальным формулам [5] (для «ленивых» вейвлетов) показывает, что графики для обоих типов вейвлетов выглядят совершенно одинаково, однако для локальной схемы обнуляется вейвлет-коэффициент функции на самом нижнем уровне разрешения, тогда как для нелокальной схемы становятся малыми центральные из вейвлет-коэффициентов производных на верхнем уровне разрешения. При этом становится малым большее число вейвлет-коэффициентов, так что эффект сжатия выше.

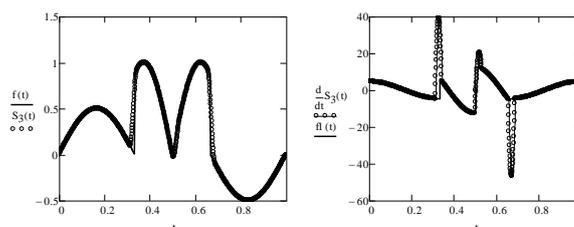


Рис. 3. Графики вейвлет-реконструкции эрмитового кубического сплайна при условии точного вычисления производных

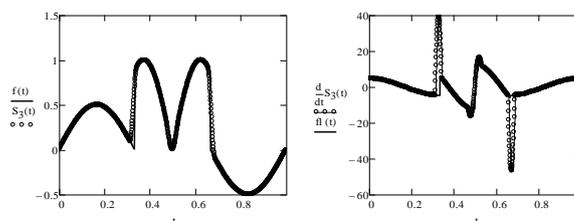


Рис. 4. Графики вейвлет-реконструкции эрмитового кубического сплайна при условии численного вычисления производных

Представленные схемы построения эрмитовых кубических сплайн-вейвлетов с уменьшенным носителем и получения для них трехдиагональных соотношений разложения могут быть распространены и на сплайны более высокой степени [6] и предоставляют широкие возможности для создания эффективных параллельных алгоритмов построения и использования эрмитовых сплайн-вейвлетов.

Список литературы

1. Столиц Э., ДеРоуз Т., Салезин Д., Вейвлеты в компьютерной графике: Пер. с англ. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 272 с.
2. Neil C., Strang G., Strela V. Approximation by translate of refinable functions // Numer. Math., 1996. v. 73, p. 75-94.
3. Jia R.-Q., Liu S.-T. Wavelet bases of Hermite cubic splines on the interval // Advances Computational Mathematics, 2006. v. 25. p. 23-39.
4. Высокопроизводительные вычисления на кластерах: Учебн. Пособие/ Под ред. А.В. Старченко. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – 198 с.
5. Arändiga 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.
6. Турсунов Д.А., Шумилов Б.М., Эшаров Э.А., Турсунов Э.А. Новый тип эрмитовых мультивейвлетов пятой степени // Пятая Сибирская конференция по параллельным и высокопроизводительным вычислениям: Программа и тезисы докладов (1-3 декабря 2009 года). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009, с. 57-58.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МИНИМИЗАЦИИ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

Лощухина Т.Е., Огородов С.В.
Томский политехнический университет
tosik8989@mail.ru

Введение

Построение цифровых автоматов, интегральных схем и других цифровых систем производится только при хорошо продуманной и собранной комбинационной схеме, основанной на оптимизированной булевой функции. В большинстве случаев реализации препятствует ряд условий и критериев, которым должна отвечать хорошо спроектированная комбинационная схема. Схема считается продуманной и грамотной только при совершении минимального числа возможных операций при заданных параметрах. Это условие достижимо при помощи свёртки исходной булевой функции.

Постановка задачи для анализа

В данной работе будут рассмотрены следующие методы свёртки булевых функций:

- Метод Куайна
- Метод сочетания индексов
- Карта Карно

Из представленного выше списка впоследствии потребуется выявить уместность использования того или иного метода, так как условия, наложенные контекстом поставленной цели могут сильно отличаться и эффективность одного метода для конкретного типа задач могут быть совсем непригодны для условий другого характера.

Оценка для метода Куайна

Метод отличается своей простотой и универсальностью. Однако ввиду того, что от длины вектора чаще всего зависит число импликант, затраты вычислительных мощностей метода значительно возрастает по той причине, что в логике Буля действует закон идемпотентности, позволяющий одну и ту же импликанту склеивать с другими многократно. При этом склеивание конъюнкций ведётся с разностью равной единице по Хэммингу. После остановки первого этапа, а именно момента, когда склеивание прекращено в связи с отсутствием такого набора импликант, решение задачи минимизации продолжается уже по таблице Куайна. Таблица строится таким образом, что значением столбцов является упорядоченный набор импликант, задающий исходную булеву функцию, значением строк таблицы - набор импликант, получившийся в результате минимизации. В ячейке на пересечении столбца, значение которого покрывается значением строки, ставится 1. После заполнения таблицы выбирается её оптимальное покрытие по термам, указанным в строках, исключая избыточные единицы. На этом метод Куайна считается завершённым. Сложность программной реализации состоит в алгоритмизации

процесса склеивания импликант и решения задачи минимального покрытия по таблице Куайна.

Оценка метода сочетания индексов

Для описания данного метода нужно построить таблицу, столбцами которой являются все возможные наборы импликант, вне зависимости от участвующих в них переменных. Как правило, длина импликант убывает справа - налево. После перебора всех возможных случаев добавляются ещё два крайних столбца: правый, задающий булеву функцию, и левый, указывающий номер импликант построчно. После построения таблицы, не принимая во внимание столбец, в котором импликанта включает в себя все n переменных, переходим к соседнему столбцу с числом переменных в импликанте $(n - 1)$, двигаясь влево по таблице, до того момента, пока не спустимся к уровню, хранящему набор импликант с $(n - 2)$ числом переменных. Отбор импликант и запоминание их в текущей группе протекает, согласуясь со следующим утверждением, а именно в каждом столбце обязательно хранится конечное число совпадающих комбинаций, свойственных для данной конъюнкции. Будем рассматривать только те, которые задействованы в булевой функции, то есть на этой же строке в столбце, задающим булеву функцию указана единица. Если на данное значение импликант приходится все единицы, то мы запоминаем данную комбинацию для текущей группы, отмечая в ней отобранные импликанты. В противном случае, если хоть на одну указанную комбинацию текущей конъюнкции приходится нулевое значение столбца-функции, то данная комбинация на указанном наборе переменных больше не участвует в переборе. Притом для одного столбца достаточно иметь только одну комбинацию переменных. Руководствуясь установленным условием, проведём склеивание импликант, что приведёт к сокращению переменных и спуску к уровню с $(n - 3)$ числом переменных, результаты склеивания обозначаются на соответствующих позициях следующего уровня. В дальнейшем данный перебор уточняется вплоть до отсутствия смежных конъюнкций с разностью по Хэммингу равной 1. Окончательным видом булевой функции будет тот набор конъюнкций, на которых был остановлен спуск в следующую группу с числом $(n - m)$ переменных.

Трудоёмкость метода зависит только от числа переменных, являющихся входными параметрами, чем их больше, тем больше требуется памяти для хранения таблицы и запоминания позиций [1]. Однако работа только с индексами переменных,

значительно облегчает реализацию алгоритма для итогового программного продукта, а значит и оптимальность в плане программной реализации.

Оценка для метода «карта Карно»

Данный метод не применим для логических выражений, в которых задействовано более шести переменных, так как иллюстрация карты становится излишне громоздкой и неудобной для практического применения. Под словом «карта» понимается таблица в виде замкнутой прямоугольной области, содержащая 2^n клеток, причём каждая клетка находится на пересечении i -той строки и j -того столбца, где X_i и X_j соответствующие составные элементы n -местной логарифмической функции. Любая пара клеток, являющихся соседними по горизонтали или вертикали, а также любая пара клеток, расположенных симметрично карте по горизонтали или вертикали, соответствуют двоичным наборам, отличающимся значением лишь в одной переменной, то есть переменные в импликанте отличаются только одним разрядом. Двоичные наборы аргументов, которыми отмечены строки, а также столбцы (рис.1,а) образуют код Грея, в котором любая пара соседних кодов, а также последний и первый коды, различаются лишь в одном разряде. Поэтому карта Карно может быть представлена как некоторый цилиндр, образованный при склеивании левого и правого края таблицы или при склеивании нижнего и верхних краёв. Для второго случая построения строки и столбцы карты, соответствующие единичным переменным X_j , отмечаются чертой, то есть, если столбец или строка отмечена чертой, то значение переменной в данной строке или столбце равно 1, в противном случае – 0 (рис. 1,б).

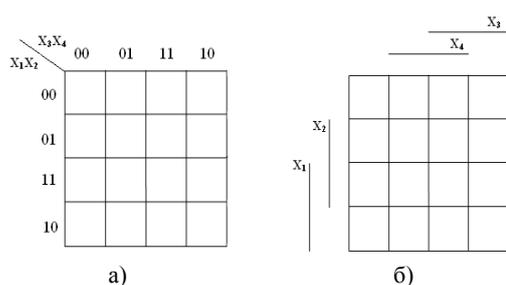


Рис. 1. Построение для первого (а) и второго (б) случаев

Как было отмечено выше, каждая клетка карты соответствует импликанте и равна 1, если данная импликанта входит в заданную логическую функцию, иначе значение клетки на

соответствующем наборе элементов равно 0. Согласно закону склеивания, каждые две смежные ячейки карты с единичными значениями можно объединить для получения соответствующей конъюнкции. Нужно помнить, что по указанным свойствам карты Карно смежными являются и те импликанты, которые находятся на границах таблицы. При этом согласно закону идемпотентности одна и та же единица может участвовать в склеивании с двумя или тремя смежными единицами.

Отмечая особенности данного метода, очевидно, что метод прост и удобен в визуальном практическом применении, при небольшом количестве составных элементов, однако его программная реализация складывается в весьма трудоёмкий процесс и указывает на неуместность метода в ряде случаев с числом входных параметров больше шести [2].

Сравнительный анализ указанных методов

По результатам обзора вышеперечисленных методов было выявлено, что наглядным и удобным на практическом применении является метод карты Карно, он более визуален и позволяет сразу выделить области смежных конъюнкций, результатом чего получится искомая минимизированная булева функция. Однако данный метод плохо подходит для реализации в программной среде из-за своей трудоёмкости и ограниченности списком составных элементов. Одинаковыми по трудоёмкости и удобству применения оказались метод Куайна и сочетания индексов. Несмотря на универсальность и доступность метода Куайна, данный метод не уступает в простоте реализации методу сочетания индексов, так как, ввиду наличия закона идемпотентности, сложность метода сводится к склейке отдельных конъюнкций для получения таблицы, которой задаётся минимальное достаточное покрытие искомой области. Метод сочетания индексов удобен по сравнению с остальными в том плане, что основной алгоритм его реализации построен на работе с индексами переменных и легко реализуется на любом из программных языков высокого уровня.

Литература

1. Акимов О.Е. Дискретная математика. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2003.
2. Аралбаев Т.З. Теория автоматов: методические указания к практическим занятиям для специальности 230101/Т.З.Аралбаев, И.В. Жукалина – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009 – 42 с.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ЧЕРЕЗ ПЕРЕКРЕСТОК

Заварзина В.В., Габдрахманов И.Н.
Ижевский Государственный Технический Университет
krllna@yandex.ru

Введение

На сегодня существует множество систем, предлагающих помощь автомобилю вычислить оптимальный путь между определенными точками пространства. Как правило, такие системы для поиска маршрута используют теорию графов и оптимальный путь, в данных системах, предполагает наименьшее расстояние, которое можно пройти. Куда более интересно узнать оптимальный путь с точки зрения наименьшего потенциального риска для автомобиля, а значит наиболее безопасного его движения. Тогда возникают вопросы: как определить и классифицировать риск, и как определить путь с минимальным риском.

Под потенциальным риском, или просто риском, будем понимать возможность возникновения ДТП. А, значит, главным риском для автомобиля являются другие автомобили. Следует заметить, что, если автомобиль движется прямо по дороге, то это менее рискованно, чем например, если бы этот же автомобиль совершал разворот на нерегулируемом перекрестке. Таким образом, следует определить степень потенциального риска для каждого маневра [1].

Риск движения автомобиля через перекресток

Рассмотрим перекресток, состоящий из дорог 1,2,3 и 4, схема которого представлена на рисунке 1. Будем считать, что рассматриваемый автомобиль расположен перед перекрестком на дороге 1. Сделаем допущение, что все автомобили движутся, не нарушая правила дорожного движения.

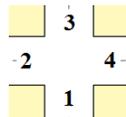


Рис. 1. Схема перекрестка

Обозначим s_2, s_3 и s_4 — количество машин (поток), расположенных на дорогах 2, 3 и 4 соответственно, а s_1 — количество машин, расположенных перед рассматриваемым автомобилем. P_l, P_r и P_s — вероятность, что автомобиль намеревается проехать налево, направо и прямо соответственно.

Определим два равновесных коэффициента: k_1 и k_2 , такие, что $k_1 > \sqrt{I_2}$. А также введем величину R_{ij} — риск возникновения ДТП рассматриваемого автомобиля, намеревающегося совершить маневр i (разворот, поворот налево, поворот направо, движение прямо) с другими автомобилями, расположенными на дороге j .

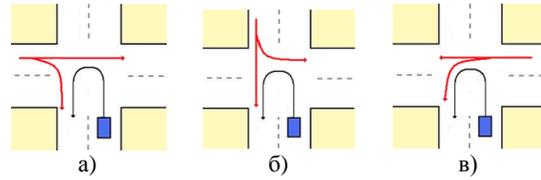


Рис. 2. Схема потенциально-опасных потоков для разворачивающегося автомобиля

Рассмотрим автомобиль, который намеревается совершить разворот на перекрестке. Определим риск автомобилей, приближающихся с дороги 2 (рис. 2 а):

$$R_{12} = k_1 s_2 P_{r2} + k_2 s_2 P_{s2}$$

Риск автомобилей, приближающихся с дороги 3 (рис. 2 б) можно представить как:

$$R_{13} = k_1 s_3 P_{s3} + k_2 s_3 P_{l3}$$

Ну и, наконец, автомобили, приближающиеся с дороги 4 (рис. 2 в) представляют риск:

$$R_{14} = k_1 s_4 P_{l4} + k_2 s_4 P_{s4}$$

Рассмотрим регулируемый перекресток. Разворот разрешен при зеленом сигнале светофора, при этом движение разрешено также потоку автомобилей, двигающихся с дороги 3. Также при перекрестке неравнозначных дорог, в случае, когда автомобиль располагается на главной дороге, наблюдается аналогичная картина. Таким образом, риск разворота при регулируемом перекрестке или перекрестке неравнозначных дорог, с расположением автомобиля на главной дороге составляет:

$$R = R_{13} = k_1 s_3 P_{s3} + k_2 s_3 P_{l3}$$

Если же перекресток — нерегулируемый, то необходимо учесть поток, приближающийся с дороги 4 (так как наш автомобиль обязан уступить машинам, приближающимся справа). И тогда общий риск составит:

$$R = R_{13} + R_{14}$$

Если автомобиль совершает поворот в соответствии зеленому сигналу светофора, расположенного в дополнительной секции, с учетом правила 13.5 «при движении в направлении стрелки, включенной в дополнительной секции одновременно с желтым или красным сигналом светофора, водитель обязан уступить дорогу транспортным средствам, движущихся с других направлений». Или при движении автомобиля на второстепенной дороге перекрестка неравнозначных дорог, риск составляет:

$$R = R_{12} + R_{13} + R_{14}$$

Аналогично определяем риск для поворота налево. Риск при регулируемом светофоре, а также при движении автомобиля на главной дороге перекрестка неравнозначных дорог составляет:

$$R = R_{23} = k_1 s_3$$

Если же перекресток – нерегулируемый, то общий риск составит:

$$R = R_{23} + R_{24}$$

И, наконец, если автомобиль совершает поворот в соответствии зеленому сигналу светофора, расположенного в дополнительной секции или при движении на второстепенной дороге на перекрестке неравнозначных дорог, то риск составляет:

$$R = R_{22} + R_{23} + R_{24} = k_1 s_3 + k_1 s_4 (P_{l4} + P_{s4})$$

Рассмотрим возможные риски при совершении поворота направо на перекрестке. В случае регулируемого перекрестка или при движении автомобиля на главной дороге риск составляет:

$$R = R_{33} = k_1 s_3 P_{l3}$$

Если же перекресток – нерегулируемый, то необходимо учесть поток, приближающийся с дороги 4. И тогда общий риск составит:

$$R = R_{33} + R_{34} = k_1 s_3 P_{l3} + k_2 s_4 P_{l4}$$

И, наконец, если автомобиль совершает поворот в соответствии зеленому сигналу светофора, расположенного в дополнительной секции или в случае расположения автомобиля на второстепенной дороге неравнозначного перекрестка, риск составляет:

$$R = R_{32} + R_{33} + R_{34}$$

Движение прямо. В случае регулируемого перекрестка риск движения при регулируемом светофоре составляет:

$$R = R_{43} = k_1 s_3 P_{l3}$$

Этот же риск имеет место при неравнозначном перекрестке и при расположении автомобиля на главной дороге.

Если же перекресток – нерегулируемый, то необходимо учесть поток, приближающийся с дороги 4 (так как наш автомобиль обязан уступить машины, приближающиеся справа). И тогда общий риск составит:

$$R = R_{43} + R_{44} = k_1 s_3 P_{l3} + k_1 s_4$$

И, наконец, если автомобиль совершает поворот в соответствии зеленому сигналу светофора, расположенного в дополнительной секции, то риск составляет:

$$R = R_{42} + R_{43} + R_{44}$$

Это же значение риска соответствует риску при расположении автомобиля на второстепенной дороге неравнозначного перекрестка.

Из вышесказанного получается, что по степени риска один и тот же маневр в различных ситуациях достаточно сильно различается.

Планирование пути с наименьшим риском

Любое движение автомобиля представляет собой совокупность определенных маневров. В то же время для того, чтобы совершить определенный

маневр, например, повернуть направо на перекрестке, необходимо преждевременно, если это необходимо, совершить перестроение. Отсюда следует, что наименее рискованный путь – есть путь с минимальным количеством опасных маневров.

Для того чтобы составить план [2] и определить путь с минимальным риском, предлагается представить дорожную сеть в виде ориентированного графа. Где ребра графа – это участки дороги, а вершины графа – ключевые развязки между этими участками (рис. 3).

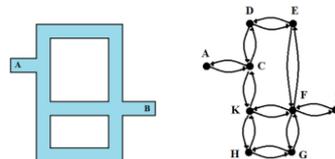


Рис. 3. Представление участка дороги в виде графа

Из данного рисунка видно, что из точки *A* попасть в точку *B*, можно тремя способами (*A-D-E-F-B*, *A-C-K-F-B* и *A-C-K-H-G-F-B*).

В данном графе вес каждого ребра равен не длине соответствующей дороги, а коэффициенту опасности, которая эта дорога представляет. В данном контексте следует учитывать не только вероятный риск от других автомобилей, но и от характера и состояния самой дороги (покрытие, видимость, ширина и т.д.), который, впрочем, пропорционален длине этой дороги.

Рассмотрим участок *FB*. Попасть на этот участок дороги возможно несколькими способами: повернуть направо с участка *GF*, проехать прямо с участка *KF*, повернув налево с участка *EF*. И как было определено выше, это имеет разное значение риска. И поэтому предлагается ввести вес вершин графа. Но, в отличие от ребер, значения веса вершины варьируется в зависимости от пар связывающих ее ребер. Значения веса вершин равен риску попадания из одного ребра в другое. Если же вершина принадлежит лишь одному ребру - она имеет нулевой вес.

Заключение

Таким образом, путь с минимальным риском предлагается определять при помощи использования ориентированного графа, вес вершин которого носит вариативный характер.

Литература

1. Wewerinke P.H., Model analysis of adaptive car driving behavior. Department of Applied Mathematics. University of Twente, 1996.
2. Choudhury C. F., Modeling Driving Decisions with Latent Plans. Massachusetts Institute of Technology, 2007.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТОВ ОСЛАБЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ АЭРОЗОЛЕМ

А.Д. Кырмыгенов, О.В. Шефер
Томский политехнический университет
rad@vtomske.ru

Атмосферные кристаллические образования оказывают существенное влияние на радиационные процессы, происходящие в атмосфере. Поэтому проблеме изучения оптических характеристик кристаллических облаков в современной науке уделяется большое внимание [1]. Она решается в рамках многих международных научно-исследовательских проектов, связанных с изучением атмосферы Земли и других планет. Дальнейшее повышение точности создаваемых моделей связано с преодолением многих трудностей, возникающих, в частности, при определении оптических характеристик для несферических частиц.

Одной из важнейших оптических характеристик является ослабление. Для определения ослабления выделяются два способа. Первый способ основан на интегрировании вектора Пойнтинга и делает акцент на законе сохранения энергии: экстинкция = рассеяние + поглощение. В частности, для отдельной частицы справедливо соотношение

$$S_{ext} = S_{abs} + S_{sc}$$

где S_{ext} – сечение ослабления, S_{abs} – сечение поглощения, S_{sc} – сечение рассеяния. В основе второго подхода лежит «гипотетический эксперимент» в результате, которого определяется ослабление. Этот способ акцентирует внимание на интерференционном аспекте экстинкции: экстинкция = интерференция между падающим и рассеянным в направлении вперед излучением [2]. Для оценки усредненного ослабления используют такую величину как фактор эффективности ослабления. Эта характеристика представляет собой нормированную величину сечения ослабления на площадь геометрической тени частицы в направлении распространения излучения.

Для исследования ослабления оптического излучения, прошедшего через хаотически ориентированные частицы, как правило, используют соотношение

$$S_{ext} = \frac{4 \cdot \pi}{k^2} \operatorname{Re}(S(0)) \cdot$$

Здесь S_{ext} – сечение ослабления, k – волновое число, $S(0)$ – амплитудная функция для рассеяния в направлении строго вперед (угол рассеяния $\vartheta=0$).

Для определения амплитуды рассеянного поля мелкодисперсной средой или совокупностью крупных, но хаотически ориентированных кристаллов, используют решение Ми [3]. Этот подход один из наиболее известных и представляет собой решение задачи рассеяния плоской волны на

сфере. Для мелких частиц фактор ослабления может существенно отличаться от 2 [1–3].

При расчете оптических характеристик для мягких частиц, показатель преломления которых близок к 1, используют, как правило, метод аномальной дифракции [1, 2]. Полное поле, рассеянное в направлении вперед, формируется в результате когерентного сложения дифракционного и рефракционного полей. При этом фактор ослабления осциллирует вокруг значения, равного 2. При построении моделей кристаллического облака следует учитывать, что показатель преломления ледяных частиц существенно отличается от 1, особенно при рассмотрении оптических характеристик в ИК диапазоне длин волн.

Учитывая взаимодействие поляризованного оптического излучения с преимущественно ориентированными кристаллами, для оценки сечений экстинкции используют выражение

$$S_{ext} = \frac{4 \cdot \pi}{k^2} \cdot \frac{\operatorname{Re}\{E \cdot A | \vartheta=0\}}{E^* \cdot E}.$$

Здесь E и A – векторные амплитуды соответственно падающего и рассеянного полей. На основе этой формулы были получены выражения для сечений ослабления крупными выпуклыми кристаллами (в частности, для гексагональных и прямоугольных столбиков и пластинок) [4]. Среди всех крупных атмосферных частиц полупрозрачные ориентированные пластинки выделяются тем, что для этой формы кристаллов фактор эффективности ослабления может принимать значения из наибольшего интервала от 0 до 4.

Для крупных полупрозрачных кристаллов поле, рассеянное в направлении вперед определяют, главным образом, дифракционным полем. В этом случае сечение ослабления равно удвоенной площади геометрической тени частицы в направлении распространения излучения [2]. Это возможно тогда, когда рефракционные пучки либо затухают внутри кристалла, либо при выходе существенно отклоняются от направления вперед. Такой подход обеспечивает вполне удовлетворительную точность, когда проводятся расчеты экстинкции для больших хаотически ориентированных кристаллов. При определении ослабления света ориентированными кристаллами, имеющими плоскопараллельные грани, следует учитывать соизмеримость дифракционного поля и поля рефракционных лучей, проходящих через частицу. В сечении пучка параллельных лучей, вышедших из кристалла, фаза волны постоянна. При этом метод физической оптики позволяет

естественным путем получить конечные амплитуды полей в направлении выхода пучков из кристалла. Единый подход в определении дифракционного и рефракционного полей позволяет сложить их когерентно. Следует заметить, что метод геометрической оптики ограничивает возможности корректно сложить эти поля [2]. Численное исследование, проведенное нами в рамках метода физической оптики, показало, что для ориентированных кристаллов с плоскопараллельными гранями фактор эффективности ослабления может быть отличен от 2.

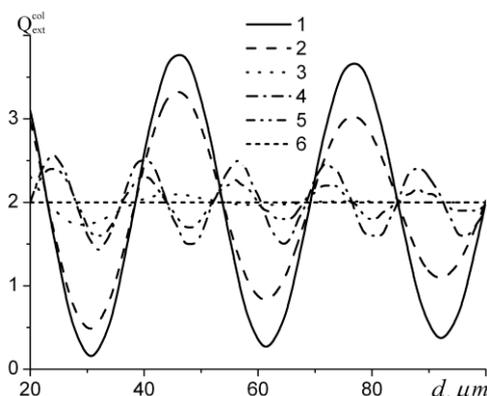


Рис. 1. Зависимость фактора эффективности ослабления от толщины кристалла при его различных значениях показателя поглощения $I_2/I_1, \gamma=0^\circ, \alpha=0^\circ, l=500 \mu\text{m}, \beta=60^\circ, \lambda=10.6 \mu\text{m}, n=1.31$ для прямоугольного столбика: 1- $\chi=10^{-4}$, 2- $\chi=10^{-2}$, 3- $\chi=10^{-1}$ и для гексагонального столбика: 4- $\chi=10^{-4}$, 5- $\chi=10^{-2}$, 6- $\chi=10^{-1}$

На рис. 1 представлены зависимости фактора ослабления для прямоугольного (кривые 1, 2, 3) и гексагонального (кривые 4, 5, 6) столбиков от их толщины d . Здесь угол γ задает ориентацию плоскости поляризации, угол β – ориентацию частицы относительно направления падения излучения, угол α – поворот кристалла вокруг своей оси, l – длину столбика, n и χ – соответственно реальную и мнимую части показателя преломления частицы. На кристалл падает линейно поляризованное излучение (отношение параметров вектора Стокса падающего излучения $I_1/I_2=1$). Из рисунка 1 видно, что для прямоугольного столбика с малой толщиной (равно как для пластинки) фактор ослабления может меняться в пределах от 0 до 4. При увеличении пар плоскопараллельных граней частицы интервал изменения этой характеристики сужается (для гексагонального столбика от 1 до 3). Заметим, что, чем выше значение мнимой части показателя преломления частицы, тем ближе величины ослабления к своему предельному значению. В свою очередь, нарушение «параллельности» граней также обеспечивает стремление фактора ослабления к своему асимптотическому значению равному 2.

На рис. 2 показаны численные значения фактора эффективности ослабления, рассчитанные для пластинчатого кристалла со скошенной гранью. Угол θ определяет наклон верхней грани пластинки

относительно ее нижней грани. С увеличением угла θ между гранями амплитуды осцилляций быстро убывают. Нарушение параллельности граней более, чем на 10° можно считать достаточным для того, чтобы не учитывать влияние толщи кристалла на характер ослабления оптического излучения. Если атмосферный кристалл не имеет плоскопараллельных граней, то, как правило, эта «непараллельность» граней более существенна, чем 10° .

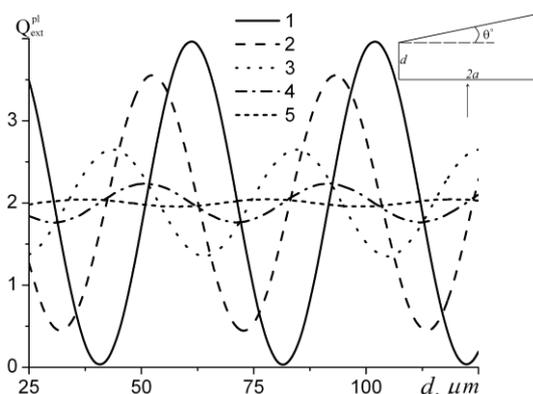


Рис. 2. Зависимость фактора эффективности ослабления от толщины пластинки со скошенной гранью: $I_2/I_1=1, \gamma=0^\circ, a=250 \mu\text{m}, \beta=0^\circ, \lambda=10.6 \mu\text{m}, n=1.26$: 1- $\theta=0^\circ$, 2- $\theta=2^\circ$, 3- $\theta=4^\circ$, 4- $\theta=7^\circ$, 5- $\theta=10^\circ$

При рассмотрении ансамбля ледяных кристаллов необходимо провести усреднение оптических характеристик по размерам и по совокупности ориентаций. Существенное отличие значения фактора ослабления от 2 как для мелких частиц, так и для крупных, но ориентированных в пространстве и имеющих плоскопараллельные грани объясняет спектральный ход (зависимость от длины волны) коэффициента ослабления. Экспериментально установленную зависимость ослабления от длины волны следует связывать с наличием в кристаллическом облаке ориентированных плоских кристаллов или мелкодисперсной фракции.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант N 09-05-00963а).

Литература

1. Scattering, absorption, and emission of light by small particles / Edited by M.I. Mishchenko, L.D. Travis, A.A. Lacis, Cambridge, UK. NASA, 2002. 445 p.
2. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами.: М. Мир. 1986. 660 с.
3. Г. Ван де Хюлст. Рассеяние света малыми частицами. – М.: Издательство иностранной литературы, 1961. 536 с.
4. Shefer O., Popov A. Extinction and small angle scattering by thin plate crystals. Applied Optics, Vol. 49, N 8, P.1434 – 1445 (2010).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ЖИДКОСТИ В БАССЕЙНЕ КОНЕЧНОЙ ГЛУБИНЫ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

И. Л. Теплова, И. В. Григорьева
Кемеровский Государственный Университет
iri-lova@yandex.ru

Введение

Данная работа посвящена численному моделированию взаимодействия волн с погруженным телом в идеальной несжимаемой жидкости методом граничных элементов в линейной пространственной постановке. В качестве тестовых выбраны две различные задачи: задача о колебаниях твердой сферы под свободной поверхностью и задача о распространении волн в прямоугольном бассейне.

Постановка задачи

Пусть область течения $\Omega(t)$ ограничена сверху свободной поверхностью Γ_1 , которая описывается функцией подъема свободной поверхности $z = \eta(x, y, t)$, снизу - твердой стенкой Γ_2 . Боковые границы $\Gamma_3, \Gamma_4, \Gamma_5$ и Γ_6 области $\Omega(t)$ представляют собой открытые границы. Под свободной поверхностью Γ_1 расположено твердое тело с поверхностью S . В области $\Omega(t)$ происходит безвихревое потенциальное движение однородной несжимаемой жидкости. На жидкость действует поле сил тяжести с потенциалом gz [2].

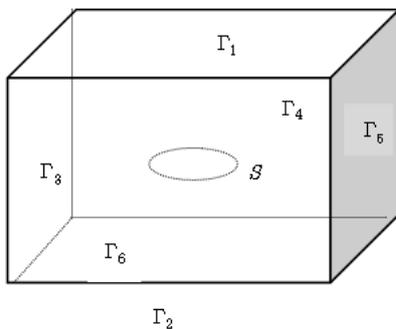


Рис. 1. Геометрия области

Постановка задачи в безразмерных переменных имеет вид [1]. Потенциал поля скоростей $\varphi = \varphi(t, \bar{x})$ удовлетворяет уравнению Лапласа

$$\Delta\varphi = 0, \quad \bar{x} \in \Omega(t) \quad (1)$$

а также кинематическому и динамическому условиям на свободной границе

$$\frac{\partial\varphi}{\partial z} = \frac{\partial\eta}{\partial t} + \frac{\partial\varphi}{\partial x} \frac{\partial\eta}{\partial x} + \frac{\partial\varphi}{\partial y} \frac{\partial\eta}{\partial y}, \quad \bar{x} \in \Gamma_1 \quad (2)$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t} + \frac{1}{2} |\nabla\varphi|^2 + g\eta = 0, \quad \bar{x} \in \Gamma_1 \quad (3)$$

Кроме того, потенциал φ удовлетворяет условию непротекания на границе Γ_2 и на поверхности погруженного тела S

$$\frac{\partial\varphi}{\partial n} = 0, \quad \bar{x} \in \Gamma_2, S \quad (4)$$

где \bar{n} - внешняя по отношению к жидкости нормаль.

Потенциал поля скоростей представляется в виде суммы $\varphi = \varphi_i + \varphi_s$, где φ_i - волновой потенциал, φ_s - потенциал, учитывающий распространение возмущений, генерируемых погруженным телом [2].

На боковых границах задается условие, учитывающее, что возмущения, порождаемые погруженным телом, не доходят до свободной границы

$$\varphi = \varphi_i, \quad \bar{x} \in \Gamma_3, \Gamma_4, \Gamma_5, \Gamma_6 \quad (5)$$

Необходимо задать начальные условия: положение свободной границы в начальный момент времени $t=0$ и распределение потенциала на ней:

$$\Gamma_1|_{t=0} = \Gamma_0, \quad \varphi|_{t=0} = \varphi(0, \bar{x}) \quad (6)$$

Из уравнения (1), граничных условий (2), (3), (4) и (5), а также начальных условий (6) нужно определить форму свободной поверхности и распределение потенциала на ней во все последующие моменты времени.

Рассмотрим волновое движение, описываемое волновым потенциалом

$$\varphi_i = \frac{H}{2} \frac{g}{\delta} \frac{ch[k(h+z)]}{ch[kh]} \sin(kx - \delta t) \quad (7)$$

и функцией возмущения свободной поверхности $\eta_i = \frac{H}{2} \cos(kx - \delta t)$ (8)

где δ - радиальная частота, вычисляемая из соотношения $\delta^2 = gk \tanh(kh)$, H - высота волны,

$k = \frac{2\pi}{L}$ - волновое число, с длиной волны L .

Такую постановку можно разделить на три различные задачи (Рис. 1.):

1. Потенциал представляет собой только волновой потенциал $\varphi = \varphi_i$. В начальный момент известно аналитическое значение потенциала (7) и вид функции колебания свободной поверхности (8). Примером такой задачи является задача о распространении волн в прямоугольном бассейне конечной глубины.

2. Присутствует только потенциал, порождаемый колебаниями тела $\varphi = \varphi_s$. На каждом шаге по времени численно находим новое положение свободной поверхности. Примером является задача о колебании твердой сферы под свободной поверхностью.
3. Присутствуют оба потенциала $\varphi = \varphi_i + \varphi_s$. В начальный момент аналитически задан потенциал (7), и известен вид функции колебания свободной поверхности (8). На каждом шаге по времени численно находим новое положение свободной поверхности. В данной работе такой тип задачи не рассматривается.

Метод граничных элементов

В качестве основного соотношения МГЭ используется третья формула Грина, записанная для потенциала поля скоростей φ и его нормальной производной $q = \frac{\partial \varphi}{\partial n}$.

$$2\pi\varphi - \int_{\Gamma_1 \cup \Gamma_3 \cup \Gamma_4 \cup \Gamma_5 \cup \Gamma_6} \varphi^* q d\Omega + \int_{\Gamma_2} \varphi^* q d\Omega + \int_S q^* \varphi d\Omega = \\ = - \int_{\Gamma_1 \cup \Gamma_3 \cup \Gamma_4 \cup \Gamma_5 \cup \Gamma_6} \varphi^* q d\Omega - \int_{\Gamma_2} \varphi^* q d\Omega + \int_S q^* \varphi d\Omega,$$

где φ^* - фундаментальное решение уравнения Лапласа, которое в пространственном случае записывается в виде $\varphi^* = 1/4\pi r(\vec{x}, \vec{\xi})$, где $r(\vec{x}, \vec{\xi})$ - расстояние между точками \vec{x} и $\vec{\xi}$, расположенными на границе области $\Omega(t)$ [1].

Результаты вычислений

В качестве тестовых были выбраны две различные задачи. Первая – задача о колебаниях твердой сферы под свободной поверхностью (Рис. 2.) [2]. Задача выбрана в качестве тестовой потому, что в начальный момент времени жидкость покоится, соответственно $\varphi_i = 0$. Возмущение свободной поверхности Γ_1 вызвано колебаниями тела. Для данной задачи была выбрана симметричная относительно центральной оси расчетная область. Радиус расчетной области в безразмерных переменных равен 3, высота столба жидкости – 4, центр сферы радиусом 0.2 располагается на расстоянии 0.4 под свободной поверхностью Γ_1 . Движение твердой сферы начинается с опускания, амплитуда колебаний сферы - 0.06, период колебаний – 0.2. В процессе колебаний сферы в центре свободной поверхности Γ_1 формируется возвышение, которое на этапе погружения сферы опускается и переходит во впадину. В процессе колебаний возмущения распространяются от центра свободной поверхности Γ_1 к краям расчетной области, при этом осевая симметрия течения сохраняется.

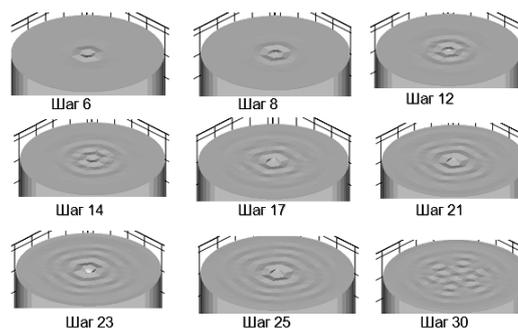


Рис. 2. Колебания сферы по временным шагам R=3, r=0.2, T = 0.1, A=0.2, $\delta = 0.4$ (N= 1864, NE= 3720 [N =602 сфера])

Вторая тестовая задача – это задача о распространении волн в прямоугольном бассейне длиной 5 с длиной волны $L=1.25$, высотой волны $H=0.2$ (Рис. 3.) [2]. Ввиду отсутствия тела $\varphi_s = 0$ и движение жидкости обусловлено волновым потенциалом (7) и функцией возмущения свободной поверхности (8).

В этом случае волны заданной высоты распространяются вдоль оси абсцисс и выходят за границу расчетной области, сохраняя свою форму.

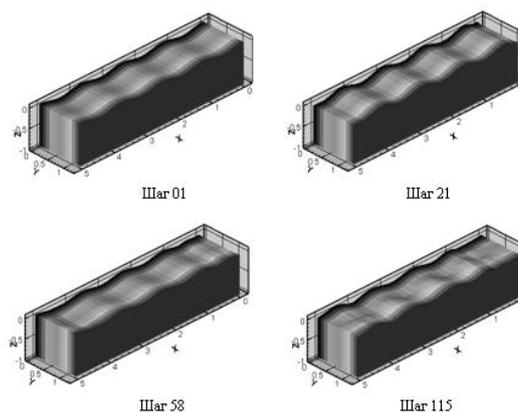


Рис. 3. Колебания волны по временным шагам T = 0.01, L= 1.25, N=914, Ne=1824

Заключение

В дальнейшем планируется более углубленное изучение модели колебания жидкости в бассейне конечной глубины.

Литература

1. Afanasiev K.E., Grigorieva I.V. Numerical investigation of three-dimensional bubble dynamics // Journal of Engineering Mathematics, Volume 55, Springer, 2006. – 65 p.
2. Vival V.V. Boundary-Integral Analysis of Nonlinear Diffraction Forces on a Submerged Body. Florida Atlantic University, 2003. -118 p.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РИСКОВЫХ МОМЕНТОВ НА ФОНДОВОМ РЫНКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

Кораблина Т. В. Жердева Ю.Ю.,
Сибирский государственный индустриальный университет
zherdevayy@ya.ru

Финансисты и экономисты уже на протяжении многих десятилетий пытаются проанализировать риск на фондовых и валютных рынках, объяснить его, оценить количественно, делать прогнозы [1 – 5]. От прогнозов ждут точности, но, как правило, наступившая на рынке реальность не всегда совпадает с аналитическими оценками. «Разразившийся мировой финансово-экономический кризис, наступление которого стало для многих неожиданностью, остро поставил вопрос о возможностях экономического прогнозирования, о способности науки адекватно описывать сложные социальные процессы и предсказывать их развитие. Возникла острая необходимость использования другого научного инструментария. Но какого? Можно ли говорить о кризисе в экономической науке? ... Ясно одно: прогнозы с помощью традиционных моделей, основанных на анализе равновесных состояний, не заслуживают доверия. Необходимо переходить к моделям, нацеленным на описание неравновесных процессов, использующим аппарат нелинейной динамики, синергетики. За такими моделями – будущее» [6].

Поэтому в настоящее время особую актуальность приобретают исследования, нацеленные на поиск инструментов, позволяющих заблаговременно выявить моменты времени, в которые может резко измениться ситуация на рынке [1, 3]. В русле разработок научно-прикладного направления «Вариантика» для выделения структурно-однородных составляющих, опираясь на приобъектно-пересчетную и рекурсивно-слоистую многовариантные структуры, конкретизированы алгоритмические структуры для выделения этих составляющих и анализа их свойств с динамическим оцениванием скользящих и структурных характеристик [7]. В первую очередь анализируются составляющая наименьшим порядковым номером, у которой коэффициент автокорреляции $r(\ell)$ меньше 0,3.

Для нее производится расчет скользящих оценок различных характеристик, таких как показатель степени детерминированности $Sd(\ell)$, показатель степени нелинейности $Sn(\ell)$ автосвязей и т.п. с вариантноостью по числу групп q , размеру окна скольжения L^* , числу аргументов a , значению настроечного параметра усредняющих преобразований α [6,7].

С использованием конкретизированных алгоритмических структур были проанализированы ряды данных значений биржевых котировок основных индексов как российских, так и мировых

рынков, а также выделенных их структурно-однородных составляющих за 11 лет, включая три кризисных периода (1998 год, 2001-2003 годы, мировой финансовый кризис 2008-2009 года)]. Установлено, что скользящие оценки показателя степени детерминированности достигают пиковых значений в моменты времени, соответствующие высокой степени риска на рынке [7-10].

Исследование свойств структурно однородных компонент рядов данных позволяет предположить наличие фрактально-хаотического механизма их порождения [1, 2, 3, 6], что делает необоснованной применение чисто линейных моделей, особенно в условиях неопределенности, свойственным кризисным периодам. Поэтому при анализе финансовых рядов, характеризующих деятельность финансовых рынков и рынков ценных бумаг, наряду с расчетами коэффициентов корреляции, показателей степени детерминированности и нелинейности было рассчитано значение фрактальной размерности структурно-однородных составляющих с использованием процедуры Паккарда – Таккенса. Расчеты показали, что нижние оценки фрактальной размерности для составляющих сигнала лежат в пределах от трех до шести. [4]. Для повышения надежности диагностирования фрактальных свойств рядов данных используется метод нормированного размаха Херста H [6]. Для этого строится временная зависимость нормированного размаха R/S от объема выборки L , с последующей ее линейной аппроксимацией. Угол наклона этой прямой дает оценку показателя Херста:

$$H = \log(R/S) / \log(b \cdot L), \quad (6)$$

где R – размах отклонения в ряду данных;

S – среднеквадратическое отклонение;

b – константа, определяемая эмпирически.

По аналогии с динамическими алгоритмами расчета статистик

$$\tilde{x}_j = (1 - \alpha) \cdot \tilde{x}_{j-1} + \alpha \cdot x_j,$$

$$d_j = (1 - \alpha) \cdot d_{j-1} + \alpha \cdot (x_j - \tilde{x}_j)^2,$$

$$R_j = (1 - \alpha) \cdot R_{j-1} + \alpha \cdot (x_j - \tilde{x}_j)(y_j - \tilde{y}_j),$$

можно перейти к динамической версии расчета показателя Херста. Обработке были подвергнуты различные модельные реализации, логистическое отображение, случайные последовательности, реальные ряды данных, включая специально сконструированную характерную реализацию, которая отражает динамику биржевых и финансовых объектов. Результаты обработки,

которые демонстрируют фрактальные свойства сконструированного ряда, приведены на рисунке 1.

При исследовании реальных рядов данных было выявлено следующее: при высокорисковых (кризисных) ситуациях на рынке показатель Херста падает. На рисунке 2 приведен нормированный ряд индекса РТС-промышленность и ряд значений показателя Херста в предкризисный с апреля 2008 года и кризисный периоды, выделены моменты времени, в которые на рынке происходили изменения стоимости котировок акций, составляющих индекс РТС-Промышленность, и изменения значения самого индекса.

Вывод

Важную роль в инвестиционной деятельности играет надёжность и оперативность выявления высокорисковых моментов на биржах. В работе [3] автор такие моменты поэтично назвал «черными лебедями». При оценивании риска традиционными методами такие моменты времени выявить очень сложно [1 – 3,7,8]. В связи с этим естественным представляется подход, сочетающий в себе как алгоритмы нелинейной динамики, так и традиционные алгоритмы статистического и структурного анализа. Рассмотрена целесообразность применения такого комплексного подхода, что позволит повысить надежность прогноза, выявить и учесть гораздо больше потенциальных и реальных рисков, связанных с фондовым рынком, а значит и качество решений принимаемых инвестором.

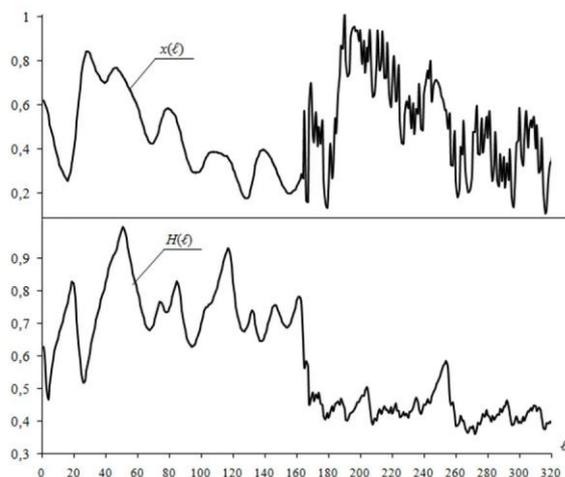


Рис. 1. Специально сконструированная характерная реализация ряда данных $x(\ell)$ и динамические оценки показателя нормированного размаха Херста $H(\ell)$

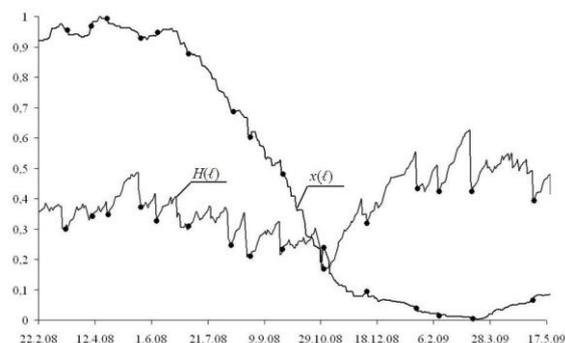


Рис. 2. Динамические оценки показателя нормированного размаха Херста $H(\ell)$ и нормированный ряд РТС-Промышленность $x(\ell)$

Литература

1. Мандельброт Б. (He) послушные рынки: фрактальная революция в финансах: [пер. с англ.]/ Б. Мандельброт, Р.П. Хадсон. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 400 с.
2. Мандельброт Б. Фракталы, случай и финансы: [пер. с англ.]/ Б. Мандельброт. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. – 256 с.
3. Талеб Н.Н. Черный лебедь. Под знаком неопределенности: [пер. с англ.]/ Н.Н. Талеб. – М.: Колибри, 2009. – 528 с.
4. Ширяев В.И. Математика финансов: Опционы и риски, вероятности, гарантии и хаос: Учебное пособие. Изд. 2-е, испр. и доп. / В.И. Ширяев – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 223 с.
5. Электронный ресурс общего доступа [.http://www.uisb.ru](http://www.uisb.ru)
6. [Малков С.Ю. Нелинейная динамика нелинейного мира// Экономические стратегии, 8, 2009. - С. 44-51]
7. Кораблина Т.В., Жердева Ю.Ю. Использование алгоритмов нелинейной динамики при оценке рискованных ситуаций на рынке ценных бумаг// Системы управления и информационные технологии, 4(42), 2010. - С. 39-44
8. Электронный ресурс общего доступа <http://www.rts.ru>- 25.12.2010
9. Электронный ресурс общего доступа <http://www.finam.ru> - 25.12.2010
10. Электронный ресурс общего доступа <http://www.finansmag.ru> -25.12.2010

АЛГОРИТМ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ

А.М.Телегин

Научный руководитель: Н.Д.Семкин

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева
(Национальный исследовательский университет)

talex85@mail.ru

Введение

Проблема определения физико-химических характеристик пылевых частиц с помощью прямых методов измерения связана с решением фундаментальных задач астрофизики и космохимии, а также ряда прикладных задач [1,2] и требует создания помехозащищенной измерительной системы. В реальных условиях такая система функционирует на фоне различных шумов, источниками которых являются: поток протонов со средней интенсивностью \bar{n}_y, c^{-1} ; флуктуационный шум усилителя-преобразователя ток-напряжение, характеризуемый спектральной плотностью тока $\frac{N_0}{2}, A^2 \cdot c$; собственный импульсный шум приемника преобразователя (например, вторичного электронного умножителя) со средней интенсивностью \bar{n}_y, c^{-1} .

Описание алгоритма

Предположим, что сигнал, несущий информацию о химическом составе объекта исследования (частицы), представляет собой последовательность коротких импульсов одинаковой формы, но с различными амплитудами [2]:

$$s(t, \vec{a}) = \sum_{k=1}^N a_k \cdot f(t - t_k), t \in [0, T], \quad (1)$$

где T – длительность интервала анализа; $f(t)$ – детерминированная функция, определяющая форму импульса; t_k – момент появления k -го сигнального импульса с выхода ВЭУ; N – заданное количество разрешаемых химических элементов.

Моменты t_k определяются номером химического элемента в таблице Менделеева.

Задача определения химического состава частиц состоит в измерении величин a_k и t_k , $k = 1, 2, \dots, N$.

Наложим на функцию $f(t - t_k)$ следующие условия:

$$\int_0^T f(t - t_k) dt = 1, k = 1, 2, \dots, N; \quad (2)$$

$$\int_0^T f(t - t_k) \cdot f(t - t_l) dt = \begin{cases} \alpha, & k = l \\ 0, & k \neq l \end{cases}, \quad (3)$$

где α определяется формой импульса.

Условие (2) означает, что неизвестные коэффициенты a_k имеют размерность заряда ($Kл$). Условие ортогональности (3) выполняется для всех N разрешаемых химических элементов, так как функция $f(t - t_k)$ для различных k не перекрываются во времени. Предположим, что финитная функция $f(t)$ аппроксимируется прямоугольником

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{\tau_s}, & |t| \leq \frac{\tau_s}{2} \\ 0, & |t| > \frac{\tau_s}{2} \end{cases}, \quad (4)$$

где τ_s – длительность сигнального импульса ($\tau_s = 0,3 \div 0,5$ мкс).

В этом случае коэффициент α равен

$$\alpha = \int_0^T f^2(t - t_k) dt = \frac{1}{\tau_s}. \quad (5)$$

Сигнал на входе синтезируемого блока представляет собой сумму полезного сигнала $s(t, \vec{a})$ и двухкомпонентного шума:

$$x(t) = s(t, \vec{a}) + \xi(t) + n(t), t \in [0, T],$$

где $n(t)$ – стационарный нормальный белый шум с известной спектральной плотностью $\frac{N_0}{2}$ и

нулевым математическим ожиданием $\overline{n(t)} = 0$, приведенным ко входу преобразователя ток-напряжение. Случайный процесс $\xi(t)$ – пуассоновская стационарная хаотическая импульсная помеха (ХИП), с интенсивностью, определяемой формулой [2]. Согласно методу наименьших квадратов (МНК), вектор оценок $\vec{\hat{a}}$ минимизирует величину

$$\varepsilon^2 = \int_0^T [x(t) - \overline{x(t)}]^2 dt, \quad (6)$$

где $\overline{x(t)} = s(t, \vec{a}) + \xi(t)$ - математическое ожидание процесса $x(t)$.

Оценка \vec{a} находится из системы уравнений:

$$\frac{\partial \varepsilon^2}{\partial \vec{a}^2} = 0. \quad (7)$$

Окончательное выражение для алгоритма измерения массового спектра, полученного с выхода анализатора

$$\vec{a} = \int_{t_k - \frac{\tau_s}{2}}^{t_k + \frac{\tau_s}{2}} x(t) dt - \vec{\beta}, \quad k = 1, 2, \dots, N. \quad (8)$$

Так как ХИП $\xi(t)$ есть сумма импульсов тока

$i(t)$ с амплитудой $\frac{q}{\tau_a}$ и с длительностью τ_a , то

$$\beta = \int_0^{\tau_s} \sum_{j=0}^k i_j(t - t_k) dt = \sum_{j=0}^k \int_0^{\tau_s} i_j(t - t_j) dt = k \cdot q.$$

Откуда $\vec{\beta} = q \sum_{k=0}^{\infty} k \cdot P_{\xi}(k) = q \cdot \lambda_{\xi}$, (6.20)

где $P_{\xi}(k) = \frac{\lambda_{\xi}^k}{k!} \cdot e^{-\lambda_{\xi}}$ - распределение

Пуассона; $\lambda_{\xi} = \bar{n}_{\xi} \cdot \tau_s$ - среднее число импульсов ХИП, попадающих в интервал времени длительностью τ_s .

Функциональная схема устройства, реализующего алгоритм (8), содержит интегратор, схему вычитания и блок стробирования, подключающий к интегратору входной сигнал

только в промежутках $[t_k - \frac{\tau_s}{2}, t_k + \frac{\tau_s}{2}]$,

$k = 1, 2, \dots, N$, а также осуществляющий сброс интегратора сразу же после считывания информации о величине \vec{a} . Блок стробирования запускается в момент времени $t = 0$, совпадающей с ударом пылевой частицы в мишень преобразователя. Информация о том, какие именно химические элементы присутствуют в данном спектре, определяется по порядковым номерам

стробов $f(t - t_k)$, которым соответствуют ненулевые компоненты \hat{a}_k .

Источниками погрешностей устройства являются:

1. Флуктуационный шум $n(t)$;
2. Хаотическая импульсная помеха;
3. Коммутационные импульсные помехи (КП), вызываемые срабатыванием всевозможных устройств.

Погрешности измерения, обусловленные первым и вторым источниками, будем характеризовать среднеквадратическим значением

$\sigma_{\vec{a}}$; погрешности третьего типа - аномальные ошибки - вероятностью сбоя. К аномальным ошибкам можно также отнести ошибки, вызванные попаданием КП между сигнальными импульсами (появление ложных масс), но рассматриваемая система обработки не реагирует на ошибки такого рода, благодаря наличию блока стробирования.

Заключение

Рассмотренный алгоритм процесса регистрации и измерения параметров пылевых частиц справедлив в случае использования ионизационного метода измерения.

Следует отметить, что алгоритмы измерения физических параметров и элементного состава пылевой частицы различны. Однако, алгоритм оптимального измерителя физических параметров частиц вполне пригоден для других датчиков, основанных, например, на явлении электростатической индукции и изменении электропроводности ударно-сжатых МДМ-структур (металл - диэлектрик - металл). Для этих методов регистрации справедливы те же модели шумов и выходных сигналов, что и для ионизационного метода. Создание алгоритмов измерения при использовании люминесцентного датчика существенно упрощается в связи с тем, что он защищён от воздействия основных факторов космической среды (протоны, электроны, ультрафиолет и т. д.). Датчики пробойного типа (газонаполненного типа, резистивно-конденсаторного типа и т. д.).

Литература

1. Высокоскоростные ударные явления / под ред. В.И. Николаевского. - М.: "Наука", 1971.
2. Модель космического пространства / Под ред. Ак. Вернова С.Н., М.: Издательство МГУ, 1983, издание 7ое, Т.3. с.281, 311.

ОБ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЙТИНГОВЫХ ОЦЕНОК

Бабичева Н.Б., Ляховец М.В.

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
yiriko@mail.ru

В настоящее время высшее образование получает более 78% выпускников школ [1], а также наблюдается обилие высших учебных заведений, поэтому проблемы «самоопределения» абитуриента и поиска активных студентов ВУЗом стоят достаточно остро. Для решения проблемы самоопределения разработано множество профориентировочных комплексов. Проблему же поиска активных студентов можно решить при помощи рейтинговой оценки довузовских достижений абитуриента. Также, на текущий момент возникает необходимость спрогнозировать сценарии последующих достижений абитуриентов после зачисления в вуз. То есть сформировать среднесрочный прогноз на 2 года, который на основе данных о довузовской подготовке прогнозирует наиболее оптимальный вариант обучения и развития абитуриента. На основе полученного прогноза абитуриент сможет выбрать специальность, которая с большей долей вероятности будет способствовать дальнейшему гармоничному развитию абитуриента в студенческой жизни.

Для активизации учебной, научной и общественной деятельности выпускников средних общеобразовательных учреждений в период довузовской подготовки, поддержки и развития творческих инициатив и способностей, а также для привлечения молодёжи с активной гражданской позицией в вуз рейтинг должен иметь структуру, аддитивно учитывающую участие абитуриентов во всех мероприятиях довузовской подготовки. Уровень готовности поступающего определяется по его итоговому рейтингу, который учитывает учебный, научный, творческий и спортивный потенциалы абитуриента:

- Учебный потенциал абитуриента определяется: участием в разнообразных олимпиадах различного уровня; участием в ЕГЭ по непрофильным для вуза дисциплинам; участием в репетиционном ЕГЭ; средним баллом аттестата; наличием медали; обучением на подготовительных курсах университета или в базовых образовательных учреждениях университета.
- Научный потенциал абитуриента определяется: участием в региональной научно-технической конференции, проводимой Научным обществом учащихся города; участием во Всероссийской научной конференции молодых исследователей «Шаг в будущее»; участием в других научно-практических конференциях различного уровня; количеством опубликованных научных работ; наличием патентов на изобретения и полезную модель (такое новое конструктивное воплощение идеи, которое позволяет на практике решить

определенную проблему в области техники), а также наличием свидетельств на программы для ЭВМ и базы данных.

- Творческий и спортивный потенциалы абитуриента оцениваются: участием в творческих мероприятиях различного уровня; наличием наград и знаков отличия, как за творческие, так и спортивные достижения; участием в спортивных соревнованиях различного уровня; наличием спортивной квалификации; продолжением трудовой династии.

Итоговая рейтинговая оценка определяется суммированием значений каждого критерия, умноженного на коэффициент значимости (весовой коэффициент), учитывающий степень вклада каждого критерия в обобщённый рейтинговый показатель и уровень олимпиад, соревнований и конференций, в которых участвовал абитуриент. Весовые коэффициенты оцениваются приёмной комиссией до зачисления для каждой конкурсной группы отдельно и ежегодно изменяются, адаптивно учитывая текущие потребности вуза и общий уровень абитуриентов. На рис. 1 отображена схема расчета рейтинга с корректировкой весовых коэффициентов в нотации IDEF0.

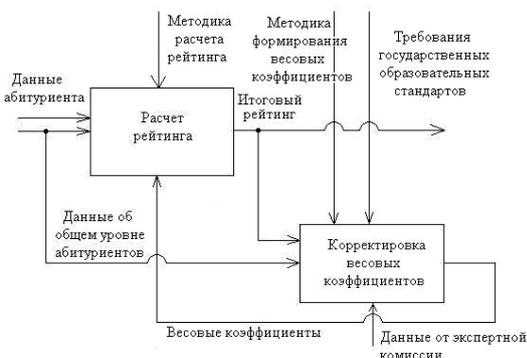


Рис. 1. Схема расчета рейтинга

При построении любого рейтинга в первую очередь следует проанализировать информацию, которую можно получить об объектах исследования, определиться с набором критериев, затем выбрать метод или группу методов для обработки информации, а также метод определения весовых коэффициентов важности критериев, если имеем дело с критериальным упорядочиванием объектов.

Каждому из критериев необходимо назначить весовые коэффициенты. При установлении причинно-следственных зависимостей между критериями (показателями), экспертам в ряде случаев сложно выразить их численно. То есть трудно установить количественно степень влияния

того или иного критерия на величину итогового рейтинга. Для этого предлагается использовать метод парного сравнения альтернатив, так как он позволяет сравнивать большое количество малоразличимых между собой критериев, как в количественном, так и в качественном выражении с получением количественных значений коэффициентов значимости критерия.

Эта задача состоит в том, что эксперт устанавливает предпочтения объектов при сравнении всех возможных пар. То есть эксперт, рассматривая все возможные пары объектов, в каждой из них устанавливает ту причину, которая по его мнению оказывает большое влияние на следствие.

Характерной особенностью предлагаемого рейтинга абитуриентов является сравнительно большое число весовых коэффициентов. Необходимость использования такого большого количества коэффициентов вызвана тем, что, во-первых, необходимо учитывать много показателей, так как довузовская подготовка многообразна и многовариантна, а, во-вторых, любое высшее учебное заведение, тем более университет, ведет разноплановую многопрофильную подготовку специалистов, что сказывается на требованиях, возлагаемых деканами факультетов, заведующими кафедрами и членами отборочных комиссий к абитуриенту.

Для проведения экспертного оценивания коэффициентов были определены коллективы экспертов из числа деканов факультетов, заведующих и представителей профессорско-преподавательского состава выпускающих кафедр, которые были сгруппированы по направлениям подготовки (специальностям) каждой кафедры. Итогом работы с экспертами стало определение более 3 тысяч коэффициентов значимости локальных и интегральных показателей, участвующих в расчете рейтинга абитуриентов, на все специальности и направления подготовки университета, что дает возможность адекватно учесть все достижения абитуриента, полученные им в период довузовской подготовки.

Нельзя не отметить, что рейтинг абитуриента учитывается только при равенстве конкурсных баллов, которые складываются по итогам сдачи поступающим единого государственного экзамена по профильным для вуза предметам. Однако, рейтинг абитуриента можно использовать не только как средство отбора поступающих, но и как данные для построения среднесрочного прогноза достижений абитуриента во время обучения в высшем учебном заведении.

С другой стороны, имитационное моделирование позволяет описать сложные

нелинейные взаимодействия в образовательном процессе, используя объёмную предысторию достижений поступающего. С его помощью можно оценить последствия реализации различных сценариев, смоделировать поведение абитуриента в период обучения. Таким образом, имитационная модель является динамической моделью в том смысле, учитывающей период обучения на 1 и 2 курсах вуза будущего студента, когда рассчитывается серия вариантов развития абитуриента. Необходимо отметить, что имитационная модель должна иметь адаптивную структуру, так как должна совершенствоваться и уточняться в процессе использования, подстраиваясь к постоянно изменяемым условиям функционирования высшего учебного заведения.

В имитационных расчетах изучаемые характеристики абитуриента, а также процессы обучения в вузе (участие в учебном процессе, внутривузовских олимпиадах, конференциях, творческих и спортивных мероприятий за учитываемый отрезок времени) описываются в виде разностных соотношений математической модели, отражающей динамику развития этих процессов. Математическое описание модели разрабатывается на основе использования существующих математических методов в сочетании с интуитивным моделированием и реализуется в виде программы для ЭВМ, с помощью которой и проводятся серии экспериментов. Варианты сценариев расчетов формируются путем вариативного изменения значений входных показателей с учетом вероятностного подхода к факту возникновения того или иного события в жизни студента (статистическое моделирование с использованием аппарата нелинейной логики).

Таким образом, данная модель может быть использована как абитуриентом в целях ранней профессиональной диагностики и формирования траектории развития на довузовском этапе для достижения поставленных целей. А так же для руководителей вузов в целях адекватного оценивания достижений и способностей абитуриентов и адаптивного изменения учебного процесса и внеучебной работы для достижения максимального качества образования.

В дальнейшем планируется возможность долгосрочных прогнозов на срок до 5 лет. Целью долгосрочного прогнозирования будет как прогнозная оценка достижений абитуриента на протяжении всего периода обучения в вузе, так и нескольких следующих лет трудовой практики.

Литература

1. Образование в России – 2008. Статистический бюллетень. – М.: МГУПИ, 2009.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ СТРУКТУР

Сайфулин М.М

Евразийский Национальный Университет им. Л.Н.Гумилева
saifulin_m@hotmail.com

Введение

В таких отраслях науки как биофизика, материаловедение, нанотехнологии, физика поверхности, исследование коррозии большой интерес представляет исследование свойств различных веществ и материалов. В настоящее время для этих целей широко применяются сканирующие зондовые микроскопы. Одним из таких микроскопов является АСМ (атомно-силовой микроскоп). Его применяют для измерения рельефа поверхности, модификации поверхности, а также для манипулирования микро- и нанообъектами на поверхности. Перспективными направлениями считается совмещение сканирующих зондовых микроскопов с другими традиционными и современными методами исследования. С помощью АСМ NT-206, установленного в лаборатории инженерного профиля ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, получают трехмерные снимки поверхностей исследуемых образцов, которые в дальнейшем нуждаются в обработке и исследовании их свойств.

Применение теории фракталов для описания трехмерных структур

Рассмотрим в качестве примера одну из поверхностей:

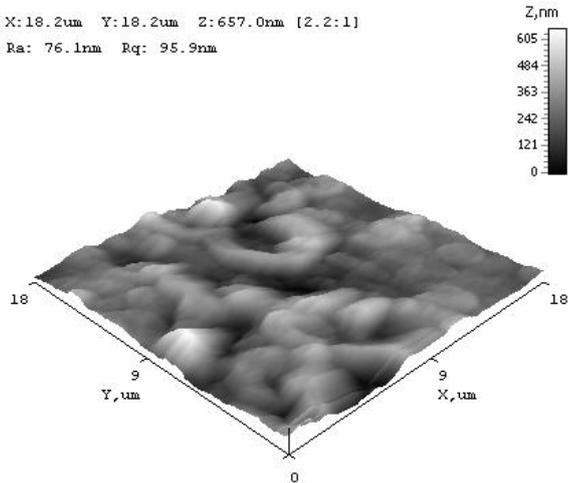


Рис.1. Пример трехмерной структуры, полученной с помощью АСМ [1]

На рис.1 заметно, что поверхность образца с определенной долей вероятности является повторяющейся и состоящей из каких-то элементарных частей. Поэтому, для описания поверхностей можно применить теорию фракталов. Теория фракталов и мультифракталов в настоящее время широко используется для описания свойств самоподобия и сложного скейлинга, наблюдаемых в

самых разных физических ситуациях. К числу фракталов относят геометрические объекты (линии, поверхности, пространственные тела), которые имеют сильно изрезанную форму и демонстрируют некоторую повторяемость в широком диапазоне масштабов [2-3]. Повторяемость может быть полной (в этом случае говорят о регулярных фракталах), либо может наблюдаться некоторый элемент случайности (такие фракталы называют случайными) Структура случайных фракталов на малых масштабах не является точно идентичной всему объекту, но их статистические характеристики совпадают. Структура поверхности исследуемого образца представляет собой случайный мультифрактал. Используя методы мультифрактального анализа и язык программирования Delphi, разработан программный модуль для обработки таких снимков на компьютере.

Трехмерная модель поверхности строится по точкам, координаты которых определяются через длину, ширину и высоту. Кроме изображения, на АСМ можно получить текстовый файл с таблицей, в которой указаны координаты точек, лежащих на поверхности.

Теперь представим, что исследуемая структура не имеет пустот внутри (является однородной) и находится на дне куба, ребра которого совпадают с длиной и шириной структуры. Если теперь разбивать этот куб на какое-то n -ое количество элементарных меньших кубиков, то в каждом кубе мы можем обнаружить, лишь часть структуры, либо не обнаружить ее вообще. Можно определить вероятность нахождения структуры в определенном объеме пространства. За $V_{(i,j,k)}$ примем объем, занимаемый структурой в элементарном кубике с индексами i, j, k , за V объем элементарного кубика, тогда вероятность будет равна:

$$P_{(i,j,k)} = \frac{V_{(i,j,k)}}{V}$$

Очевидно, что если сложить все вероятности, получится единица:

$$p = \sum_{i,j,k=1}^n P_{(i,j,k)} = 1$$

Для того чтобы определить меру неопределенности источника информации (снимка), воспользуемся понятием энтропии. Энтропия, в нашем случае, - это мера отклонения какой-либо структуры от идеальной. То есть можно определить,

насколько правильную форму имеет поверхность [4]. Доказано [5], что для того чтобы определить энтропию мультифрактала можно воспользоваться формулой:

$$S = - \sum_{i,j,k=1}^n p_{(i,j,k)} \ln(p_{(i,j,k)})$$

Где $p_{(i,j,k)}$ – вероятность в отдельном кубике, S – энтропия фрактала.

Если бы система была бы упорядочена так, что вероятность во всех частях одинакова, то энтропию можно рассчитать как:

$$S_c = - \sum_{i=1}^n \frac{1}{k^3} \ln\left(\frac{1}{k^3}\right)$$

Где k^3 – количество разбиений большого куба. Эту величину можно назвать энтропией однородного случайного распределения.

В два разных момента времени, состояния системы могут оказаться близкими по своим свойствам. Для учета таких моментов используется корреляционный интеграл. Корреляционный интеграл определяется как:

$$Ir = \sum_{i,j,k=1}^n (p_{(i,j,k)})^2$$

Поверхность представляет собой случайный фрактал, размерность которого, D_q зависит от некоторой величины q , которая лежит от какого-то минимального значения, до максимального. Изменяя значение q , можно построить зависимость $f = D(q)$, где D_0 - размерность Хаусдорфа (рис.2). Так же, для определения размерности, можно использовать зависимость корреляционного интеграла от числа элементарных кубиков, на которые разбивалась структура (рис.3). Вычислив значение статистической суммы, получаем различные значения функции мультифрактального спектра, которые представляют собой спектр фрактальных размерностей однородных подмножеств, на которые можно разбить множество [6-7].

Заключение

Разработанное программное обеспечение будет использоваться для проведения мультифрактального анализа поверхностей в следующих целях:

1. выявлять общие черты у снимков поверхностей и проводить дальнейшие исследования свойств;
2. организовать (на основе топографии снимков) отдельные классы поверхностей (равнины, горы, низменности и т.д.) для более простого их использования и классификации;
3. наблюдение изменений происходящих в динамических структурах.

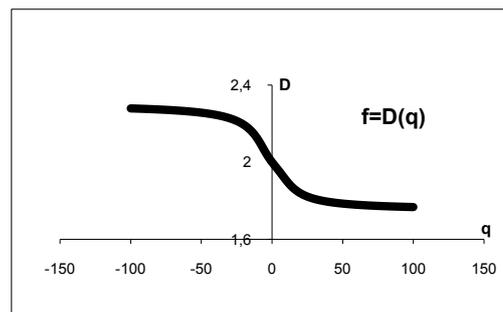


Рис.2. График зависимости размерности D от q

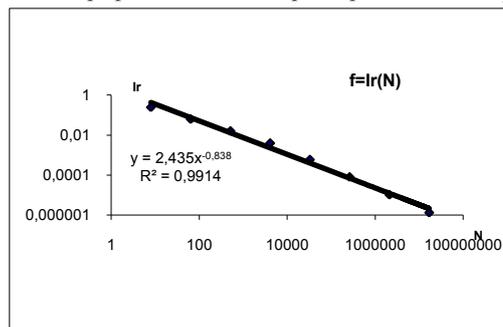


Рис.3. График зависимости корреляционного интеграла Ir от количества разбиений N

Литература

1. Юров. В.М., Вертягина Е.Н., Бактыбеков К.С., Ибраев Н.Х., Гученко С.А. «Ионно-плазменные покрытия на основе сплавов алюминия» // Вестник КарГУ. Серия Физика. №3(59), 2010г. - с.28-37.
2. Б. Мандельброт. «Фрактальная геометрия природы (перевод с английского А. Р. Логнова)», Москва, 2002г.
3. В. Шебетник. «Фрактальная физика. Наука о мироздании», Москва, 2000г.
4. Г. Хакен. «Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах (перевод с английского Ю. А. Данилова)», Москва «Мир», 1985 г.
5. Шеннон К. «Работы по теории информации и кибернетике», Москва. Изд. иностр. лит. 2002г.
6. С.В.Божокин, Д.А.Паршин. «Фракталы и мультифракталы», Москва, 2001 г.
7. Р.М. Кроновер. «Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории», Москва, 2000 г.

РАЗРАБОТКА FACEBOOK-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ "BRING DICH EIN!"

*Жилинская Ю.В., Артельный П.К., Замятина О.М.
Томский политехнический университет
zhilinskayayv@mail.ru*

Введение

В последнее время наблюдается серьезный демографический сдвиг в ряде стран Западной Европы. Согласно прогнозам, к 2050 году доля населения в возрасте 65 лет и старше возрастет более чем на 30% [1]. Поэтому забота о пожилом поколении является приоритетной задачей для общества. Решение ее возможно путем привлечения молодых людей трудоспособного возраста к проблеме стареющего населения.

Нужно также взять во внимание и влияние данного процесса на экономическую систему страны. В частности, бытует мнение, что пожилые люди – это бремя для общества, приносящее только расходы [2], что, в свою очередь, приводит к чувству отчуждения и изоляции у пожилых людей, которое всегда отражается на их здоровье и благополучии. Но за последнее десятилетие было признано, что пожилые люди в странах Западной Европы становятся влиятельным экономическим классом, и, как следствие, они становятся важным источником для улучшения экономической ситуации [3].

В настоящее время World Wide Web не является больше площадкой исключительно для молодых людей. Следовательно, это своеобразный вызов для web-программистов: разрабатывать web-сайты с учетом потребностей не только молодежи, но и пожилых людей. Одной из причин, с которой часто сталкиваются пожилые люди, побуждающей их покинуть Internet, является отсутствие понимания web-сайта и структуры приложения. Другая причина – это факт того, что некоторые пожилые люди никогда не пользовались данными технологиями и не имеют никакого практического опыта [4].

Все перечисленные факторы, действительно, очень важны. Для достижения поставленной цели необходимо использовать самые последние современные разработки и технологии. Например, очень популярные сейчас online и социальные сети могут быть использованы для оказания поддержки и помощи пожилому поколению. Именно эта идея была ключевой при разработке web-платформы для пожилой целевой группы "Bring Dich ein!" (BDE).

Разработка платформы велась в течение курса «Bildung Bundesministerium und Forschung (BMBF)» в Техническом университете Мюнхена, финансируемого исследовательским проектом Mobil50+. Данная платформа осуществляет обработку запросов пожилых людей о помощи в их повседневной жизни в условиях ограниченной местной сети, состоящей из соседей и друзей, а

также различных поставщиков профессиональных услуг для них.

Процесс оказания помощи на "Bring Dich ein!" довольно прост. Инициатор (пользователь) создает запрос в виде статус-сообщения. Данный запрос отображается на стене платформы, которая доступна для просмотра всем пользователям. Главная страница всегда отображает последний размещенный запрос. Статус-сообщение содержит следующую информацию: подробное описание запроса, время, дата, место желательного выполнения запроса. После его появления на стене зарегистрированные пользователи, добровольцы или провайдеры коммерческих услуг могут ответить на запрос. Они посылают ответ на платформу, который содержит следующую информацию: имя пользователя, предполагаемый срок для исполнения запроса; в случае оказания коммерческих услуг также ожидаемую цену за выполненные услуги. Кроме того, все пользователи могут задать вопросы или посылать комментарии по поводу просьб и предложений, если необходимо получить более точную информацию.

Инициатор запроса может выбрать, кто будет выполнять его просьбу. В этом случае он подтверждает выполнение и автоматически происходит отправка уведомления провайдеру услуги. После этого, провайдер может получить всю дополнительную информацию, необходимую для выполнения запроса. Статус запроса маркируется как «Принят в работу». Владельцы других предложений также уведомляются о том, что они отклонены.

В настоящее время одновременная обработка большого количества запросов поставщиками услуг невозможна из-за ограниченности сети. Не все запросы могут быть решены быстро и надлежащим образом, потому что только соседи и друзья, находящиеся в этой же самой сети, в состоянии помочь. Но даже в случае оказания необходимой помощи всем пользователям тратится большое количество времени, которое могло бы сократиться в несколько раз, если бы в качестве коммерческих поставщиков услуг явилась молодежь.

Для повышения эффективности BDE, было решено разработать приложение на сайте социальной сети «Facebook». Тем самым, можно увеличить посещаемость платформы, а также получать большую выгоду от ее использования для всех членов сообщества.

«Facebook» был выбран как потенциальное решение, исходя из следующих причин:

1. является крупнейшей социальной сетью на сегодняшний день, которая включает более 500 миллионов активных пользователей [5];

2. является не только крупнейшей социальной сетью, но и обладает самыми активными пользователями: в среднем, время проведения в сети более 700 млрд. минут в месяц [5].

Поэтому, используя потенциал пользователей сети «Facebook», мы действительно можем достичь поставленной цели.

Прежде всего, в процессе разработки приложения мы должны определить его организационную структуру, основные действия, выполняемые приложением, класс пользователей [6] и типы взаимодействий между ними. Следующим шагом является проектирование всех вышеперечисленных компонентов [7]. Например, в нашем случае для отображения сведений о просьбе, нам необходима информация об инициаторе. Третьей ступенью является проектирование соответствующей навигации, в соответствии с диаграммой взаимодействия. Четвертый шаг – это проектирование логики приложения, которая реализуется с помощью HTML, сервера World-Wide Web и сервера базы данных. Пятый шаг – это разработка пользовательского интерфейса, т.е. должно быть реализовано то, что представлено на втором шаге в согласии с диаграммой взаимодействия между пользователями [8]. В завершении процесса разработки приложения необходимо произвести реализацию и тестирование приложения.

В нашем случае, так как решено создать приложение на «Facebook» для пожилых людей, необходимо учитывать требования пользователей. Поэтому, проведя литературное исследование в области геронтологии, можно сказать, что пожилые люди ожидают увидеть в процессе использования приложения дружественный графический интерфейс со следующими характеристиками: (1) навигационные элементы и текст в размере 14 пунктов; (2) структура навигации, состоящая из одного иерархического уровня; (3) ограничения людей, которые могут посылать рассылку со спамом; (4) четкие принципы управления приложением; (5) легкие параметры конфиденциальности.

На главной web-странице приложения необходимо сделать функцию полнотекстового поиска в режиме “Meine Nachbarschaft”. Только зарегистрированные пользователи могут искать соседей и провайдеров услуг. Данное приложение должно поддерживать отправку личных сообщений от пользователя к пользователю.

В общем, приложение состоит из пяти компонентов: язык разметки, полученных из HTML (Facebook Markup Language); REST API для установления связи между «Facebook» и приложением; язык SQL для работы с данными

(Facebook Query Language); сценарии JavaScript; и набора клиентских библиотек для различных языков программирования.

По сути, любое приложение становится доступным для пользователей, когда его запрашивают через «Facebook». В то же время, когда пользователь запрашивает что-то из приложения, то его запрос передается на сервер приложения для создания начального вызов «Facebook» API. В этот момент приложение создает ответ (FBML) и передает его обратно на сервер «Facebook», где создается ответ в виде HTML для пользователей. В связи с постоянным прохождением большого количества информации между серверами, возникает дополнительный уровень сложности, который может усложнить отслеживание ошибок. Поэтому также необходимо рассмотреть этот вопрос при разработке приложений более подробно, потому что мы не хотим делать ненужные вызовы API, что может существенно замедлить работу приложения.

Работа над разработкой приложения на сайте «Facebook» для пожилых людей началась в конце 2010 года, его внедрение планируется в середине 2011 года.

Литература

1. Eisenmenger, M., Potzsch, O., Sommer, B. (2006): *Bevölkerung Deutschlands bis 2050-11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung*. Statistisches Bundesamt: Wiesbaden.
2. HSBC Insurance, (2007): “The future of retirement – The new old age”. www.hsbc.com/1/PA_1_1_S5/content/assets/retirement/gender_perspective_eurasia_africa_1.pdf
3. User Agent Accessibility Guidelines, (2007): 2.0 Requirements <http://www.w3.org/TR/2007/WD-UAAG20-requirements-20071031/>
4. Christopher, P. (1999): *Older Adults - Special considerations for special people*. Available at: <http://www.gsu.edu/~mstsw/courses/it7000/papers/newpage31.htm>
5. press-centre (2010): *facebook statistics* - <http://www.facebook.com/press/info.php?statistics>
6. Isakowitz, T., Stohr, E. A., and Balasubramanian, P. (1995): *RMM: A methodology for structured hypermedia design*. *Commun.ACM* 38,8.
7. Garzotto, F., Mainetti, L., and Paolini, P. (1995): *Hypermedia design, analysis, and evaluation issues*. *Commun. ACM* 38, 8.
8. Balasubramanian, V., and Turoff, M., (1995): *A systematic approach to user interface design for hypertext systems*. In *Proceedings of the 28th Annual Hawaii International Conference on System Sciences Volume III, (HICSS'95)*. pp. 241–250.

ОБРАБОТКА ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ МЕТОДОМ СТОКСА

Суханова Е.Ф., Марченко В.В.
Томский политехнический университет,
kateandmax@sibmail.com

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. В частности, нас интересуют ритмы головного мозга, регистрирующиеся при записи электроэнцефалограммы (ЭЭГ).

Возникающие при непрерывно происходящей поляризации и деполяризации различных нервных элементов головного мозга биоэлектрические токи взаимодействуют между собой и дают сложную интерференционную кривую ЭЭГ. Основной задачей специалиста, проводящего электроэнцефалографическое обследование, является выделение в сигнале значимых признаков, идентификация их параметров и составление на их основании заключения. Кратко этот процесс называется анализом ЭЭГ.

Наиболее часто для анализа используются четыре основных ритма [1], для которых определены границы диапазона частот (см. табл. 1).

Таблица 1. Основные ритмы ЭЭГ

Название ритма	Диапазон частот, Гц	Амплитуда в норме, мкВ
Дельта	0,5 – 4	> 40
Тета	4 – 8	> 40
Альфа	8 – 13	< 100
Бета	13 – 35	≤ 20

Метод Стокса решает задачу выделения ритмов, скрытых в сигнале электроэнцефалограммы.

Для применения метода Стокса необходимо, чтобы на участке конечной длины задана некоторая функция своими дискретными значениями для соответствующих равноотстоящих значений аргумента. Причем подозревается, что эта функция является результатом наложения на синусоидальную кривую, параметры которой амплитуда, период (частота) и фаза неизвестны, другой произвольной функции, удовлетворяющей условиям Дирихле. Т.е. в соответствии с этими условиями функция однозначна, кусочно-непрерывна, имеет конечное число точек разрыва первого рода, конечное число \max и \min и, кроме того, предельные значения на концах заданного интервала конечны.

В общем случае, наиболее интересном для практических целей, при исследовании экспериментально полученных кривых, нет гарантии, что на самом деле в исследуемой зависимости скрыта только одна, а не несколько периодических кривых. Но можно ограничиться более простой постановкой задачи, потому что, если

метод окажется способным выявить хотя бы одну из составляющих периодического характера, то ничто не помешает вычестить ее из заданной зависимости и оперировать подобным же приемом над “остаточной” функцией. Таким образом, метод Стокса позволяет определить частоту и амплитуду доминирующей скрытой периодической составляющей для каждого ритма ЭЭГ. Более подробно суть метода Стокса рассмотрена в работе [2].

Рассматриваемый в данной статье метод был применен для обработки вызванных потенциалов ЭЭГ группы детей и подростков обоего пола в возрасте от 7 до 15 лет численностью 40 человек, набранной в Томском НИИ Курортологии и физиотерапии. Состояние детей оценивалось при поступлении ребенка на лечение и по окончании курса реабилитации. Для исследований группа была поделена надвое в соответствии с диагнозом ребенка: ожирение (19 человек) или аутоиммунный тиреоидит (АИТ, 21 человек).

Для анализа выбирался сигнал вызванного потенциала ЭЭГ с височно-теменного отведения, не содержащий артефактов. В сигнале методом Стокса выделялись амплитуда и частота 4-х основных ритмов ЭЭГ. Таким образом, состояние каждого ребенка в группе характеризовалось 8-ью параметрами. Затем для каждого параметра, определенного методом Стокса, были рассчитаны следующие статистические показатели в подгруппе детей с определенным заболеванием: максимальное, минимальное и среднее значения, исправленные дисперсия и среднееквадратическое отклонение, точность при доверительной вероятности 0,95, а также нижняя и верхняя границы доверительного интервала. Полученные результаты, наглядно демонстрирующие различия между исследуемыми группами детей, приведены на рис. 1 – 4.

Из графиков хорошо видны различия в значениях параметров как между группами детей с различными заболеваниями, так и внутри группы с одним заболеванием до и после лечения. Причем визуальная разница проявляется не только между средними значениями одного параметра, но и в размере доверительных интервалов.

С использованием критерия Вилкоксона [3–4] доказано, что параметры сигнала ЭЭГ, выделенные с помощью метода Стокса, значимо ($\alpha = 0,05$) отличаются для разных заболеваний (см. табл. 2), что указывает на наличие связи между определенным заболеванием и деятельностью головного мозга. В табл. 2 символ «●» показывает значимые различия параметра внутри группы до и после лечения; «*» - значимые различия параметра между группами до лечения; «■» - значимые

различия параметра между группами после лечения; пустая ячейка – отсутствие значимых различий.

Кроме того, установлено, что в зависимости от особенностей патологии дети по-разному реагируют на лечение, что необходимо учитывать при составлении курса реабилитационной терапии.

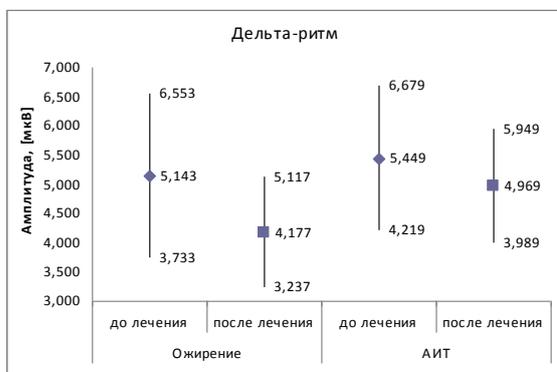


Рис.1. График амплитуды дельта-ритма

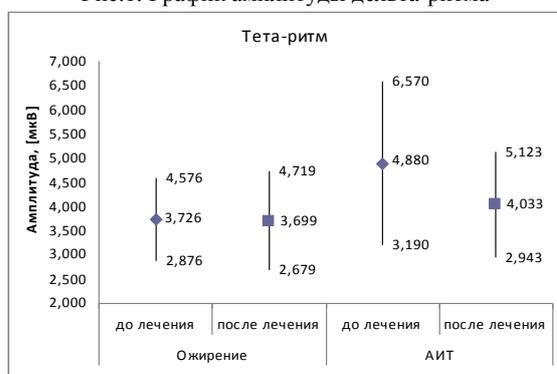


Рис.2. График амплитуды тета-ритма

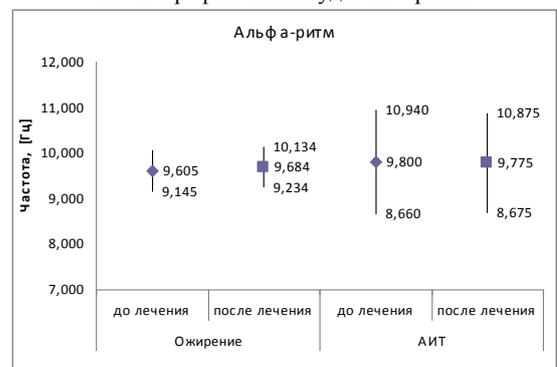


Рис.3. График частоты альфа-ритма

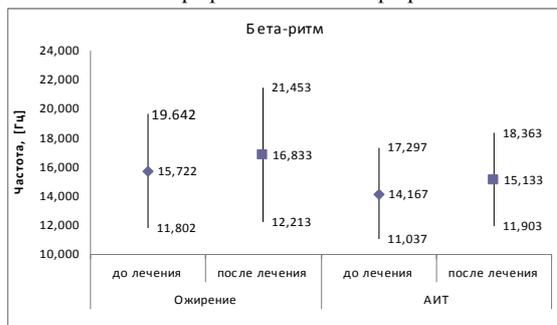


Рис.4. График частоты бета-ритма

Таблица 2. Значимость различий между параметрами метода Стокса

Название параметра	Ожирение	АИТ
А дельта-ритма	● ■	■
ω дельта-ритма	●	
А тета-ритма	* ■	● * ■
ω тета-ритма		
А альфа-ритма	●	●
ω альфа-ритма	* ■	* ■
А бета-ритма		●
ω бета-ритма	* ■	● * ■

Таблица 2 показывает, что наибольший эффект курс реабилитационной терапии оказывает на группу с заболеванием аутоиммунный тиреозит.

Наиболее информативными показателями являются амплитуда тета-ритма и частота бета-ритма, а наименее информативным – частота тета-ритма.

Таким образом, метод Стокса выделения скрытых периодических составляющих показал свою работоспособность на реальных данных. Параметры сигнала ЭЭГ, выделенные с помощью метода Стокса, отличаются для разных заболеваний. Кроме того, установлено, что в зависимости от особенностей патологии дети по-разному реагируют на лечение, что необходимо учитывать при составлении курса реабилитационной терапии.

Литература

- Сахаров В.Л., Андреев А.С. Методы математической обработки электроэнцефалограмм: Учебное пособие.– Таганрог: “Антон”.
- Тимофеев В.А. Теория и практика результатов наблюдений над техническими объектами, работающими в эксплуатационных условиях.
- Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. Изд. 7-е, стер. – М.: Высш. шк., 2000.
- Большев Л.И., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука, 1965.

МЕТОД ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

А.О. Звонов, А.Г. Янишевская
Омский государственный технический университет
azvonov@ronasit.com

Введение

Методы математического анализа и моделирования позволяют не только проектировать сложные системы, но и исследовать их свойства, сравнивать потенциал различных подходов и технологий, осуществлять прогнозирование и управление.

Информационная сеть — сложная система, предназначенная для обработки, хранения и передачи данных. В последние годы наметился переход от разнородных телекоммуникационных сетей к сетям следующего поколения или так называемым мультисервисным сетям. В таких сетях предоставляются услуги по передаче голоса, данных и видео, в них осуществлена конвергенция мобильных и фиксированных сетей.

На этапах разработки и проектирования мультисервисной сети возникает задача оценивания широкого класса вероятностно-временных характеристик. Это вызывает необходимость разработки соответствующего математического аппарата.

Построение концептуальной и программной моделей исследуемой системы заключается в выборе соответствующего множества объектов (модельных и программных) и установлении между ними структуры связей, соответствующей структуре связей элементов исследуемой системы.

Метод имитационного моделирования

Математическим объектом, который лежит в основе метода имитационного моделирования задержек и производительности в телекоммуникационных сетях вообще, и мультисервисных сетях в частности, являются дискретные динамические системы.

Дискретная динамическая система (ДС) A^{ml} , описываемая имитационной моделью $ml \in t_{sm}$, рассматривается как соответствующая структура разнотипных компонентов, функционирование которых определено на некотором общем интервале времени. Это реальное время отображается в имитационных моделях модельным временем $\tau^{ml} \in R[0, \infty]$. Поведение структуры компонентов имитационной модели $H^{A^{ml}} = \{h_j^{A^{ml}}\}$ является множеством всех отображений $h_j^{A^{ml}}: \tau^{ml} \rightarrow S^{ml}$, которые описываются ступенчатыми функциями от времени. Любая траектория $h^{A^{ml}} \in H^{A^{ml}}$ дискретной системы A^{ml} описывается последовательностью событий (изменений состояний) на интервале τ^{ml} модельного времени, $h^{A^{ml}} = \{e_j^{ml}\}$. На траекториях дискретных систем различаются локальные и глобальные события.

Локальное событие $e^{ml} \in h^{A^{ml}}$ определяется как некоторое событие e^{cm} на траектории h^{cm} некоторого компонента $cm \in A^{ml}$. Событие e_j^{cm} с номером j траектории h^{cm} компонента cm определяется следующим образом: $e_j^{cm} = \langle h_j^{cm}, t_j^{cm} \rangle$. Отображение $h_j^{cm}: S^{cm} \rightarrow S^{cm}$ определяет образ события e_j^{cm} , и оно описывает изменение состояния компонента cm в соответствующий момент времени следующим образом: $h^{cm}(t) = h_j^{cm}(h^{cm}(t_{j-1}^{cm}))$, для $\forall t \in R(t_j^{cm}, t_{j+1}^{cm}] \subseteq \tau^{ml}$, где t_j^{cm} является моментом времени, в котором имело место событие e_j^{cm} .

Отображение $\tau_j^{cm}: S^{cm} \rightarrow R[t_{j-1}^{cm}, t_j^{cm}]$ определяет таймер события e_j^{cm} , который описывает момент модельного времени, в который событие e_j^{cm} должно наступить, где $t_0^{cm} = \min t$ ($t \in \tau^{ml}$) - начальный момент интервала времени, на котором воспроизводится траектория компонентов модели, $t_M^{cm} = \max t$ - конечный момент интервала времени, на котором воспроизводится траектория компонентов модели, а соотношение между последовательными моментами изменения состояния определяется следующим выражением: $t_j^{cm} = \tau^{cm}(h^{cm}(t_{j-1}^{cm}))$.

В некоторый момент t на траектории $h^{A^{ml}}$ структуры компонентов A^{ml} модели ml может иметь место несколько одновременных событий. Два одновременных события $e_j^{ml}, e_i^{ml} = \langle h_j^{A^{ml}}, \tau_j^{A^{ml}} \rangle$, и $e_i^{ml}, e_i^{ml} = \langle h_j^{A^{ml}}, \tau_j^{A^{ml}} \rangle$ являются независимыми, если: $h_j^{A^{ml}}(h_i^{A^{ml}}(h^{ml}(t))) = h_i^{A^{ml}}(h_j^{A^{ml}}(h^{ml}(t)))$.

На траектории $h \in H^{cm}$ компонента cm не могут быть определены независимые события.

На траекториях поведения $H^{A^{ml}}$ различаются ординарные и структурированные события. Структурированное событие, в отличие от ординарного, определяется как последовательность зависимых подсобытий (ординарных или структурированных) данного события.

Компоненты дискретной системы A^{ml} осуществляют взаимодействие с другими компонентами посредством обмена (передачи друг

другу) сообщениями различных типов. Каждый обмен сообщениями между компонентами системы определяется как глобальное событие, которое всегда является подсобытием некоторого локального события, инициировавшего данный обмен. Все одновременные глобальные события являются независимыми

Передача сообщения между компонентами осуществляется по «идеальным связям», множество которых образует сеть связей компонентов. Идеальная связь предполагает бесконечную пропускную способность и абсолютную надежность передачи сообщений. Связи подсоединяются к компонентам через их клеммы. Различаются входные, выходные и неориентированные клеммы компонентов, через которые осуществляется прием и передача сообщений. Сообщения, которыми обмениваются компоненты, могут быть бесконечного размера, и длительность интервала времени их жизни равна нулю. Содержание сообщений определяется алгоритмами взаимодействия соответствующих компонентов. Сформированное компонентом сообщение направляется им на его выходную клемму, после чего оно мгновенно передается по связям на соответствующие входные клеммы других компонентов. Сообщение, принятое на входной клемме, мгновенно обрабатывается компонентом и уничтожается.

Клемма a^{cm} компонента cm определяется как вектор координат его состояния s^{cm} , $a^{cm} = \{s_{k_i}^{cm}\}$, $k_i \in Z[1, |s^{cm}|]$. Множество клемм $\tilde{a}^{cm} = \{a_j^{cm}\}$ образует интерфейс компонента cm . Множество входных и неориентированных клемм $\bar{a}^{cm} \subseteq \tilde{a}^{cm}$ образует входной интерфейс компонента cm , множество выходных и неориентированных клемм $\bar{a}^{cm} \subseteq \tilde{a}^{cm}$ образует выходной интерфейс. Множества $\bar{a}^{ml} \cup_{cm \in A^{mj}} \tilde{a}^{cm}$ и $\bar{a}^{ml} \cup_{cm \in A^{ml}} \tilde{a}^{cm}$ образуют интерфейсы входов и выходов дискретной системы A^{ml} . Состояние $s^{\bar{a}}$ интерфейса \tilde{a} определяется как композиция состояний клемм интерфейсов $s^{\bar{a}} = \bigcup_{a \in \tilde{a}} a$. Алфавит $S^{\bar{a}}$ интерфейса \tilde{a} определяется как прямое произведение алфавитов координат его состояния $S^{\bar{a}}$.

Сеть связей $n^{A^{mj}}$ входов и выходов дискретной системы A^{ml} определяется отображением $n^{A^{mj}} : S^{\bar{a}^{mj}} \rightarrow S^{\tilde{a}^{mj}}$, которое осуществляет мгновенную передачу сообщений, сформированных на выходных и неориентированных клеммах, на соответствующие входные и неориентированные клеммы в каждые моменты модельного времени, в которые имели место события на траектории $h^{A^{mj}}$ системы A^{ml} .

Таким образом, поведение $H^{A^{mj}}$ дискретной системы A^{ml} определяется множеством поведений всех ее компонентов и сетью их связей $n^{A^{mj}}$. Исследуемая в модельном эксперименте с моделью траектория $h^{A^{ml}}(t)$ определяется начальными точками $h^{cm}(t_0)$ траекторий $h^{cm}(t)$ всех компонентов $cm \in A^{ml}$ в момент модельного времени $t_0 \min_{t \in \tau^{mj}} t$.

Заключение

Имитационное моделирование является признанным инструментом исследования информационных сетей. Главной причиной для этого является невозможность с достаточной степенью точности математически описать объект во всей полноте, т.е. и его структуру, и сложные алгоритмы функционирования, а следовательно и сложные и нестационарные динамические процессы. Математическими средствами, как правило, удается решать частные задачи. Аналитическому моделированию с помощью Марковских процессов и моделей массового обслуживания хорошо поддаются отдельные узлы и каналы сети, в то время как моделирование сети в целом аналитически бывает весьма затруднено, особенно при нерегулярных структурах и неоднородном оборудовании. Особенно трудно осуществляется аналитическое моделирование отказов в сетях, предусматривающих различные режимы перераспределения потоков и восстановления оборудования. Также вызывает значительные затруднения оценивание временных и надежностных характеристик алгоритмически сложных распределенных протоколов методом аналитического моделирования. Решение этих и ряда других задач является возможным и эффективным при использовании метода имитационного моделирования.

Литература

1. Величко В.В. Телекоммуникационные системы и сети. Т. 3. Мультисервисные сети: Учебное пособие для студентов втузов/ В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов; под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 592с.
2. Вишнеvский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей: монография / М.В. Вишнеvский. – М.: Техносфера, 2003. – 512с.

УЧЁТ ПРОФИЛЯ ТРУБОПРОВОДА ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ УТЕЧЕК В НЁМ

Т.В. Теуцакова, Т.Е. Степанченко

Научно исследовательский Томский политехнический университет
3u3a@sibmail.com

Введение

В нашей стране интенсивно развивается нефтедобывающая отрасль и потому актуальной является проблема обеспечения надежности функционирования магистральных трубопроводов. Важное значение в регулировании режимов работы магистральных трубопроводов имеет своевременное обнаружение утечек в них.

Существует большое количество методов обнаружения утечек в трубопроводах: метод сравнения расходов, метод сравнения закачек и отборов, ультразвуковой (зондовый) метод, метод акустической эмиссии, метод анализа статического давления, метод гидравлической локации места утечки нефти [1]

В представленной работе будет рассмотрен один из них, а также приведены модели трубопроводов различной геометрии с утечкой и без неё.

Метод гидравлической локации места утечки нефти

Данный метод основан на анализе гидравлических характеристик участка нефтепровода. Пусть плечо АБ нефтепровода между двумя нефтеперекачивающими станциями работает в стационарном режиме, не имеет самотечных участков и транспортирует однородную нефть с некоторым расходом Q_0 (рис. 1).

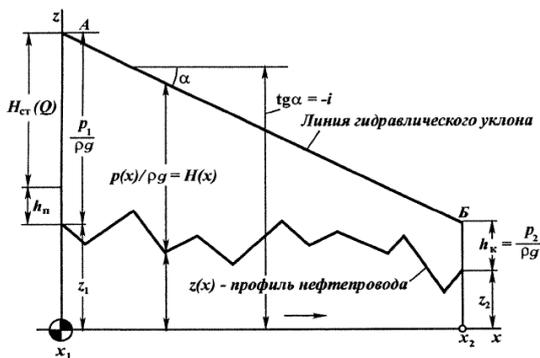


Рис. 1. Гидравлический расчет участка нефтепровода

Прямая АБ, представляющая зависимость полного напора H от координаты x вдоль оси трубопровода. $H(x)$ называется линией гидравлического уклона и вычисляется по формуле [1]:

$$H(x) = z(x) + \frac{p(x)}{\rho g} \quad (1)$$

где $z(x)$ – геометрический профиль трубопровода [м], x – координата [м], $p(x)$ – давление в трубопроводе [Па], ρ – плотность жидкости [кг/м³], g – ускорение свободного падения [м/с²].

Абсолютное значение тангенса угла α ее наклона к горизонтали называется гидравлическим уклоном:

$$i = -\frac{dH}{dx} = |\operatorname{tg}(\alpha)| \quad (2)$$

Предположим, что имеется трубопровод круглого сечения без отводов и лупингов с транспортируемой жидкостью (нефть или нефтепродукт) В начале и в конце трубопровода поддерживается постоянное давление P_H и P_K . При возникновении утечки в трубопроводе, как показывает практика эксплуатации нефти и нефтепродуктопроводов, появляется кратковременное изменение динамических параметров потока, которое от места утечки распространяется по обе стороны трубопровода. Это приводит к изменениям давления и, соответственно, линии гидравлического уклона.

Основываясь на (1) и [2] запишем уравнения, описывающие изменение линии гидравлического уклона:

$$H_1(x) = \frac{x_1}{l} \left[\left(z_K(x) + \frac{P_K(x)}{\rho g} \right) - \left(z_H(x) + \frac{P_H(x)}{\rho g} \right) \right] + z_H(x) + \frac{P_H(x)}{\rho g} - \frac{2aG_T}{lF\rho g} (l - \xi)x_1; \quad (3)$$

$$H_2(x) = \frac{x_2}{l} \left[\left(z_K(x) + \frac{P_K(x)}{\rho g} \right) - \left(z_H(x) + \frac{P_H(x)}{\rho g} \right) \right] + z_H(x) + \frac{P_H(x)}{\rho g} - \frac{2aG_T}{lF\rho g} (l - x_2)\xi;$$

где P_H, P_K – давления, соответственно, в начале и на конце участка трубопровода [Па], x_1 – координата датчика до утечки [м], x_2 – координата датчика после утечки [м], ξ – координата утечки [м], $2a = \lambda \cdot w / (2d)$, d – длина и внутренний диаметр трубопровода [м], λ – коэффициент сопротивления трубопровода [с⁻¹]; w – скорость движения нефтепродукта [м/с], G_T – массовый расход [кг/с].

Моделирование процесса вычисления параметров утечки

Рассмотрим различные геометрические профили трубопровода: 1) прямолинейный; 2) линейный с уклоном; 3) нелинейный в виде выпуклой параболы.

Геометрические профили представлены на рис. 2.

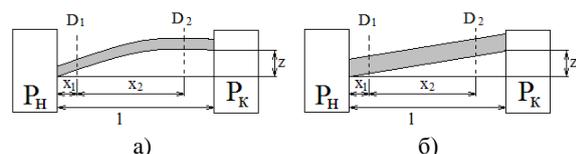


Рис. 2. Геометрия трубопровода а) – линейная форма с уклоном; б) нелинейная форма (изгиб)

Для того чтобы задать необходимый изгиб и вид трубопровода мы задаем начальный и конечный уклон трубопровода. При этом точка отсчёта находится в начале трубопровода. Изменяется от координаты конечная точка геометрического профиля, которая рассчитывается для различных видов по формулам:

$$\begin{aligned} z_1(x) &= 0; \\ z_2(x) &= \frac{1}{1000}x; \\ z_3(x) &= -\frac{1}{25 \cdot 10^6}(x - 25 \cdot 10^3)^2 + 25. \end{aligned} \quad (4)$$

По формулам (3) и (4) была составлена имитационная модель в приложении Simulink пакета Matlab.

Расчёты проводились при помощи программного пакета Mathcad с использованием значений, взятых из [3]: $P_H=2941995$ Па, $P_K=1961330$ Па, $D=0,72$ м, $F=0,407$ м², $C=975$ мс⁻¹, $2a=0,018$ с⁻¹, $\xi=5 \cdot 10^3$ м, $l=3 \cdot 10^4$ м, $G_T=500$ кг/с.

Было проведено два эксперимента. Рассматривались различные виды геометрического уклона трубопровода без утечки и при её наличии.

Основываясь на уравнениях (1) и (3) получены значения линий гидравлического уклона на разных участках трубопровода и построены графики зависимости линии гидравлического уклона от координат, представленные на рис. 3.

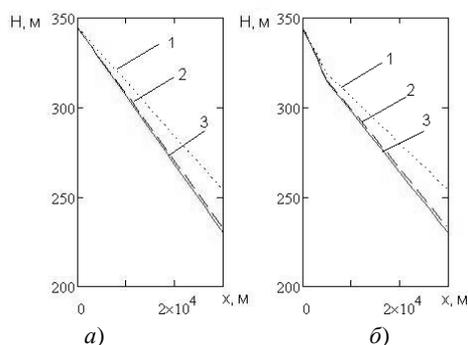


Рис. 3. Графики зависимости линии гидравлического уклона от координаты трубопровода, где 1 – нелинейный уклон, 2 – линейный уклон, 3 – прямолинейный без уклона, а) – без утечки, б) – с утечкой

По графикам видно, что линии гидравлического уклона зависят от геометрии трубопровода, данная зависимость обусловлена наличием спада давления и различным геометрическим профилем. На всех графиках мы можем наблюдать перелом в месте нахождения утечки, что говорит о её влиянии на линию гидравлического уклона.

Так же можно увидеть, что наличие нелинейного профиля в большей степени влияет на изменение гидравлического уклона, чем линейный уклон. Для того, что бы охарактеризовать эту зависимость построим график изменения угла геометрического профиля от координаты трубопровода по формуле (2).

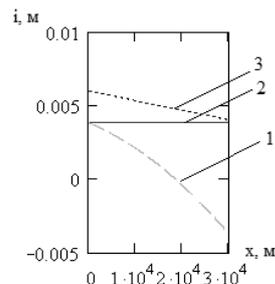


Рис. 4. Графики зависимости $i(x)$ от координаты трубопровода без утечки, где 1 – нелинейный уклон, 2 – прямолинейный без уклона, 3 – линейный уклон.

Графики, представленные на рис. 4, показывают, что гидравлический уклон зависит от геометрии трубопровода, причем данная зависимость линейная.

Заключение

1. Рассмотрен метод гидравлической локации места утечки нефти.
2. Проведена классификация трубопроводов.
3. Получена модель трубопровода с утечкой с учётом геометрического профиля.
4. Проведены исследования моделей.
5. Получены графики зависимостей гидравлических профилей от координаты трубопровода при различной геометрии трубопровода.
6. Показаны формула гидравлического уклона и графики его зависимости от вида трубопровода.
7. Показано влияние геометрии трубопровода на его гидравлический профиль.
8. Доказана необходимость учёта геометрического вида трубопровода, так как он имеет важное значение при расчете утечек

В дальнейшем планируется выполнить корректировку алгоритмов обнаружения утечки в трубопроводах с учётом его геометрического профиля, которые будут использованы для управления процессами течения жидкости в трубопроводах, а так же для их диспетчеризации и диагностики.

Литература

1. Трубопроводный транспорт нефти: Г. Г. Васильев, Г. Е. Коробков, А. А. Коршак и др.; Под редакцией С. М. Вайнштока: Учебник для вузов: В 2 т. – М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2002. – Т. 1. – 408 с
2. Степанченко Т.Е., Шкляр В.Н. Разработка и исследование алгоритмов обнаружения утечек в магистральных трубопроводах на основе их гидродинамических моделей // Известия Томского политехнического университета, 2006. – Т. 309 – № 7. – С. 70–73.
3. Степанченко Т.Е., Шкляр В.Н. Исследование математической модели процесса утечки жидкости в трубопроводе // Современные техника и технологии: Труды XI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 2005. – Т. 1. – С. 250–254

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРНОГО МАСШТАБА ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

П.С.Ефремов, Ю.Р.Цой
Томский политехнический университет
EfremovOne@mail.ru

Введение

Обнаружение и сопоставление точечных особенностей на изображениях является важной задачей компьютерного зрения и находит применение в таких приложениях как 3D реконструкция, индексация в базах данных изображений, распознавание образов и т.д. Сопоставление точечных особенностей может дать информацию о настройках, положении камеры для каждого изображения, о масштабе объекта на изображении, об угле поворота относительно объекта на разных изображениях. К сожалению, на данный момент нет универсального алгоритма качественно решающего данную задачу. Связано это с тем, что при съемке сцены изображения ее точные особенности подвергают различным искажениям, например проективным преобразованиям, связанным с перемещением камеры либо объектов сцены, и как следствием, изменением масштаба и поворотом изображения, изменением освещенности сцены [1].

Одна из основных задач, рассматриваемых в данном исследовании: определение и сопоставление характерного масштаба изображений или объектов изображений. В данной статье будет рассказано о способе определения характерного масштаба объектов на изображениях и его применение для анализа изображений.

Описание метода

Чаще всего для получения масштабного пространства используется Гауссово размытие [2]. Для данного изображения $f(x,y)$ масштабным пространством будет являться семейство вторичных изображений $L(x,y,t)$, полученных сверткой из $f(x,y)$ с гауссовым ядром

$$g(x, y; t) = \frac{1}{2\pi t} e^{-(x^2+y^2)/2t},$$

таким что $L(\cdot, \cdot; t) = g(\cdot, \cdot; t) * f(\cdot, \cdot)$, где g – гауссово размытие, точка с запятой в аргументе L свидетельствует, что свертка совершается только по переменным x, y , а параметр масштаба t после запятой просто указывает, какой уровень масштаба был выбран.

В упрощенном понимании, фильтр «Гауссово размытие» изменяет каждую точку текущего слоя или выделения, делая её значение равным взвешенной сумме соседних точек из некоторой окрестности. При этом чем больше расстояние до рассматриваемой точки, тем меньше вес. Значение радиуса окрестности можно изменить. Чем больше радиус, тем сильнее будет размыто изображение.

Размытие можно производить либо в одном направлении (по горизонтали или вертикали), либо в двух.

После применения Гауссова размытия получается изображение, как будто удаленное от наблюдателя и от этого размытое. Иллюстративные примеры размытия с различными значениями параметра размытия представлены на рис. 1-4 (приводятся рисунки из [2]).

В дальнейшем данные изображения с размытием можно будет использовать для нахождения более важных точечных особенностей.

Применение оператора Гауссова размытия приводит с ростом t к постепенному уменьшению среднего значения интенсивности. В связи с этим для анализа изображений, полученных в разном масштабе, необходима нормировка значений интенсивности в соответствии с формулой [2]:

$$L_{\xi, \eta}(x, y; t) = t^\gamma L_{x, y}(x, y; t),$$

где $\gamma \in [0; 1]$ – параметр, относящийся к размерности признаков на изображении.

Автоматический выбор масштаба осуществляется путем поиска максимальных значений интенсивности в каждой точке нормализованных масштабных изображений. Значение t , при котором достигается максимальное значение интенсивности в точке, характеризует относительный масштаб в этой точке. Можно предположить, что большинство пикселей, соответствующих одному и тому же объекту будут иметь одинаковый относительный масштаб.



Рис.1. Масштабное представление пространства $l(x, y, t)$ в масштабе $t = 0$, соответствующее исходному изображению f



Рис.2. Масштабное представление пространства $l(x, y, t)$ в масштабе $t = 1$



Рис.3. Масштабное представление пространства $l(x, y, t)$ в масштабе $t = 16$



Рис. 4. Масштабное представление пространства $l(x, y, t)$ в масштабе $t = 64$

Итоги

В ходе работы было разработано приложение, применяющее Гауссово размытие к исходному изображению для получения масштабного пространства. Также в приложении реализована функция выделения краев с использованием оператора Лапласа, для дальнейшего исследования изображения и его особенностей. Выделение границ объектов позволит в дальнейшем выделять особенности на изображениях, для сопоставления одинаковых объектов на разных изображениях.

Примеры работы фильтра выделения краев (с применением гауссова размытия и без) приведены на рис. 5 и 6.



Рис. 5. Выделение границ на исходном изображении



Рис. 6. Выделение границ для изображения с гауссовым размытием при $t = 1$.

Заключение

В дальнейшие планы входит исследование и реализация методов подавления искажений изображений, таких как изменение освещенности, изменение поворота объекта в связи с изменением положения камеры. Также в планах разработка и исследование методов сопоставления сходных объектов на разных изображениях.

Литература

1. Гаганов В. Инвариантные алгоритмы сопоставления точечных особенностей на изображениях // Компьютерная графика и мультимедиа. Сетевой журнал [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://cgm.computergraphics.ru/issues/issue17/invariant_features свободный. – Заглавие с экрана, дата обращения 17.12.2010.
2. Scale space // Wikipedia The free encyclopedia [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Scale_space#cite_note-8 свободный. – Заглавие с экрана, дата обращения 17.12.2010.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ СЕТКИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ СОУДАРЕНИЯ

В. А. Назукин, О. Л. Любчик
Пермский государственный технический университет
v.a.naz@narod.ru

Введение

Повреждение посторонними предметами (ППП) лопаток компрессора – одна из распространенных причин досрочного съема с эксплуатации авиационных двигателей. Для обеспечения работоспособности двигателя, успешного проведения сертификационных испытаний, необходимы лабораторные эксперименты и моделирование соударения лопатки вентилятора с посторонним предметом (ПП). В настоящий момент нет достаточного опыта обеспечения стойкости к ППП, проведения соответствующих экспериментов и расчетов применительно к полым лопаткам сварной конструкции, поэтому данное направление является актуальным для исследований. Чтобы найти оптимальный способ построения моделей, необходимо оценить влияние параметров конечно-элементной сетки на процесс повреждения.

Постановка задачи

Для численного моделирования были созданы модели, состоящие из пластины и шара. Размеры пластины 100x100x1 мм, 50x50x1 мм, диаметр шара, имитирующего посторонний предмет, составлял 10 мм (рис. 1). Моделировалось соударение шара с пластиной под прямым углом. Пластина жестко закреплялась по двум противоположным граням (отмечены штриховкой на схеме). Начальная скорость шара составляла 75 и 100 м/с. Контакт происходит в центральной части пластины.

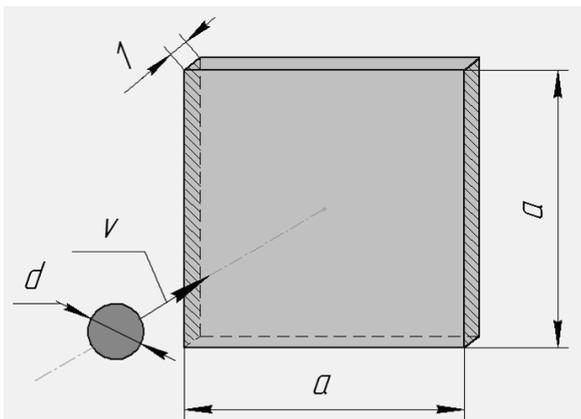


Рис. 1. Схема модели

Материал пластины – титановый сплав ВТ8М, материал шара – сталь (таблица 1).

Исследование проводилось методом конечных элементов в трехмерной упругой постановке с применением программного пакета ANSYS. Для решения динамической задачи соударения использовался встроенный решатель LS-DYNA с

применением явной схемы интегрирования по времени. Использовались призматические 8-и узловые элементы первого порядка аппроксимации SOLID164 и тетраэдральные 10-и узловые второго порядка аппроксимации SOLID168.

В центре пластины выделялся объем размером 20x20x1 мм. Он разбивался конечно-элементной сеткой со значениями размера вблизи точки соударения от 0,2 до 1 мм. На удалении от места контакта размер элементов градиентно увеличивался до 2-3 мм.

Таблица 1. Характеристики материалов [1]

Параметр/материал	ВТ8М	Сталь
Плотность ρ , кг/м ³	4480	8000
Модуль Юнга E , МПа	120 000	200 000
Коэффициент Пуассона, μ	0,3	0,3
Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	850	340
Предел прочности σ_B , МПа	970	580
Предельная деформация разрушения ϵ_B , %	15	–

Для задания свойств материала пластины использовалась кусочно-линейная упруго-пластическая модель поведения материала (Piecewise Linear Plasticity Model) (рис. 2) с учетом скоростного упрочнения. Для моделирования контакта использовался метод пенальти. Разрушение пластины моделировалось удалением из расчета элементов, в которых деформация превышала предельное значение ϵ_B .

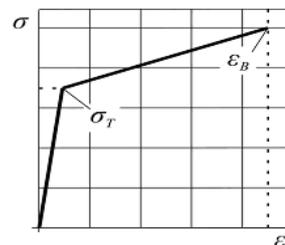


Рис. 2. Билинейная модель поведения материала

Результаты расчетов

При соударении происходит выкрашивание материала пластины. Разрушение происходит в центральной части, представляет собой четыре аэрыва в радиальном направлении с отгибом материала в сторону удара. Размер разрушения с уменьшением характерного размера элемента Δ увеличивается (рис. 2, 3).

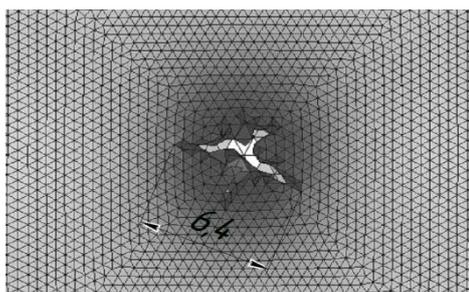


Рис. 3. Разрушение при $\Delta=0,5$ мм

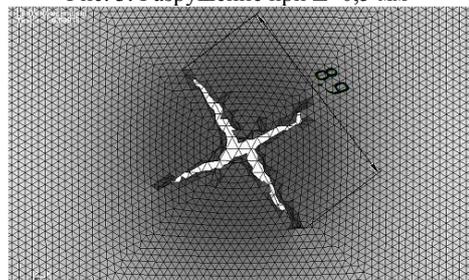


Рис. 4. Разрушение при $\Delta=0,35$ мм

Результаты сравнения параметров повреждения позволяют сделать вывод, что тип используемого элемента практически не влияет на величину напряжений и деформацию пластины, но оказывает воздействие на форму разрушения. При этом для получения схожих результатов характерный размер призматических элементов должен быть меньше тетраэдральных.

Уменьшение размера элементов приводит к увеличению максимальных напряжений в пластине и увеличению скорости нарастания пластической деформации (рис. 4).

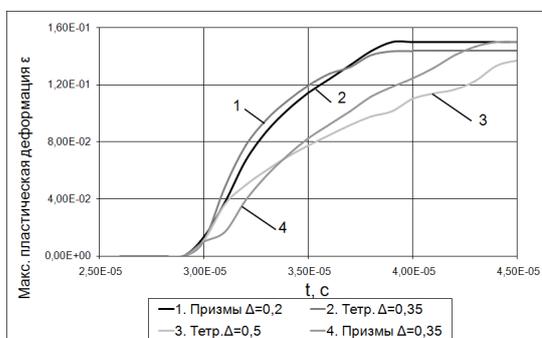


Рис. 5. Зависимость пластической деформации от времени в момент начала контакта

Энергия системы пластина + ПП:

$$E_{полн}^{ПП} = E_{кин}^{ПП} + E_{кин}^{нл} + E_{вн}^{нл} + E_{разр}^{нл},$$

где $E_{полн}^{ПП} = E_{полн}^{ПП}$ - полная энергия системы, $E_{кин}^{ПП}$ - кинетическая энергия шара; $E_{кин}^{нл}$ - кинетическая энергия пластины; $E_{вн}^{нл}$ - внутренняя энергия пластины; $E_{разр}^{нл}$ - энергия, уносимая из системы

при удалении элементов в процессе моделирования разрушения.

Установлено, что размер элемента не оказывает влияния на изменение во времени скорости ПП, следовательно, на его кинетическую энергию. Из сравнения повреждений следует, что при уменьшении Δ , увеличивается доля энергии, затрачиваемой на разрушение материала пластины.

При уменьшении размеров пластины увеличивается жесткость системы. Как видно из диаграммы распределения энергии (рис. 6), для пластины меньших размеров большая часть энергии тратится на деформирование пластины, уменьшается остаточная кинетическая энергия пластины и энергия разрушения. Размер повреждения при этом увеличивается.

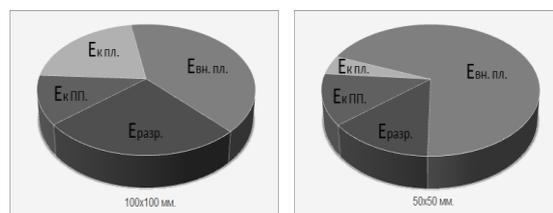


Рис. 6. Распределение энергии при размерах пластины 100x100x1 и 50x50x1 мм

Выводы

Проведено численное моделирование процесса соударения титановой пластины с посторонним предметом; исследованы схемы соударения, различающиеся размерами пластины, типом используемых для построения конечно-элементной сетки элементов и их размером. Использование динамической задачи призматических элементов позволяет сократить время расчета и требует меньше ресурсов вычислительной техники, однако данный тип элемента применим лишь для моделей сравнительно простой формы. Использование неточных моделей или элементов с большим значением характерного размера приводит к заниженным значениям напряжений, деформаций и размеров разрушения. Таким образом, нужно стремиться подбирать размер элементов с учетом сходимости решения в пределах возможностей имеющихся вычислительных систем.

Литература

1. Жеманюк П.Д., Пухальская Г.В., Коваль А.Д., Степанова Л.П., Патюпкин А.В. Исследование влияния обработки лопаток из титановых сплавов в жидком азоте на структурные и прочностные характеристики. – Вестник двигателестроения №1, 2009, С. 119-124.
2. ANSYS для инженеров: Справ. пособие. М.: Машиностроение-1, 2004. 512 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА В МЕНЕДЖМЕНТЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

Ю.А. Пашкова, О.В. Стукач
Томский политехнический университет
capital@sibmail.com

Состояние проблемы

Система менеджмента качества в образовании базируется на следующих принципах:

- понимание и выполнение требований к образованию с учетом международного стандарта ISO 9001:2008;
- постоянное совершенствование образовательного процесса с учетом результатов мониторинга.

На сегодняшний день уровень практической реализации внедрения статистических методов среди требований к системе качества низкий, а возможности методов используются далеко не полностью. Актуальной проблемой является решение задач по обеспечению качества образования, которые требуют разработки и внедрения новых подходов к менеджменту [1].

Целью работы является решение одной из проблем аттестации обучающихся с помощью статистического метода дискриминантного анализа.

Задачи исследования заключались в том, что было необходимо:

- обработать данные – ответы респондентов на заранее составленный тест-вопросник, связанные с областью программирования;
- дискриминировать выборку на две совокупности (группы).

Проведение исследования

По базе обучающихся на профильной и непрофильной кафедрах проводился письменный опрос. Разработанная для проведения исследования тестовая задача включала в себя три блока вопросов, касающихся оценки и тестирования программ, написанных на разных языках программирования. Полученные результаты переводились в шкалу интервалов, а затем регистрировались в электронной базе Excel.

Проведение дискриминантного анализа осуществлялось с помощью программного пакета Statistica 8.0. Поскольку имелось три блока вопросов из десяти, то были взяты средние значения по каждому блоку. Затем данные были отнесены в соответствующие группы экспертным способом (1 – «эксперты», обучающиеся профильной кафедры, 2 – «новички», обучающиеся непрофильной кафедры соответственно).

В ходе вычислений системой были получены дискриминантные функции, представленные на рисунке 1. Значения статистики Уилкса, лежащие около нуля, свидетельствуют о хорошей дискриминации, а значения, лежащие около 1, свидетельствуют о плохой дискриминации. По данным показателя значение лямбды Уилкса, равного 0,434 и по значению F -критерия, равного 67,901, можно сделать вывод, что данная

классификация практически корректна, так как значение статистики Уилкса лежит в интервале $[0,1]$.

В качестве проверки корректности выборок были рассмотрены результаты классификационной матрицы (см. рис. 2).

Discriminant Function Analysis Summary (дискриминантный анализ)						
No. of vars in model: 3; Grouping: Var4 (2 grps)						
Wilks' Lambda: .43369 approx: F (3,156)=67.901 p<0.0000						
N=160	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (1,156)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
Var1	0.458264	0.946380	8.8386	0.003418	0.849683	0.150317
Var2	0.915518	0.473712	173.3141	0.000000	0.580412	0.419588
Var3	0.653554	0.663590	79.0850	0.000000	0.662197	0.337803

Рис. 1. Результаты расчёта дискриминантных функций

Classification Matrix (дискриминантный анализ)			
Rows: Observed classifications			
Columns: Predicted classifications			
Group	Percent Correct	G_1:1 p=.19375	G_2:2 p=.80625
G_1:1	100.0000	31	0
G_2:2	100.0000	0	129
Total	100.0000	31	129

Рис. 2. Классификационная матрица

Из классификационной матрицы были сделаны выводы о том, что объекты аттестации в итоге были правильно отнесены соответствующим группам экспертным способом. В этих классах процент корректности равен 100.

На рисунке 3 представлена классификация случаев, где указаны отнесённые к соответствующим группам обучающиеся. В таблице классификации случаев некорректно отнесенные к группам обучающиеся помечаются звездочкой (*), тем самым получая результат аттестации.

Posterior Probabilities (дискрим. анализ)			
Incorrect classifications are marked with *			
Case	Observed Classif.	G_1:1 p=.45000	G_2:2 p=.55000
Кузьмин	G_2:2	0.396176	0.603824
Макарова	G_2:2	0.455039	0.544961
Матвиенко	G_2:2	0.475940	0.524060
Овчинников	G_2:2	0.468988	0.531012
Поплетнева	G_2:2	0.404839	0.595161
Рыбина	G_2:2	0.470799	0.529201
Степанова	G_2:2	0.374394	0.625606
Топоева	G_2:2	0.392910	0.607090
* Чугунова	G_2:2	0.506190	0.493810
* Шуракова	G_2:2	0.505011	0.494989
Доронина	G_2:2	0.434125	0.565875
* Язат	G_2:2	0.534651	0.465349
* Жукова	G_2:2	0.500224	0.499776
Маркина	G_2:2	0.426399	0.573601
Маслюк	G_2:2	0.406487	0.593513
* Пашкова	G_2:2	0.569112	0.430888

Рис. 3. Результаты дискриминантного анализа

Соответственно, обучающиеся Чугунова, Шуракова, Язат, Жукова и Пашкова были

некорректно отнесены ко второй группе – «новички», обучающиеся непрофильной кафедры. Они должны быть отнесены к первой группе, к которой относятся обучающиеся профильной кафедры.

Задача получения корректных выборок состоит в том, чтобы исключить из выборок те объекты, которые по своим показателям не соответствуют большинству обучающихся, образующих однородную группу [2].

На рисунке 3 обучающиеся, отмеченные (*), отнесены экспертным способом некорректно.

Процедура исключения объекта из выборок состоит в том, что в таблице исходных данных у объекта, который должен быть исключён из выборки (он помечен "*"), убирается номер принадлежности к этой группе, после чего процесс тестирования повторяется.

Для этого с помощью метрики Махаланобиса определяются расстояния от всех n объектов до центра тяжести каждой группы (вектор средних), определяемых по обучающей выборке. Отнесение экспертом i -го объекта в j -ю группу считается ошибочным, если расстояние Махаланобиса от объекта до центра его группы значительно выше, чем от него до центра других групп, а апостериорная вероятность попадания в свою группу ниже критического значения. В этом случае объект считается некорректно отнесенным и должен быть исключен из выборки.

Процедура исключения наблюдений продолжается до тех пор, пока общий коэффициент корректности в классификационной матрице достигнет 100 %, т.е. все наблюдения выборок будут правильно отнесены к соответствующим группам.

Из данных окна «Classification functions» были получены классификационные функции для каждого класса. Например, для двух классов функции имеют вид:

$$Y_1 = -39,2764 + 51,1370 * Var1 - 0,3064 * Var2 + 60,8095 * Var3$$

$$Y_2 = -38,0533 + 42,5153 * Var1 + 45,7741 * Var2 + 33,6106 * Var3$$

Variable	Classification Functions:	
	G_1:1 p=,19375	G_2:2 p=,80625
Var1	51,1370	42,5153
Var2	-0,3064	45,7741
Var3	60,8095	33,6106
Constant	-39,2764	-38,0533

Рис. 4. Классификационные функции

С помощью этих функций можно будет в дальнейшем классифицировать новых

обучающихся. Они будут относиться к тому классу, для которого классифицированное значение будет максимальное. Выбор метода окончательной классификации зависит от количества новых обучающихся, подлежащих классификации. Если количество новых обучающихся невелико, можно применить метод, основанный на статистических критериях. Если же количество новых обучающихся велико, то рациональнее по выборкам получить классификационные функции и затем, настроить формулы и провести окончательную классификацию.

Заключение

Статистические методы контроля качества в настоящее время приобретают все большее признание и распространение. Научные методы статистического контроля качества используются во многих отраслях деятельности. Во-первых, в последнее время значительно ужесточились требования к параметрам качества. Во-вторых, мы сегодня живем в эпоху тотальной персональной компьютеризации и навязчивого программного обеспечения, которые изменили в принципе философию пользования интеллектуальными информационными технологиями. В-третьих, усложнились качественно и количественно задачи менеджмента качества.

При решении задачи аттестации обучающихся был применен статистический метод исследования – дискриминантный анализ данных, основная идея которого заключалась в том, чтобы определить, отличаются ли совокупности по среднему значению какой-либо переменной (или линейной комбинации переменных), а затем использовать эту переменную, чтобы предсказать, к какой из двух групп будет относиться новый обучающийся. В целом, этот метод целесообразно использовать для решения одной из задач по обеспечению качества образования.

Литература

1. Стукач О.В. Статистическое моделирование оценки качества подготовки специалистов по информационным технологиям // Информатика и системы управления. - 2005. - N 1. - С. 175-181. - ISSN 1814-2400.
2. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: Учебное пособие. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. - 464 с.

НОВЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОМПАНИИ

Пащикова Ю.А., Стукач О.В.
Томский политехнический университет
capital@sibmail.com

Состояние проблемы

Удовлетворённость потребителей является основным показателем успешности деятельности компаний. Конкурентоспособность напрямую зависит от степени удовлетворённости потребителей производимыми товарами и услугами. Поэтому этот аспект, определяющий способность организации к выживанию и развитию, поставлен на первое место в современных стандартах качества. [1]

В управляющей жилищной компании при исследовании удовлетворённости жильцов зачастую пользуются традиционными маркетинговыми методами. Исследование ограничивается использованием элементарных статистик. Вместе с тем, в собранных данных гораздо больше информации, чем можно из неё извлечь. Поэтому в интересах управляющих компаний для анализа данных необходимо применять полный спектр статистических методов исследования удовлетворённости потребителей, чтобы извлечь больше информации и выработать качественные управленческие решения, дать больше рекомендаций компании в целях улучшения качества её деятельности.

Целью работы является проведение анализа удовлетворённости жильцов качеством работы одной из управляющих компаний Томска.

Задачи исследования заключались в том, что было необходимо:

- дать оценку удовлетворённости деятельностью работы управляющей компании жильцами подведомственных домов;
- дать оценку удовлетворённости жильцов качеством и оперативностью устранения неполадок;

- выявить скрытый потенциал улучшения деятельности управляющей компании.

Проведение исследования

По базе жильцов домов, управляемых компанией, проводился телефонный опрос согласно утверждённой в службе маркетинга выборке. Разработанная для проведения исследования анкета включала в себя вопросы относительно узнаваемости управляющей компании, информированности жильцов о деятельности компании, информированности населения о расположении и графиках работы пунктов приёма населения, осведомлённости потребителей об услугах, которые предоставляет управляющая компания, удовлетворённости потребителей качеством предоставляемых услуг, оперативности реагирования компанией на возникающие проблемы и неполадки.

Полученные данные вносились в специально разработанные анкеты, а затем регистрировались в электронной базе Excel. Сложность заключалась в том, что компания работает на рынке коммунальных услуг недавно, и клиентская база невелика. В связи с этим задача наиболее полного извлечения информации из собранных данных весьма актуальна.

При обработке данных использовался специализированный программный пакет Statistica, который позволяет не только построить гистограммы для наилучшего визуального отображения результатов, но и провести углублённый анализ. Пример результатов оценки удовлетворённости жильцов по первым трём вопросам представлен на рис. 1.

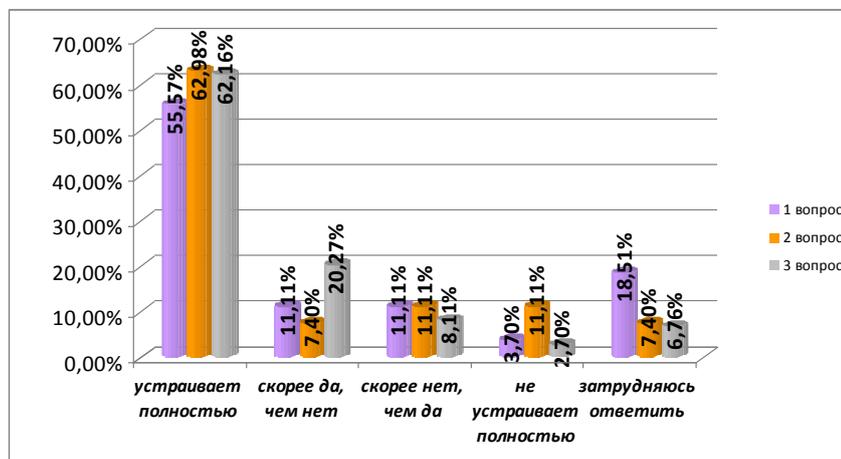


Рис.1. Удовлетворённость жильцов компанией по трём критериям

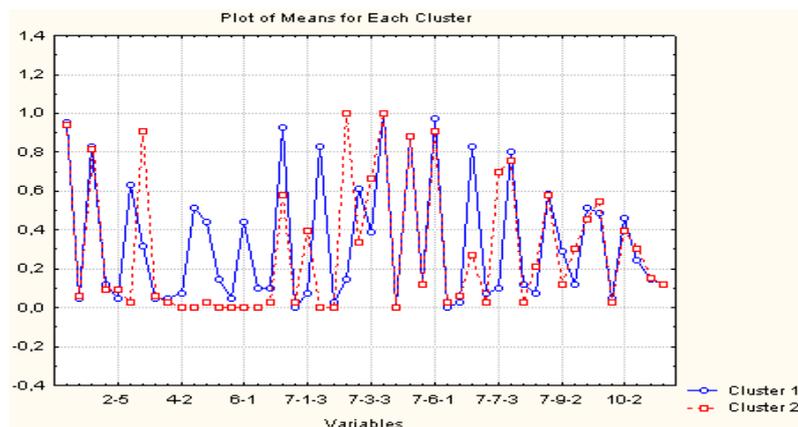


Рис. 2. Результаты кластерного анализа

В данном маркетинговом исследовании были сделаны следующие выводы: при ответе на вопрос относительно удовлетворённости деятельностью управляющей компании 62,16 % жильцов смогли дать ответ «Полностью удовлетворены». При анализе удовлетворённости жильцов качеством и оперативностью устранения неполадок было выявлено, что более 70 % жильцов устраивает оперативность устранения неполадок (62,98 % - устраивает полностью, 7,40 % - скорее устраивает, чем нет) и 66,68 % устраивает качество устранения неполадок (55,57 % - устраивает полностью, 11,11 % - скорее устраивает, чем нет). Около 22,22 % жильцов, обращавшихся в управляющую компанию, неудовлетворены оперативностью устранения неполадок, причем 11,11 % обращавшихся жильцов не устраивает полностью оперативность устранения неполадок. Подобный вывод можно сделать также при анализе ответов на вопрос относительно удовлетворенности жильцов качеством услуг. 14,81 % жильцов, обращавшихся в управляющую компанию, не удовлетворены качеством устранения неполадок, причем 3,7 % обращавшихся жильцов полностью не устраивает качество устранения неполадок. В дальнейшем использовались два основных статистических метода. Один из них – корреляционный анализ. Были выявлены следующие закономерности: из тех жильцов, кто обращался в управляющую компанию для устранения возникших неполадок, устроила оперативность их устранения коэффициент корреляции (-0,78) и качество их устранения (0,75), но они затрудняются в ответе на вопрос о компетентности сотрудников (-0,41). Тех жильцов, кого не устраивает качество работы управляющей компании, не устраивают сроки предоставления услуг (0,49) и не устраивает оперативность устранения неполадок (0,37). Также не устраивает система информирования (0,34) и компетентность сотрудников (0,34). Тех жильцов, которые затруднились ответить на вопрос об обращении в управляющую компанию, не устраивает система информирования (0,49). Жильцов, постоянно обращающихся в управляющую компанию, не устраивает правильность выставления счетов (0,44).

Жильцов, которые обратились однажды в управляющую компанию, устроила оперативность устранения неполадок (0,73) и качество их устранения (0,76). А тех жильцов, которых не устроила оперативность устранения неполадок, не устроило качество их устранения (0,80). Чем дольше жильцы живут в домах, тем они менее удовлетворены качеством их управляющей компании.

Наилучшие результаты были получены с помощью кластерного анализа (рисунок 2). По оси абсцисс приведён номер вопроса, по оси ординат – оценка в баллах (0-низшая, 1-высшая удовлетворённость). Установлено, что опрошенные потребители услуг компании образуют два кластера по частоте обращения в компанию, оценки которых различаются. При этом степень удовлетворённости слабо зависит от частоты обращения, что нельзя было определить по рис. 1. Установлено, что результаты кластеризации практически не зависят от возраста и пола респондентов. Сильно различаются оценки на вопросы о компетентности сотрудников. Удовлетворенность оперативностью устранения неполадок в целом низкая. Поэтому компании следует в первую очередь обратить внимание на эти вопросы.

Заключение

Для успешной деятельности и развития управляющей компании необходимо точно представлять потребности своего потребителя и степень его удовлетворённости. При составлении отчёта об анализе удовлетворенности потребителей были применены статистические методы исследования – кластерный и корреляционный анализ данных, чтобы извлечь больше информации, выработать качественные управленческие решения и дать больше рекомендаций компании.

Литература

1. Мартышева П.В., Стукач О.В. Кластерный анализ как инструмент менеджмента качества для обработки социологических опросов на промышленном предприятии // Доклады ТУСУРа. – 2007. – Вып. 1(15). – С. 71–76

О СРАВНЕНИИ МЕР РАСХОЖДЕНИЯ НУКЛЕОТИДНЫХ ЦЕПЕЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ИХ СТРОЯ И МАРКОВСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Родионов И. Н., Семенов А. В.

Омский государственный технический университет
avs110@inbox.ru

Введение

В настоящее время все большую актуальность приобретают исследования в области биоинформатики, возрастает потребность в построении адекватных математических моделей генетических текстов. Особое место занимают модели, учитывающие взаимное расположение нуклеотидов. Таковыми являются статистические методы исследования нуклеотидных последовательностей, в том числе на основе цепей Маркова [1, 2] и формальный анализ строя знаковой цепи [3, 4, 5]. В рамках данной работы продолжено сравнение этих подходов [5]. Для этого была выдвинута гипотеза «Две нуклеотидные цепи, близкие по марковским характеристикам близки также и по характеристикам формального анализа строя». Для проверки данной гипотезы был проведен следующий эксперимент:

1. Возьмем текст, представляющий реальную нуклеотидную цепь S_0 (ген 18S ribosomal RNA организма *Bos Taurus* «Дикий бык»), и определим ее марковские характеристики (многомерную матрицу условных вероятностей которая составляет основу марковской модели).
2. Построим марковские модели данной нуклеотидной цепи S_0 порядка k и $k-i$, соответственно $M_0^{(k)}$ и $M_0^{(k-i)}$.
3. На основе марковской модели порядка k (являющейся генератором псевдослучайных знаковых цепей) построим с помощью компьютера l искусственных реализаций цепей $S_1, S_2, S_3, \dots, S_l$.
4. Определим марковские характеристики для этих искусственных реализаций. Построим марковские модели порядка $k-i$ для каждой реализации, обозначаемыми далее $M_1^{(k-i)}, M_2^{(k-i)}, M_3^{(k-i)}, \dots, M_l^{(k-i)}$.
5. Вычислим меру расхождения между марковскими характеристиками для каждой из вновь построенных моделей $M_1^{(k-i)}, M_2^{(k-i)}, M_3^{(k-i)}, \dots, M_l^{(k-i)}$ и исходной $M_0^{(k-i)}$.
6. Вычислим меру расхождения между характеристиками формального анализа строя для каждой из сгенерированных цепей $S_1, S_2, S_3, \dots, S_l$ и исходной нуклеотидной цепью S_0 .
7. Определим корреляцию между двумя выборками значений мер полученных в п. 5 и 6.

Для получения симметричных мер расхождения между марковскими моделями вычислим среднеарифметическую меру Пирсона (1) и среднеарифметическую меру Кульбака-Лейблера (3).

$$\Delta_{\chi^2} = \frac{\chi^2(P'(n), P''(n)) + \chi^2(P''(n), P'(n))}{2}, \quad (1)$$

$$\chi^2(M^{(r)}, M^{(r')}) = n^{r+1} \sum_{i_1=1}^n \sum_{i_2=1}^n \dots \sum_{i_r=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(p'_{i_1 i_2 \dots i_r j} - p''_{i_1 i_2 \dots i_r j})^2}{p'_{i_1 i_2 \dots i_r j}} \quad (2)$$

где r – размерность матрицы переходных вероятностей модели Маркова порядка $r-1$, n – мощность алфавита цепи Маркова.

$p'_{i_1 i_2 \dots i_r j}$ – выборочная условная вероятность для модели Маркова $M^{(r)}$.

$$\Delta_{\chi^2} = \frac{D_{\chi^2,1}(M^{(r)}, M^{(r')}) + D_{\chi^2,1}(M^{(r')}, M^{(r)})}{2}, \quad (3)$$

$$D_{\chi^2,1}(M^{(r)}, M^{(r')}) = \sum_{x \in X} p'(x) \log \frac{p'(x)}{p''(x)}, \quad (4)$$

где $p'(x)$ – выборочная условная вероятность для модели Маркова $M^{(r)}$, X – множество всех событий моделей Маркова $M^{(r)}$ и $M^{(r')}$.

В качестве меры расхождения между характеристиками формального анализа строя взята мера расхождения (5) оригинальных построений разных неоднородных последовательностей S' и S'' , на основе средних удаленностей g_j , составляющих их однородных цепей [3]:

$$\Delta_g(S', S'') = \sum_{j=1}^n |g_j^{S'} - g_j^{S''}|, \quad (5)$$

где g_j^A и g_j^B средние удаленности цепей A и B вычисляемые в виде:

$$g_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \log \Delta_{ij}, \quad (6)$$

где n_j – число вхождений нуклеотида j в состав данной цепи, Δ_{ij} – интервал от i -го до $(i+1)$ -го вхождения j -го нуклеотида в данной цепи, $\log \Delta_{ij}$ – удаленность $(i+1)$ -го вхождения j -го нуклеотида от его i -го вхождения в данной цепи.

Результаты сравнения подходов

Результаты вычислительного эксперимента приведены в таблице 1, на Рис. 1-4. В двух колонках таблицы представлены значения коэффициентов корреляции (см. п. 7) для различных порядков марковских моделей (полученных в п. 2 и 4 эксперимента) и трех мер – меры на основе характеристик строя, меры Кульбака-Лейблера и

меры Пирсона. На Рис. 1 представлены сравниваемые пары цепей (для эксперимента с порядком марковской модели $k=7$ и $k-i=6$), упорядоченные по возрастанию меры расхождения их средних удаленностей (5); для пронумерованных пар цепей приведены также значения статистической меры (3). На Рис. 3 приведена аналогичная диаграмма для эксперимента с порядком марковской модели $k=3$ и $k-i=2$. На Рис. 2 и 4 представлены корреляционные диаграмма этих экспериментов.

Таблица 1. Значения величины корреляции между выборками значений мер $\Delta_{k,i}^a$, $\Delta_{k,i}^b$ и $\Delta_{k,i}^c$, $\Delta_{k,i}^d$

k	i	l	$K(\Delta_{k,i}^a, \Delta_{k,i}^b)$	$K(\Delta_{k,i}^c, \Delta_{k,i}^d)$
3	1	100	0.1839	0.1847
4	1		-0.0998	-0.0645
5	1		-0.1072	0.1382
6	1		0.1344	0.1705
7	1		0.1144	0.1383
7	2		-0.0379	-0.0330
7	3		-0.1292	-0.1415
7	4		0.1714	0.1740
7	5		0.0371	0.0358

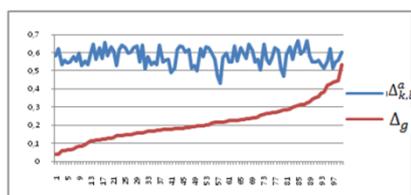


Рис. 1. Диаграмма меры $\Delta_{k,i}^a$, упорядоченной по возрастанию, и меры $\Delta_g(S_1, S_2)$

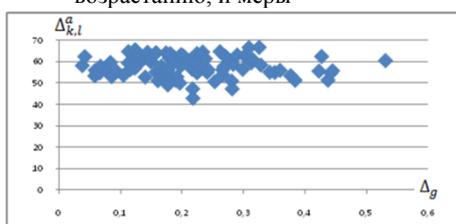


Рис. 2. Корреляционная диаграмма меры $\Delta_{k,i}^a$ и меры $\Delta_g(S_1, S_2)$

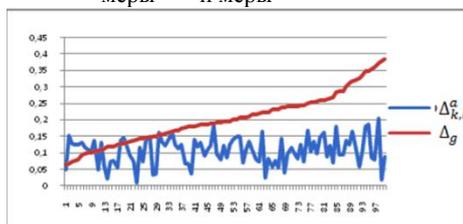


Рис. 3. Диаграмма меры $\Delta_{k,i}^a$, упорядоченной по возрастанию, и меры $\Delta_g(S_1, S_2)$

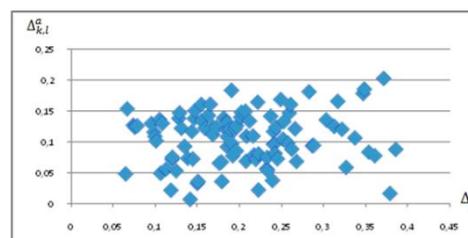


Рис. 4. Корреляционная диаграмма меры $\Delta_{k,i}^a$ и меры $\Delta_g(S_1, S_2)$

Заключение

Из результатов, представленных в таблице и на рисунках, можно сделать предварительное заключение о том, что апробируемая гипотеза не подтвердилась, так как статистические меры не коррелируют с мерой на основе характеристик строя цепи. На наш взгляд результаты эксперимента свидетельствуют в пользу характеристик строя цепи, которые более адекватно (интервалами) отображают взаимное расположение элементов в нуклеотидной цепи.

Литература

1. Садовский М.Г. Информационно-статистический анализ нуклеотидных последовательностей. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Красноярск, 2004. – 394 с.
2. Дурбин Р., Эдди Ш., Крог А., Митчисон Г. Анализ биологических последовательностей. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2006. – 480 с.
3. Гуменюк А.С., Шпынов С.Н., Морозенко Е.В., Родионов И.Н. О средствах анализа строя нуклеотидных цепей. // Математическая биология и биоинформатика: II международная конф. – Пущино: изд-во ООО «МАКС Пресс», 2008. – С. 123-125.
4. Алгоритмы анализа структуры сигналов и данных: монография / А.С.Гуменюк, Ю.Н.Кликушин, В.Ю.Кобенко, В.Н.Цыганенко; под науч. ред. д-ра техн. наук Ю.Н.Кликушина. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 272 с.
5. Родионов И.Н., Семенов А.В. О сравнении двух подходов исследования генетических текстов. // Математическая биология и биоинформатика: III международная конф., г. Пущино: Доклады / Под ред. В.Д.Лахно изд-во ООО «МАКС Пресс», 2008. – С. 125-126.

РАЗРАБОТКА УНИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Е.В. Джужома

*Дальнереченский социально-экономический институт (филиал ДВГТУ)
jesterd@bk.ru*

На сегодняшний день создано большое количество международных стандартов, регламентирующих процессы и продукты жизненного цикла программного обеспечения. Применение этих стандартов может служить основой для систем обеспечения качества программного обеспечения, но в то же время требуется корректировка, приспособление некоторых положений стандартов относительно принципиальных особенностей технологий и характеристик этого вида продукции.

При этом разработанные методы тестирования программного обеспечения показывают лишь уровень его качества и неприменимы для процедуры сравнения нескольких программных продуктов, имеющих одинаковые или родственные сферы применения. В этой связи становится актуальной разработка унифицированной оценки качества программного обеспечения, не зависящей как от типа исследуемого программного обеспечения и его архитектуры, так и от используемой для его функционирования среды выполнения.

Перед тем, как приступить к определению параметров сводного критерия оценки качества программного обеспечения, необходимо определить, что понимается под принципиальными различиями программного обеспечения.

В данной работе два отдельно взятых продукта будут считаться принципиально различными в том случае, если они работают под управлением различных операционных систем и, как следствие, имеют различные методы обработки оперируемой информации и алгоритмы обработки машинных инструкций. Использование структуры согласно технологии клиент-сервер предполагает отдельное тестирование клиентской и серверной части программного обеспечения, при этом существенное различие методологии функционирования серверной и/или клиентской части отдельно взятых программных продуктов тоже относится к принципиальным различиям.

Из применяемых к качеству программного обеспечения критериев, согласно стандарту ISO/IEC 9126 [5], можно выделить ряд показателей, значение которых не может быть установлено количественно с использованием автоматических средств тестирования программного обеспечения. К таким показателям можно отнести «понимаемость», «изучаемость» и т.д. [1]. Значения этих показателей можно получить серийей тестов с привлечением конечных пользователей и экспертов на основе опроса и анкетирования. Количественные показатели вычисляются применением специально

разработанного для каждого критерия тестирующего средства.

Кроме вышеперечисленного определение принципиальных отличий программного обеспечения в контексте данной работы предполагается проводить в первую очередь с позиции использования его конечными пользователями. Это обстоятельство не повлияет на значение сводного критерия, тем не менее, при тестировании программного обеспечения с интерфейсом пользователя обеспечит приоритет качественных показателей.

Если для тестирования выбрать информационные системы, принципиальные различия которых почти незначительны, то вес отдельно взятого теста на качественный показатель будет существенно ниже, чем при тестировании программного обеспечения с существенными различиями в архитектуре и среде выполнения. Так любому пользователю намного удобнее работать с программным обеспечением, которое отвечает его навыкам, привычкам, и изучение которого не потребует большого количества времени даже в том случае, если конкурирующий продукт функционально обладает несколько большим рейтингом по количественным показателям.

В связи с этим сводный критерий не должен зависеть от алгоритма и механизма проведения отдельно взятого теста. Для обеспечения независимости итогового значения сводного критерия от вышеуказанных характеристик набора тестирующих средств предлагается в качестве параметров функции вычисления сводного критерия передавать количественные выражения результатов тестирования отдельных характеристик программного обеспечения. Кроме того, область значений результатов промежуточных тестов необходимо привести к единой для всех используемых тестов путем добавления корректирующих коэффициентов в алгоритм работы каждого из них на стадии формирования количественного результата.

В этом случае значение сводного критерия будет вычисляться независимо от природы составляющих метод тестов. Тогда сводный критерий оценки качества программного обеспечения можно представить в виде следующего функционала:

$$F(\bar{T}) = F(t_1, t_2, \dots, t_n),$$

где $F(\bar{T})$ - значение сводного критерия,

\bar{T} - вектор параметров функции F ,

t_i - значение теста τ_i .

При этом $\hat{T} = \{\tau_{ij}\}$, где τ_{ij} - j-й тест для i-го критерия, представляет собой набор тестов, используемых при оценке качества программного обеспечения, а $\hat{T}_k = \{\tau_{kj}\}$ - набор тестов оценки k-го критерия.

Поскольку среди используемых тестов для различных критериев оценки качества ПО некоторые из них повторяются, то в этом случае часть τ_{ij} можно исключить из обработки, как только результат первого испытания получен. Таким образом, необходимый набор тестов примет вид $\hat{T}_o = \{\tau_k\}$, где τ_{ij} из набора тестов оценки i-го критерия также входит в набор тестов оценки одного или нескольких из остальных.

Если для одного из критериев в результате данного преобразования набором тестов окажется пустое множество, то этот критерий рекомендуется удалить из рассмотрения, как лишний при оценке качества ПО. Тем не менее, его оценку возможно получить, используя промежуточные вычисления оценки остальных критериев. При этом для корректности производимых вычислений вводятся весовые коэффициенты ω_g для каждого из используемых тестов τ_g :

$$\omega_g = \sum_{k=1}^{|\hat{T}|} \frac{1}{\|\hat{T}_k\|}, \text{ если } \tau_g \in \hat{T}_k$$

Таким образом, формулу вычисления сводного критерия для k-й исследуемой системы можно представить в виде:

$$F(T)_k = \left(\frac{\sum_{i=1}^{|\hat{T}_k|} \omega_i t_i}{\|\hat{T}_k\|} \right)_k,$$

где $\|\hat{T}\|$ - мощность множества \hat{T} , $\|\hat{T}_o\|$ - мощность множества \hat{T}_o , t_i - результат теста τ_i

Поскольку сводный критерий является унифицированной характеристикой для систем, работающих под управлением различных операционных систем, его значение не должно зависеть от выбора какой-либо из них. Все используемые тесты имеют спецификацию и стандартизованный алгоритм, не привязанный к конкретному типу среды выполнения исследуемых систем, тем не менее, одни и те же тесты на различных платформах будут давать различный результат. При этом модифицированный согласно вышеуказанным требованиям алгоритм отдельно взятого теста на различных платформах будет показывать результат в пределах единой области значений. Это означает, что независимо от выбора какой-либо среды выполнения исследуемой системы, значение сводного критерия будет всегда одним и тем же при условии одних и тех же

параметров аппаратной части испытательного стенда.

Поскольку результат комплексной оценки качества программного обеспечения может использоваться для выбора в пользу одной из исследуемых систем для внедрения на предприятии, то необходима уверенность в единой сфере применения и целевой составляющей каждой из них. В связи с этим, при тестировании программного обеспечения с целью выбора наилучшего для решения поставленных задач, необходима система показателей, характеризующих область применения этого программного обеспечения. В этом случае исключается возможность выбора программного обеспечения с более высокой оценкой, но менее отвечающего требованиям технического задания.

Поскольку значения результатов применяемых тестов предлагается ограничить единой для всех фиксированной областью значений, то приведение результата отдельного тестирования к требуемому можно осуществить с использованием значения тестирования «идеальной системы», отвечающей всем требованиям отдельно взятого теста в полном объеме. Это значение возможно получить математическим путем на основе анализа алгоритма отдельно взятого теста, предположив, что все операции исследуемого программного обеспечения совершаются мгновенно и скорость их проведения на испытательном стенде зависит только от аппаратной составляющей. При этом результат тестирования качественных показателей будет зависеть от количества предъявляемых требований каждого критерия и выполнения или не выполнения их исследуемым программным обеспечением, а при использовании шкалы метрик - в зависимости от наибольшего значения этой шкалы.

Литература

1. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. - М.: Мир, 1979. - 536с.
2. Высокие технологии, тестовые испытания и обзоры оборудования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ixbt.com>
3. Сетевая газета InfoSecurity [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://infosecurity.ru>.
4. Сообщество разработчиков Apache Web Server [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://apache.org>.
5. Стандарт ISO/IEC 9126: Оценивание программной продукции: характеристики качества и руководства по их использованию, 1991. - 17с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ В КВАДРАТНОЙ ПОЛОСТИ С УЧЕТОМ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДВУМЕРНОГО (P-1)-ПРИБЛИЖЕНИЯ

С.Г. Мартюшев, М.А. Шеремет
Томский государственный университет
Naabym@sibmail.com

Введение

В последнее время все больше внимания уделяется задачам конвективного теплопереноса при наличии осложняющих факторов, что связано как с попыткой обобщения теории конвективного теплопереноса, так и с широкими возможностями моделирования сложных технических систем. Излучение, как один из механизмов переноса энергии, оказывает существенное влияние на процессы теплообмена во многих технических устройствах, например при исследовании тепловой изоляции приборов, проектировании или оптимизации теплообменников и т.д. В связи с этим обоснованный и корректный учет этого механизма позволит получить наиболее адекватные физическому процессу результаты.

Целью данной работы является решение краевой задачи конвективно-радиационного теплопереноса в замкнутой полости. Для описания режимов излучения в полости применяется дифференциальная формулировка (или (P-1)-приближение) метода шаровых гармонических функций [1, 2].

Постановка задачи

Рассматривается совместный процесс естественной конвекции и излучения в полости с изотермическими вертикальными и адиабатическими горизонтальными стенками (рис. 1).

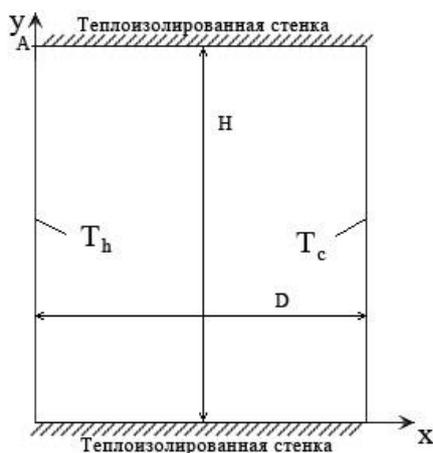


Рис.1. Область решения

Безразмерная система уравнений для описания теплопереноса в анализируемом объекте, сформулированная в переменных «функция тока – завихренность – температура», имеет следующий вид

$$\nabla^2 \psi = -\Omega, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} + u \frac{\partial \Omega}{\partial x} + v \frac{\partial \Omega}{\partial y} = \text{Pr} \nabla^2 \Omega + \text{Ra Pr} \frac{\partial \Theta}{\partial x}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} + u \frac{\partial \Theta}{\partial x} + v \frac{\partial \Theta}{\partial y} = \nabla^2 \Theta - \frac{\tau_0}{N} \left(\frac{\partial q_{r,x}}{\partial x} + \frac{\partial q_{r,y}}{\partial y} \right) \quad (3)$$

Уравнение энергии (3) содержит лучистый тепловой поток, который будет получен в модифицированном (P-1)-приближении [1, 2]. Приближенное уравнение переноса излучения, выраженное через первый момент интенсивности, имеет вид

$$\frac{\partial^2 J}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 J}{\partial y^2} = 3\tau_0^2 \left(J - \frac{4\Theta^4}{\Theta_m^3} \right). \quad (4)$$

Плотность лучистого теплового потока и его дивергенция связаны с J выражением

$$\frac{\partial q_{r,x}}{\partial x} + \frac{\partial q_{r,y}}{\partial y} = -\frac{\eta}{3\tau_0} \nabla^2 J.$$

Подставляя это соотношение в уравнение энергии, получаем

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} + u \frac{\partial \Theta}{\partial x} + v \frac{\partial \Theta}{\partial y} = \nabla^2 \Theta + \frac{\eta}{3N} \nabla^2 J. \quad (5)$$

Граничные условия для уравнения (4) в случае непрозрачных стенок имеют вид [3]:

$$\frac{\partial J}{\partial x}(0, y) = \frac{3\tau_0 \lambda}{\eta} \left(J - \frac{4\Theta_h^4}{\Theta_m^3} \right); \quad \frac{\partial J}{\partial x}(1, y) = -\frac{3\tau_0 \lambda}{\eta} \left(J - \frac{4\Theta_c^4}{\Theta_m^3} \right);$$

$$\frac{\partial J}{\partial y}(x, 0) = \frac{3\tau_0 \lambda}{\eta} \left(J - \frac{4\Theta_{y=0}^4}{\Theta_m^3} \right); \quad \frac{\partial J}{\partial y}(x, 1) = -\frac{3\tau_0 \lambda}{\eta} \left(J - \frac{4\Theta_{y=1}^4}{\Theta_m^3} \right).$$

На изотермических стенках для уравнения энергии реализуются условия вида:

$$\Theta_h = 0.5 + \Theta_m, \quad x = 0; \quad \Theta_c = -0.5 + \Theta_m, \quad x = 1.$$

Баланс энергии на адиабатических стенках запишется следующим образом

$$\frac{\partial \Theta}{\partial y} + \frac{\eta}{3N} \frac{\partial J}{\partial y} = 0, \quad y = 0, 1.$$

Краевая задача сложного теплопереноса (1), (2), (4), (5) с соответствующими начальными и граничными условиями решена методом конечных разностей. Для аппроксимации конвективных слагаемых в эволюционных уравнениях применялась схема второго порядка, позволяющая учесть знак скорости, для диффузионных слагаемых – центральные разности. Уравнения

параболического типа решались с использованием локально одномерной схемы А.А. Самарского [4]. Полученная таким образом система линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей разрешалась методом прогонки. Для дискретизации уравнения для функции тока (1) и уравнения переноса излучения (4) применялся пятиточечный шаблон “крест” на основе формул симметричной аппроксимации вторых производных. При этом полученная система разрешалась методом последовательной верхней релаксации.

Результаты решения

Численный анализ проведен при различных значениях числа Рэлея $Ra = 10^4, 10^5, 10^6$, $Pr = 0.7$ с учетом и без учета влияния излучения на режимы теплопереноса.

На рис. 2–4 представлены линии тока и поля температуры. Проведенные вычисления отражают существенное влияние излучения в полости на распределения термогидродинамических параметров. При учете влияния излучения наблюдается повышение скорости движения газа, что в свою очередь приводит к более интенсивному прогреву полости.

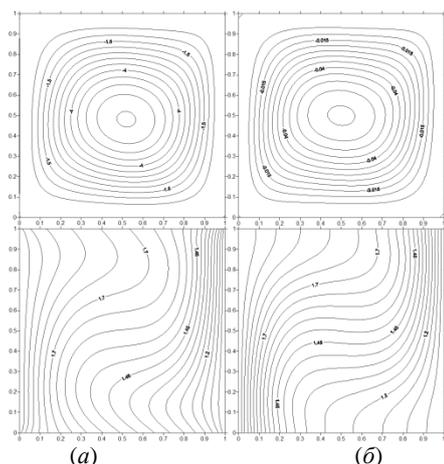


Рис.2. Линии тока и поля температуры с учетом излучения (а) и без (б) при $Ra = 10^4$

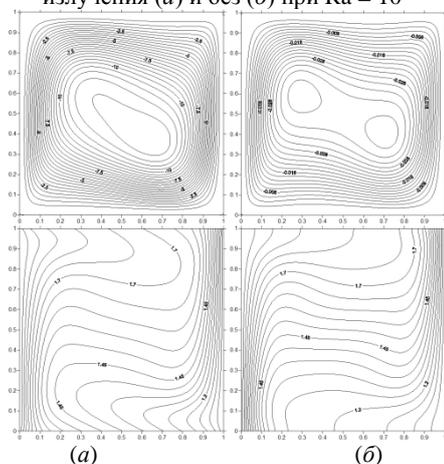


Рис.3. Линии тока и поля температуры с учетом излучения (а) и без (б) при $Ra = 10^5$

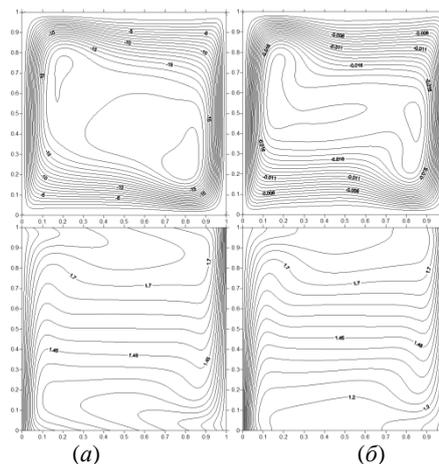


Рис.4. Линии тока и поля температуры с учетом излучения (а) и без (б) при $Ra = 10^6$

На рис. 5 проиллюстрирована зависимость среднего числа Нуссельта на вертикальной изотермической стенке от температурного напора. Прогрев газовой полости отражается на уменьшении Nu , вследствие понижения градиента температуры.

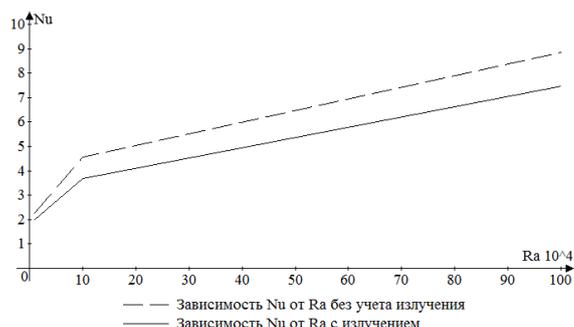


Рис.5. Зависимость среднего числа Нуссельта на левой стенке от числа Рэлея

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ для молодых российских ученых (грант МК-396.2010.8).

Литература

1. Лория Г. Совместный радиационно-конвективный теплообмен в серых газах в вертикальной полости // Теплопередача. – 1982. – № 4. – С. 32–38.
2. Троггт Потенциал радиационного теплового потока для несерого газа // Ракетная техника и космонавтика. – 1966. – № 3. – С. 209.
3. Эмлин Д.В., Корнела А. Влияние теплового излучения на распределение температуры в полупрозрачном твердом теле // Теплопередача. – 1979. – № 1. – С. 89–95.
4. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977. – 656 с.

ГЕНЕРАЦИЯ ПРОГРАММ ДЛЯ ЯЗЫКА MALBOLGE

И.П. Золотарёв
Читинский государственный университет
kenrube@gmail.com

Введение

Язык программирования Malbolge относится к классу так называемых “эзотерических” языков программирования. Такие языки не предназначены для практического использования, однако с их помощью удобно проверять новые концепции программирования. С подобной целью в 1993 году были разработаны языки Brainfuck (минимализация синтаксиса) и Befunge (многомерность программ).

Наконец, в 1998 году Бен Олмстед написал “дьявольски сложный”, по его словам, язык [1]. И он был прав: первая работающая программа появилась лишь через два года, причем она была не написана программистом, а сгенерирована другой программой, написанной на языке Lisp, посредством поиска во множестве всех возможных программ.

Несколько позже в том же году Энтони Йохас на своем сайте выложил три написанные им программы, выводящие разные фразы^[2]. Однако секрета их написания он так и не раскрыл.

Цель данной работы – показать некоторые приемы программирования в Malbolge (в том числе использованные Энтони Йохасом).

Описание синтаксиса

Поскольку размер доклада ограничен 2 листами, под подробное описание синтаксиса места не хватает. Однако его легко можно найти по ссылкам [1][3].

Проблемы в написании программ

Сложность Malbolge обусловлена в основном следующими тремя причинами:

1. Действие команды зависит не только от ее назначения, но и от ее положения в исходном тексте.
2. В языке отсутствуют операции условного перехода, что делает невозможным произвольное перемещение по тексту программы.
3. После выполнения каждой команды она шифруется, что невероятно затрудняет повторное использование этих команд.

Ввиду огромной трудности решения этих проблем, язык получил неофициальный титул “самого сложного языка программирования в мире”.

Алгоритм написания программ, выводящих текст на русском языке

Значения кодов символов исходного текста лежат в диапазоне от 33 до 126 (то есть от 0000001020 до 0000011200). Применяя для формирования значения A операцию $ROTR$ (команда *), будем иметь следующие значения A :

$$A \in [0000000102..0000001120] \cup \\ \cup [1000000102..1000001112] \cup \\ \cup [2000000102..2000001112],$$

что эквивалентно следующему:

$$A \in [11..42] \cup [19694..19724] \cup [39377..39407]$$

Поскольку выходные символы могут лежать лишь в пределах от 0 до 255, необходимо предыдущие границы взять по модулю 256. Получаем следующее:

$$A \in [11..42] \cup [238..12] \cup [209..239] \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow A \in [238..255] \cup [0..42]$$

При этом возможные на выходе символы лежат в следующем диапазоне: $['C'..'я'] \cup [Chr(0)..Chr(32)] \cup ['!..' *]$. Значит, команда * позволяет формировать русские буквы на вывод (правда, лишь лежащие в диапазоне $['C'..'Я'] \cup ['a'..'я']$).

Как же написать рабочую программу, выводящую нужный текст?

Для начала необходимо определить, какое значение должно оказаться в памяти, чтобы операция $ROTR$ выдала как результат нужное значение A . Определяется оно по следующей формуле:

$$[D] := ROTL(x_0 + x), \text{ где}$$

$[D]$ – нужное значение,
 $ROTL$ – операция циклического поворота влево,
 x – код выводимого символа,
 x_0 – одно из следующих значений:

$$x_0 = 19712, \text{ если } x \in [0..12]; \\ x_0 = 0, \text{ если } x \in [13..42]; \\ x_0 = 39168, \text{ если } x \in [209..239]; \\ x_0 = 19456, \text{ если } x \in [240..255].$$

Затем нужно определить позицию в исходном тексте, куда именно нужно вставить операцию * (то есть D), чтобы, во-первых, по этому адресу оказалось нужное значение $[D]$, во-вторых, эта позиция располагалась в исходном тексте дальше, чем D для предыдущего символа. В общем случае позиция определяется по следующей формуле:

$$D \bmod 94 = 39 - [D].$$

К примеру, для фразы “малболг” $[236,224,235,225,238,235,227]$ последовательность d будет следующей:

$$\text{'м': } (39 + 94) - ROTL(236 + 39168) = 17 \\ \text{'а': } (39 + 94) - ROTL(224 + 39168) = 53 \\ \text{'л': } (39 + 2 * 94) - ROTL(235 + 39168) = 114$$

‘б’: $(39 + 2 * 94) - ROTL(225 + 39168) = 144$
 ‘о’: $(39 + 3 * 94) - ROTL(238 + 39168) = 199$
 ‘л’: $(39 + 3 * 94) - ROTL(235 + 39168) = 208$
 ‘т’: $(39 + 3 * 94) - ROTL(227 + 39168) = 232$

Итак, нормализованный (то есть состоящий из команд) исходный текст будет выглядеть следующим образом:

```
oooooooooooooooooooo*oooooooooooooooooooooooooooo
oooooooooooo*oooooooooooooooooooooooooooooooooooo
oooooooooooooooooooooooooooooooooooo*oooooooooooooooooooo
oooooooooooooooooooo*oooooooooooooooooooooooooooooooooooo
oooooooooooooooooooooooooooooooooooo*oooooooooooo*oooooooooooo
oooooooooooooooooooo*o
```

Соответствующий ему исходный текст:

```
DCBA@?>=<;987654tQ10/.,+*)('&%$#!~}{zyxw
vutrsqponP-kjihgfedcba`_^}[ZYXWVUTSRQPON
MLKJIHGFEDCBA@?>=<;987654321qN.,+*)('&
%$#!~}{zyxwvutrsqS0nmljihgfedcba`_^}[ZYXWVUTSR
QPONMLKJIHGFEDCBA@?>=<;zW7654321qN.-
,+)('&%$#!~}{zyxwY6#
```

Следует, однако, учесть, что данная программа сформирует при выводе фразу на русском языке только в том случае, если на компьютере по умолчанию стоит кодировка Windows-1251.

Алгоритм написания программ, выводящих текст на английском языке

Как мы уже видели, операция * позволяет вывести символы из диапазона $['C'..'я'] \cup [Chr(0)..Chr(32)] \cup ['!..' *']$. Однако, этого явно недостаточно для вывода “Hello, world.”. В данном случае для формирования A придется использовать операцию p.

Возникает и другая проблема: регистр кода C и регистр данных D совмещены, что вызывает большие неудобства для формирования нужного значения A. Поэтому исходный код необходимо разграничить на блок кода и блок данных.

Для этого первой командой будет j, после выполнения которой D станет равным $8 - 0 + 32 = 40$. Команды будут располагаться в ячейках с 0 по 40 (поскольку при прыжке значение в ячейке 40 не изменится), а данные для формирования A – в ячейках с 41 и далее. Команды в блоке кода должны быть следующего вида: **p.p<**, т.е. несколько операций Crazy подряд и команда вывода A (именно этот прием активно использовал Энтони Йохас в своих программах).

В качестве примера напишем программу, выводящую адрес сайта конференции – msit.tpu.ru.

Для формирования ‘m’ [109] достаточно всего 3-х команд в блоке данных: j,i,p. В самом деле, на первом шаге

$$A := Crazy([41], A) = Crazy(8 - 41 + 32 + 94, 0) = 29524$$

На втором шаге

$$A := Crazy([42], A) = Crazy(30 - 42 + 32 + 94, 29524) = 6$$

И, наконец, на третьем шаге

$$A := Crazy([43], A) = Crazy(67 - 43 + 32, 6) = 29549$$

Учитывая, что коды выходных символов должны лежать в пределах [0..255], получаем:

$$29549 \bmod 256 = 109.$$

И так далее, вплоть до ячейки 40. Проблема в том, что мы дошли до блока данных, а использовать “отработанные” (по сути, зашифрованные) значения из него не можем. К этому времени нормализованный исходный код будет выглядеть так:

```
jrrp<p<p<rrrrp<p<p<p<p<p<rrrrp<rrrrp<p<p<p<vooj<p<or
voj<i/o*/o*vo*o<j//o<j/oi<rovp
```

Весь код, располагающийся до команды j, принадлежит блоку кода, после – блоку данных.

Следовательно, нужно опять совершить прыжок, теперь уже через блок данных. Разместив в ячейке 40 команду i (инициирующую прыжок) и в ячейке 80 команду v, мы прыгнем в ячейку $49 - 80 + 32 + 94 = 95$. Итак, у нас получается следующее расположение блоков кода и блоков данных: [0..40] – блок кода, [41..95] – блок данных, 96 и далее – снова блок кода.

Далее все продолжается по уже разработанной схеме. В итоге получаем следующий нормализованный исходный код:

```
jrrp<p<p<rrrrp<p<p<p<p<p<rrrrp<rrrrp<p<p<p<ooj<p<orv
oj<i/o*/o*vo*o<j//o<j/oi<rovpooovj/ooooooooooorrr
p<v
```

Соответствующий исходный код:

```
(=<;_98\6543W10T.-Q+*N('&%$#!~D){Ayx>|{:}r8v
o#sV20BnP?kMvh'eH654'C|0@[xSXdPUTS_54"2MLKJIH
GFEDC<:;9]J
```

Заключение

Программы Энтони Йохаса были написаны десять с лишним лет назад. За это время почти никто – по крайней мере, если судить по интернет-источникам, – даже не попытался разобраться в принципе работы его программ, хотя в этом нет ничего сложного. Так же, как нет ничего сложного и в написании элементарных программ. Например, “Hello, world!”, написанный автором доклада, получился на 6 символов короче аналогичной программы Йохаса, приведенной, например, в Википедии[3].

Литература

1. LScheffer Home Page [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.lscheffer.com/malbolge_spec.html, свободный.
2. antwon.com - ISSN 1533-8169 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://web.archive.org/web/20071013071419/http://antwon.com/index.php?p=234>, свободный.
3. Википедия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Malbolge>, свободный.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТОЧНО ОБРАТИМОГО МЕТОДА ВСТРАИВАНИЯ ДАННЫХ В ФАЙЛ-ИЗОБРАЖЕНИЕ

В.А. Безуглый, А.А. Жарких.

Мурманский государственный технический университет
valnocorner@gmail.com

Введение

Раздел информационных технологий, занимающийся встраиванием данных в некоторые файлы, называется стеганографией. Стеганография отличается от криптографии тем, что скрывается факт передачи и хранения данных [1]. В криптографии же этот факт не скрывается, а данные шифруются с помощью ключей.

Задача встраивания данных заключается в незаметном их размещении в некотором файле с возможностью последующего извлечения этих данных. При этом файл, в который встроены данные, может быть использован таким же образом, каким он использовался до встраивания данных.

Если битовый состав файлов, восстановленных после прямого и соответствующего ему обратного преобразования, соответствует битовым составам оригинальных файлов, то такой алгоритм встраивания называется точно обратимым.

Если данные встраиваются в аудио-файл или файл-изображение, то в результате могут измениться фактические параметры таких файлов: спектральный состав файла, а также статистическое распределение его отсчетов (пикселей). Последнее отражается в изменении гистограммы файла.

Гистограмма изображения – график распределения полутонов изображения, в котором по горизонтальной оси представлена яркость, а по вертикали — относительное число пикселей с данным значением яркости.

Гистограмма изображения позволяет оценить количество и разнообразие оттенков изображения, а также общий уровень яркости изображения.

Обычно, при применении алгоритмов встраивания происходит изменение значений яркостей пикселей. Как следствие применения такого алгоритма происходит изменение гистограммы изображения.

Исследование файла на наличие скрытой информации называется стегоанализом.

В данной работе рассматривается точно обратимый метод встраивания, при котором гистограмма изображения не изменяется. Метод основан на особенности восприятия изображения человеческим глазом. Эта особенность заключается в том, что человеческий глаз не видит различия между значениями соседних пикселей, если они отличаются на некоторое небольшое число. Например, если рассматривать пиксели в цветовой схеме RGB, то различий между пикселями (0, 255, 0) и (0, 254, 0) человеческий глаз не увидит.

Ранее в работах [2,3] одним из авторов данной работы вместе с соавторами были исследованы нелинейные алгоритмы встраивания данных в

аудиофайлы и файлы-изображения. В работе [4] был рассмотрен точно обратимый метод встраивания данных в аудиофайл.

В данной работе предложено развитие метода, представленного в [4], для встраивания данных в файл-изображение. В отличие от алгоритмов, предложенных в [2,3], этот алгоритм позволяет скрыть меньший объем данных в единице объема контейнеров. Это естественная плата за возможность точного восстановления оригинальных файлов и сохранения гистограммы.

Алгоритм встраивания

Алгоритм опирается на группу перестановок (по определению абстрактной алгебры), которая здесь применяется к 4-м пикселям, составляющим квадрат.

Идея алгоритма заключается в выделении в изображении квадратов по 4 соседних пикселя (рис. 1). Каждый такой квадрат из 4-х пикселей исходного изображения представляется квадратом из 16-ти пикселей результирующего изображения. Способ превращения квадрата из 4-х пикселей в квадрат из 16-ти зависит от того, производится ли в нем сокрытие информации.

1	0		
2	3	4	4
		4	4

Рис 1. Оригинальное изображение

Если значения одного из каналов RGB (красный, зеленый, синий) удовлетворяют некоторому условию отбора, то этот квадрат пикселей может быть использован для встраивания информации.

Пусть имеется квадрат из 4-х пикселей: x_0, x_1, x_2, x_3 . Тогда условие отбора квадрата на возможность встраивания можно выразить формулой (1).

$$0 < |x_i - x_j| \leq \delta, i \neq j, i, j = \{0,1,2,3\} \quad (1)$$

Встраивание информации осуществляется на основе перестановок значений x_0, x_1, x_2, x_3 .

Результирующий квадрат из 16-ти пикселей представляется в виде 4-х квадратов по 4 исходных пикселя, взятых в некотором порядке. Нулевой квадрат совпадает с оригинальным, остальные квадраты используются для перестановок.

В одном квадрате из 4-х пикселей может быть осуществлено 24 перестановки, значит, в трех квадратах – 72 перестановки. Их них используются первые 64, что дает возможность закодировать 6

бит информации в одном квадрате из 16 пикселей. Оставшиеся 8 перестановок могут быть использованы как служебные. При этом перестановка осуществляется только в одном из трех квадратов, остальные два также совпадают с оригинальным. Служебные перестановки выпадают на третий квадрат, т.е. в нем используются только первые 16 перестановок. 24 перестановки в квадрате пронумеровываются числами [0;23].

Используя 6-ти битовое представление, можно записать числа в промежутке [0;63]. Для кодирования числа необходимо представить его в виде суммы: $24d+r$. Число $(d+1)$ покажет номер квадрата, в котором необходимо осуществить перестановку, т.к. $(d+1) \in \{1;2;3\}$. Число r покажет номер перестановки, которую необходимо задействовать, т.к. $r \in \{0,1,2,\dots,23\}$.

Для восстановления информации необходимо проделать эти же действия, но в обратном порядке. Путем сравнения квадратов с нулевым можно получить номер квадрата, в котором была осуществлена перестановка, и номер самой перестановки.

Тождественная перестановка не дает возможности восстановить информацию, т.к. при сравнении с нулевым квадратом неясно, в котором из квадратов 1,2,3 была осуществлена тождественная перестановка. Поэтому, для кодирования чисел 0, 24, 48 следует использовать 3 из восьми запасных служебных перестановок, которые остались неиспользуемыми в квадрате 3.

Перестановку можно применять, как к пикселям, так и к значениям каналов пикселей.

При перестановке каналов пикселей есть возможность спрятать информацию в каждом из каналов, что увеличивает результирующее количество стегоконтейнеров. Однако, это нарушает соотношение каналов в одном пикселе, что может привести к искажениям цвета.

При перестановке пикселей результирующее количество контейнеров уменьшается, но не нарушается соотношение каналов в одном пикселе.

Если квадрат пикселей не подходит для сокрытия, то осуществляется его четырехкратное дублирование.

На рис. 2 изображена схема встраивания данных в файл-изображение.

0	3	1	0	1	0
		2	3	2	3
1	2	1	0	2	0
		2	3	1	3
1	1	0	0	16	
1	1	0	0		
2	2	3	3		
2	2	3	3		

Рис 2. Схема встраивания данных в файл-изображение.

В верхнем левом квадрате из 16-ти пикселей показана нумерация квадратов из 4-х пикселей.

Верхний правый квадрат из 16-ти пикселей пригоден для встраивания. в нем встроено число 27. Число 27 можно записать в виде $27 = 24*1+3$, т.е. $d=1, r=3$. С точки зрения предложенного алгоритма

следует делать перестановку номер 3 в квадрате под номером 2. Поэтому содержимое квадратов 0,1 и 3 совпадает с содержимым оригинального квадрата, а в квадрате 2 осуществлена соответствующая перестановка.

Нижний левый квадрат непригоден для встраивания, поэтому в этом случае к оригинальному квадрату применено четырехкратное дублирование.

Заключение

Особенность использования предложенного алгоритма состоит в том, что после его применения гистограмма изображения не изменяется, а при восстановлении сообщения битовый состав оригинального изображения и встроенных данных сохраняется.

Побочным эффектом является увеличение размеров изображения в 4 раза вне зависимости от количества сокрытой информации.

Вообще говоря, необязательно использовать для встраивания квадратные регионы по 4 пикселя. Могут быть использованы любые прямоугольные и квадратные области большего размера.

При увеличении региона встраивания увеличится количество информации, которое можно в него встроить. При этом подобрать подходящий для встраивания контейнер будет сложнее, т.к. увеличится количество пикселей, а значит – увеличится количество условий, которым должен удовлетворять регион для встраивания.

В результате изучения представленного алгоритма был создан программный модуль встраивания текстовой информации в файл-изображение. Программное средство написано на языке C#, имеет удобный графический интерфейс, возможность настройки параметров сокрытия (извлечения), а также получения дополнительной информации об изображении, которая помогает сделать выбор оптимальных параметров. Результатом сокрытия информации является измененное изображение. При извлечении информации результатом является текст и восстановленное исходное изображение.

Литература

1. Грибунин В.Г. Цифровая стеганография. / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – СПб.: Солон-Пресс, 2002. – 272 с.
2. Zharkikh, A.A. A Randomizing Algorithm for the Conformal Steganography of Image in Image, Pattern Recognition and Image Analysis, Vol. 16, No. 1 / A.A. Zharkikh, S.S. Kolpakchi. - МАИК: "Nauka/Interperiodika" (Russia), 2006. - pp132-136.
3. Жарких, А.А. Новый метод внедрения водяного знака в аудиосигнал. Вестник МГТУ, том 12, №2. / А.А. Жарких, В.Ю. Пластунов. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2009. – стр. 206-211.
4. Жарких, А.А. Точно обратимый метод встраивания данных в аудиофайл с сохранением гистограммы контейнера. Вестник МГТУ, том 13, №4/2. / А.А. Жарких, А.В. Гурин, В.Ю. Пластунов. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2010. – стр. 1048-1051.

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ В ОКНАХ ПРОЗРАЧНОСТИ АТМОСФЕРЫ

Т.Е. Климешина

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск
klimeshina@sibmail.com

Введение

Для прогнозирования погоды и климата, а также для радиационных задач атмосферы является важным знание поведения коэффициента поглощения водяного пара в окнах прозрачности атмосферы. Помимо поглощения с четко выраженной структурой благодаря спектральным линиям, поглощение водяным паром содержит поглощение без выраженной спектральной структуры, которое называют континуальным. В окнах прозрачности атмосферы преобладает континуальное поглощение.

Коэффициент поглощения является количественной характеристикой спектров и, благодаря наличию у спектральной линии контура, коэффициент поглощения на данной частоте ω складывается из коэффициентов поглощения отдельных линий на этой частоте. Квантовое выражение для коэффициента поглощения данного газа s на частоте ω (в случае самоуширения), обусловленного поглощением всеми линиями, находящимися в пределах $\pm \Delta\omega_{lim}$ от центра каждой линии, можно записать

$$\kappa_{s-s}(\omega, T, p^{(s)}) = \sum_j \frac{\omega}{\omega_j} \frac{(1 - e^{-h\omega/kT})}{(1 - e^{-h\omega_j/kT})} S_j^{(s)} \times \\ \times (T) G^{(s-s)}(\omega, \omega_j, T, \gamma^{(s)} = \gamma^{(s-s)} p^{(s)})$$

где сумма - по всем линиям в интервале частот $[\omega_1, \omega_2]$, $S_j^{(s)}$ - интенсивность j -ой линии, $G^{(s-s)}(\omega, \omega_j, T, P, p^{(s)})$ - контур j -ой линии при самоуширении, $T(K)$ - температура, T_0 - температура, при которой заданы параметры линий в банке спектральных данных, $p^{(s)}$ (атм) - давление рассматриваемого поглощающего газа.

Согласно теории крыльев линий [1], коэффициент поглощения в окнах прозрачности (фактически континуальное поглощение) обусловлен крыльями спектральных линий водяного пара. Теоретическое выражение для контура линии в крыле содержит параметры, связанные с потенциалом межмолекулярного взаимодействия (ММВ). Целью работы является описание континуального поглощения водяным паром в окнах прозрачности 8-12 и 3-5 мкм.

Поскольку спектр молекулы воды, например, в банке спектральных данных HITRAN содержит более 60 тысяч линий, а расчет коэффициента поглощения и функции пропускания требует применения методов численного интегрирования с шагом, обеспечивающим по крайней мере несколько точек на линию, численное моделирование в этой задаче является необходимостью.

Форма линии в далеком крыле согласно асимптотической теории крыльев линий

Формула для расчета контура линии в далеком крыле, согласно теории крыльев линий [1], имеет вид

$$\kappa_a^W(\omega) = D_{a_j} \frac{1}{|\omega - \omega_j|^{1+3/a}} \frac{1}{r_{aj}} \int_0^{r_{aj}} \frac{e^{-V(r,T)/kT}}{\sqrt{r_{aj}^2 - r^2}} r dr, (1)$$

где $V(r,T)$ - классический потенциал в форме Леннарда-Джонса, $T_0=296$ К, P - давление, $\Delta\omega_{max}$ - граница обрезания контура, a , D_a , r_a - параметры, связанные с квантовым потенциалом ММВ.

Ранее в [2] были найдены параметры контура для линий вращательной полосы H_2O , позволившие описать частотную и температурную зависимость коэффициента поглощения в интервале 8-12 мкм, полученную в измерениях [3], см. рис.1.

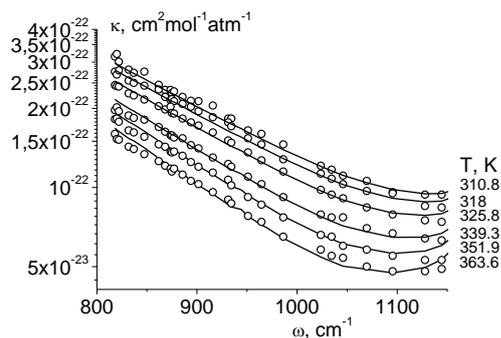


Рис.1. Коэффициент поглощения в интервале 800-1100 cm^{-1} при различных температурах. Точки - эксперимент [3], кривые - расчет [2]

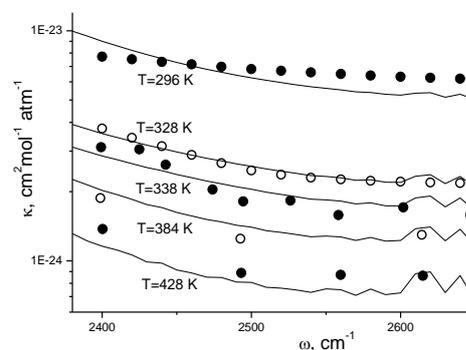


Рис.2. Коэффициент поглощения в интервале 2400-2700 cm^{-1} при различных температурах. Точки - эксперимент [5], кривые - расчет [4]

Поглощение H_2O в окне прозрачности 3-5 мкм было рассмотрено в [4]. Параметры контура (1) были подобраны так, чтобы описать спектральное и температурное поведение коэффициента

поглощения H_2O в области $1900\text{--}2700\text{ см}^{-1}$ в сравнении с экспериментальными данными Берча [5], см. рис.2.

Полученные в [2,4] выражения для контура спектральных линий в широком диапазоне смещенных частот были далее использованы для описания континуального поглощения водяным паром в окнах прозрачности 8-12 и 3-5 мкм.

Континуальное поглощение водяным паром

Сравнительная гладкость кривой континуального поглощения явилась причиной большого числа гипотез относительно физической природы континуального поглощения, среди которых уже названная гипотеза о крыльях сильных линий H_2O является одной из основных. По той же причине возник ряд аппроксимаций континуального поглощения, употребляющихся в приложениях.

Одной из самых известных аппроксимаций континуального поглощения является так называемый СКД или МТ-СКД континуум [6], широко применяющийся в радиационных моделях атмосферы. Этот континуум получается при вычитании из полного коэффициента так называемого локального вклада. Последний представляет собой поглощение, посчитанное с лорентцевским контуром в пределах 25 см^{-1} от центра линии без некоторой постоянной «подложки», равной значению лорентцевского коэффициента поглощения на расстоянии 25 см^{-1} от центра. Получившаяся разность аппроксимируется аналитическим выражением, единым для всего спектрального диапазона, где есть полосы поглощения H_2O . СКД-континуум, то есть аналитические выражения и константы, в них входящие, неоднократно модифицировался ().

В данной работе выражения для коэффициента поглощения, полученные в [2,4], использованы для получения континуального поглощения для $T=296\text{ К}$ и $P=1\text{ атм}$ в диапазоне частот $0\text{--}3500\text{ см}^{-1}$, см рис.3. На рис.4 дано сравнение различных форм СКД-континуума (СКД 0, СКД 2.4, МТ_СКД 1.10) с континуумом, полученным с помощью теории крыльев линий.

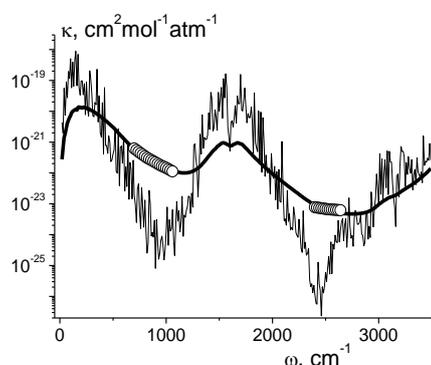


Рис.3. Сравнение рассчитанных и экспериментальных значений коэффициента поглощения H_2O для частот $0\text{--}3500\text{ см}^{-1}$; гладкая кривая – континуальное поглощение, тонкая кривая – локальный вклад, кружки – эксперимент [5]

Заключение

Теория крыльев спектральных линий [1] позволила построить контур линии, описывающий частотную и температурную зависимости коэффициентов поглощения водяным паром при самоуширении в области 8-12 микрон, полученные в экспериментах [3,5]. Для возможного применения в line-by-line расчетах из полного поглощения водяным паром выделено континуальное поглощение путем вычитания локального вклада. Полученное континуальное поглощение несколько отличается от такового, предоставляемого различными версиями СКД-континуума. В области окна прозрачности 3-5 мкм континуум теории крыльев линий ближе к эксперименту [5]. Для получения более определенных выводов необходимо исследовать температурную зависимость континуума теории крыльев линий.

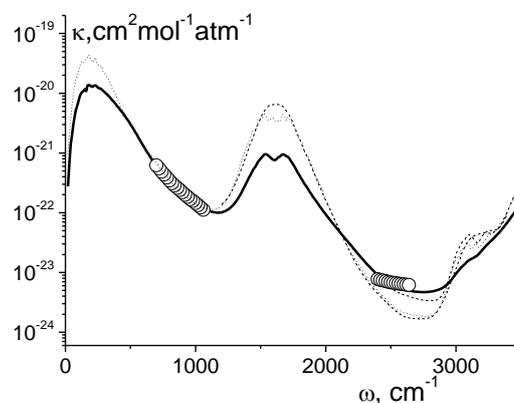


Рис.4. Сравнение различных версий СКД-континуума (пунктир) с континуумом теории крыльев линий (жирная кривая), кружки – эксперимент [5]

Литература

1. Несмелова Л.И., Родимова О.Б., Творогов С.Д. Контур спектральной линии и межмолекулярное взаимодействие. Новосибирск: Наука, 1986. - 216 с
2. Bogdanova Ju.V., Rodimova O.B. Calculation of water vapor absorption in a broad temperature interval // JQST. 2010. V.111. P.2298-2307.
3. Baranov, Y.I., Lafferty W.J., Ma Q., Tipping R.H. Water-vapor continuum absorption in the 800-1250 cm^{-1} spectral region at temperatures from 311 to 363 K // JQST. 2008. V.109. P.2291-2302
4. Климешина Т.Е., Родимова О.Б. Коэффициент поглощения водяного пара в окне прозрачности 3-5 микрон // Аэрозоли Сибири. XVII Рабочая группа: Тезисы докладов. Томск: Изд-е ИОА СО РАН. 2010. С.46
5. Burch D.E. and Alt R.L., Continuum absorption by H_2O in the 700 - 1200 cm^{-1} and 2400 - 2800 cm^{-1} windows. Report AFGL-TR-84-0128. 1984. 31 p.
6. Clough SA, Kneizys FX, Davies R.W. Line shape and the water vapor continuum. *Atm Res* 1989. V.23. P. 229-241

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПАЛЬЦЕВ КИСТИ

Евдулов О.В., Хазамова М.А., Гидуримова Д.А.

ГОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет»
bio.med.tex@mail.ru

В последнее время все чаще медицина обращается к немедикаментозным методам лечения многих заболеваний, среди которых особое место занимают заболевания кожи: хронические формы экземы, нейродермит, чешуйчатый лишай, псориаз, панариций, ихтиоз и др., так как проблема их лечения остается актуальной вследствие высокой частоты патологии. [1,2]

В лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств Дагестанского государственного технического университета разработано устройство для лечения заболеваний пальцев кисти. Устройство состоит из корпуса, в верхней части которого проделаны отверстия, к которым приварены металлические стаканы для пальцев руки человека. В передней части корпуса расположена емкость для лечебного раствора, которая через трубки соединена со всеми стаканами. К внешней поверхности стаканов с обеспечением теплового контакта присоединены рабочие спаи термоэлектрических модулей, опорные спаи которых находятся в тепловом контакте с пластинчатым радиатором, обдуваемым вентилятором. Для фиксации руки пациента выполнена подставка в форме "грибка".

В соответствии с конструкцией устройства, его тепловая схема может быть представлена в виде, изображенном на рис.1.

Здесь каждый из объектов воздействия 3 (пораженный участок пальца), выделяющий в единицу времени количество теплоты $Q_{\text{вн}}$ помещен в лечебный раствор 2, в свою очередь находящийся в специальной емкости 1, с двух боковых поверхностей контактирующей с термоэлектрической батареей (ТЭБ) 4, имеющей холодопроизводительность $Q_{\text{ТЭБ}}$. Съем теплоты с горячих спаев ТЭБ осуществляется с помощью воздушных радиаторов, обдуваемых вентилятором.

Согласно представленной схеме при составлении математической формулировки задачи может рассматриваться один фрагмент устройства, включающий в себя объект воздействия, лечебный раствор, емкость, характеризующуюся наличием на двух боковых поверхностях теплового потока от ТЭБ, отвод тепла с которых осуществляется за счет принудительного воздушного охлаждения. Исследование устройства при наличии нескольких пораженных биологических объектов может быть осуществлено по той же модели с учетом изменения их геометрических параметров, $Q_{\text{вн}}$ и $Q_{\text{ТЭБ}}$. В соответствие с изложенным может быть рассмотрена упрощенная модель устройства, включающая в себя только один фрагмент тепловой схемы, изображенный на рис.2. При этом

предполагается, что теплообмен в лечебном растворе осуществляется в основном за счет теплопроводности, что справедливо для малых объемов емкости с жидкостью. [3,4]

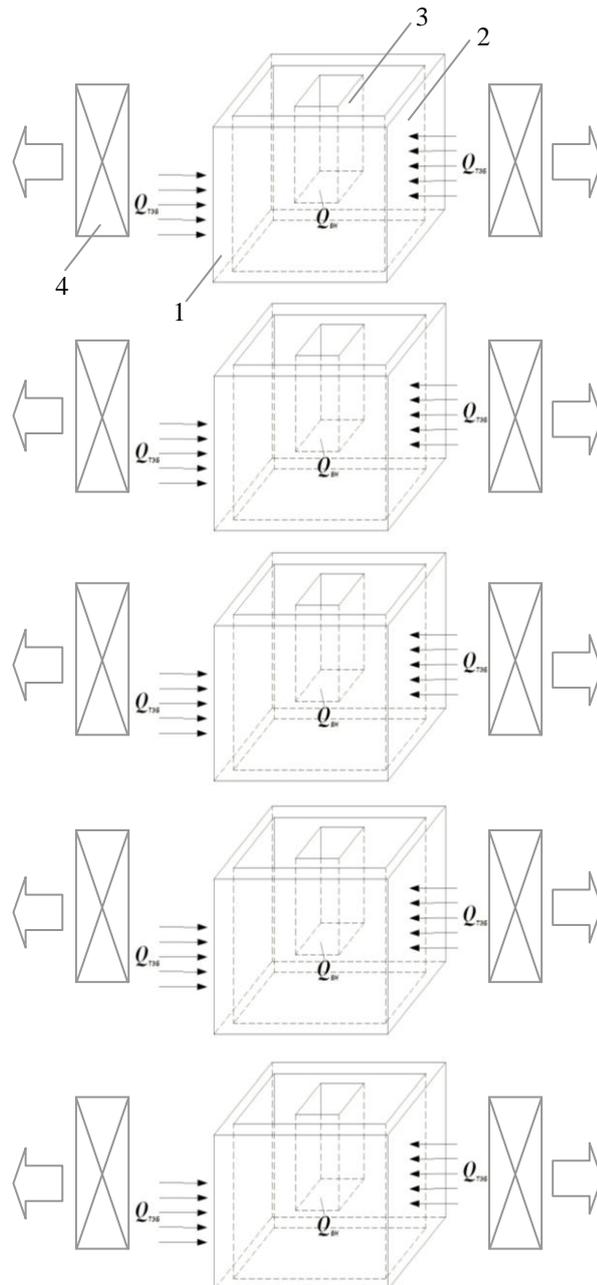


Рис.1. Тепловая схема термоэлектрического устройства для лечения гнойных заболеваний пальцев кисти

Математическая формулировка задачи расчета температурного поля данной системы имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 a_1 \frac{\partial^2 T_{1i}}{\partial x^2} + a_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial y^2} + a_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2} &= \frac{\partial T_1}{\partial \tau} \quad \text{при } x, y, z \in D_1. \\
 a_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} + a_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial y^2} + a_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2} &= \frac{\partial T_2}{\partial \tau} \quad \text{при } x, y, z \in D_2. \\
 a_3 \frac{\partial^2 T_3}{\partial x^2} + a_3 \frac{\partial^2 T_3}{\partial y^2} + a_3 \frac{\partial^2 T_3}{\partial z^2} + \frac{Q_{\text{вн}}}{c_3 \rho_3} &= \frac{\partial T_3}{\partial \tau} \quad \text{при } x, y, z \in D_3.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Начальные и граничные условия записываются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 T_1, T_2 &= T_{\text{ср}}; T_3 = 36,6^\circ\text{C} \quad \text{при } \tau = 0 \\
 \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} &= Q_{\text{ТЭБ}} \quad \text{при } x=0; 0 < y < y_5; 0 < z < z_3; \\
 \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} &= \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} \quad \text{при } y=y_1; x_1 < x < x_4; z_1 < z < z_3; \\
 \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} &= \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} \quad \text{при } y=y_4; x_1 < x < x_4; z_1 < z < z_3; \\
 \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial z} &= \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z} \quad \text{при } z=z_1; x_1 < x < x_4; y_1 < y < y_4; \\
 \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} &= \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial x} \quad \text{при } x=x_2; y_2 < y < y_3; z_2 < z < z_3; \\
 \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} &= \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial x} \quad \text{при } x=x_3; y_2 < y < y_3; z_2 < z < z_3; \\
 \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} &= \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial y} \quad \text{при } y=y_2; x_2 < x < x_3; z_2 < z < z_3; \\
 \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} &= \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial y} \quad \text{при } y=y_3; x_2 < x < x_3; z_2 < z < z_3; \\
 \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z} &= \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial z} \quad \text{при } z=z_2; x_2 < x < x_3; y_2 < y < y_3.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где T_1, T_2, T_3 – температуры емкости, лечебного раствора, биологического объекта; a_1, a_2, a_3 – коэффициенты температуропроводности емкости, лечебного раствора, биологического объекта; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – коэффициенты теплопроводности емкости, лечебного раствора, биологического объекта; c_3 – удельная теплоемкость биологического объекта; ρ_3 – плотность биологического объекта; $S_{\text{БО}}$ – площадь поперечного сечения объекта воздействия; $T_{\text{ср}}$ – температура окружающей среды; α – коэффициент теплообмена с окружающей средой.

Решение системы дифференциальных уравнений (1) с начальными и граничными условиями (2) даст возможность определить изменение температуры каждой точки описанной системы в любой момент времени, а также отследить ее изменение в зависимости от величины холодопроизводительности ТЭБ и внешних условий. [5]

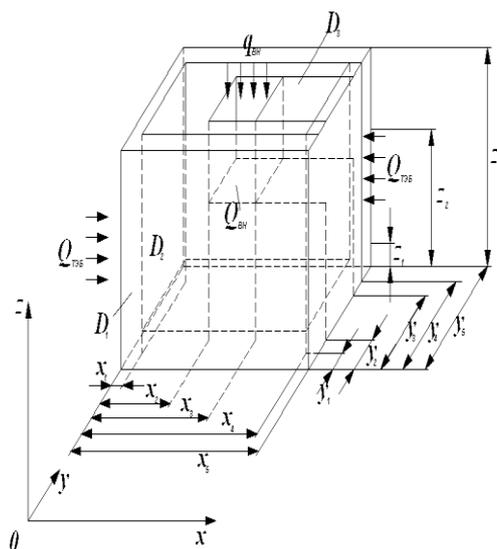


Рис.2. Тепловая схема фрагмента термоэлектрического устройства для лечения гнойных заболеваний пальцев кисти

В последующем планируется проведение эксперимента и опытное подтверждение теоретических данных.

Литература

1. Чазов Е.И. Немедикаментозная терапия // Терапевт. арх. 1985. № 10. С. 3-6
2. Термоэлектрическое охлаждение. Булат Л.П., Ведерников М.В., Вялов Я.П. и др. / Под ред. Л.П. Булата. СПб: СПбГУНиПТ, 2002. 147с.
3. Покорный Е.Г., Щербина А.Г. Расчет полупроводниковых охлаждающих устройств. Л.: Наука, 1969. 206 с.
4. Исмаилов Т.А., Хазамова М.А., Мейланов Р.П. Моделирование нестационарного теплового режима отдельных зон человеческого организма при местном температурном воздействии // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Новочеркасск: Технические науки. -2005. -№ 1. -с. 34-36
5. Дульнев Г.Н., Короткевич М.М., Пилипенко Н.В. Математическое моделирование процессов теплообмена в организме человека // Инженерно-физический журнал Т.46, № 1, 1984.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТА Ю13-4 МАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Кузьмин Т.Г., Наймушин Д.Г. *, Попов А.А. *
Томский политехнический университет
* ООО «Норд Империл»
kuzmintg@hw.tpu.ru

Введение

Постоянно действующие геолого-технологические модели (ПДГТМ) становятся все более востребованными в нефтяной отрасли [1]. Позитивный эффект от применения современных информационных технологий при построении ПДГТМ проявляется в повышении добычи нефти, снижении капитальных и эксплуатационных затрат, а также в снижении неопределенности прогнозируемых дебитов. Проявление этих эффектов наиболее ощутимо в нефтедобывающих компаниях мелкого и среднего размера, т.к. каждое решение может сильно повлиять на технические и экономические показатели деятельности компании.

Моделирование разработки с применением информационных технологий

На Майском месторождении Томской области реализована система сопровождения разработки средствами цифрового гидродинамического моделирования (с применением программных продуктов компании Schlumberger), которая позволяет принимать оперативные решения, связанные с воздействием на пласт и режимом работы скважин, размещением эксплуатационных скважин, проводкой горизонтальных скважин.

Воздействие на пласт и режим работы скважин. Система мониторинга разработки с использованием гидродинамического моделирования, введенная в 2008 г., позволила избежать потерь добычи нефти в начальный период разработки. Весной 2008 г. было отмечено падение дебитов скважин по жидкости. На основании адаптированной к историческим данным гидродинамической модели (ГДМ) была построена карта пластовых давлений, которая показала широкую воронку пониженного давления в центральной разбуренной части залежи. (См. Рис. 1.)

Наличие этих данных и результаты расчетов прогноза на основе ГДМ залежи позволили рекомендовать недропользователю ввести систему поддержания пластового давления. Система была введена в октябре 2008 г. Это отразилось на дебитах добывающих скважин (См. Рис. 2.) и изменило поле пластового давления в лучшую сторону, что отражено на Рис. 3.

Анализ работы горизонтальных скважин показал эффективность системы поддержания пластового давления.

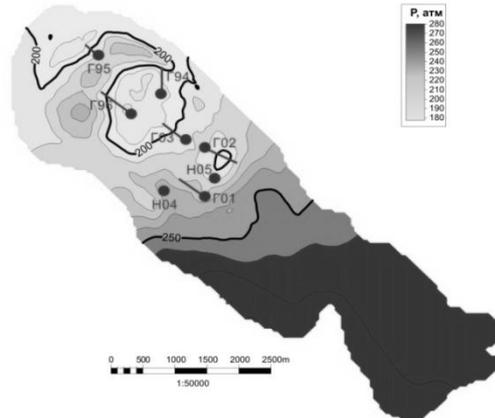


Рис. 1. Карта пластового давления на 09.2008 г.

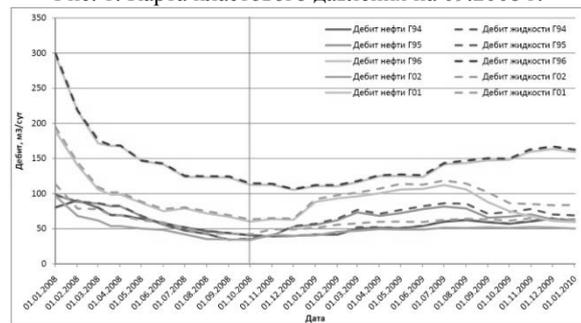


Рис. 2. Дебиты добывающих скважин до и после введения системы ППД

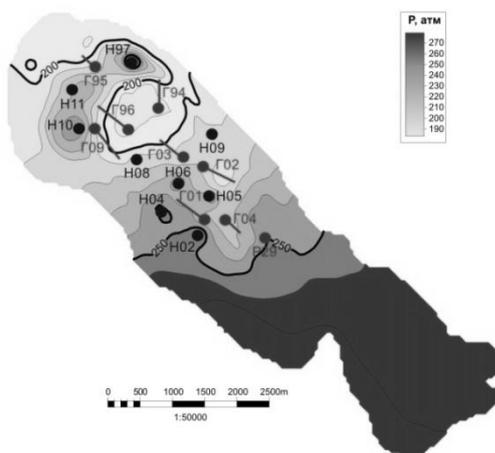


Рис. 3. Карта пластового давления на 01.2009 г.

Результаты ретроспективного моделирования разработки показали необходимость как можно более раннего начала закачки воды.

На основании адаптированной ГДМ была рассчитана модель линий тока, с помощью которой была оценена эффективность закачки каждой

нагнетательной скважины, в т.ч. влияние на добывающие скважины и «уход» воды за контур нефтеносности. Это позволило индивидуально контролировать режим работы каждой добывающей скважины.

Размещение скважин. В процессе мониторинга разработки появление новых данных приводило к изменению свойств ячеек как геологической [2], так и гидродинамической модели с последующим применением процедуры адаптации. Так, появление новых структурных карт, бурение новых скважин в южной части залежи позволили уточнить распространение коллектора по площади и, соответственно, скорректировать размещение скважин в ранее неразбуренных районах. (См. Рис. 5 и Рис. 6.)

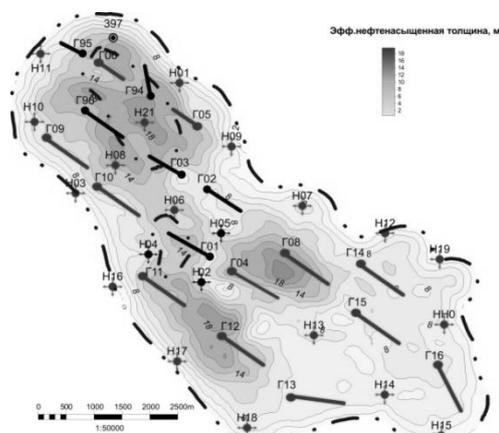


Рис. 5. Размещение эксплуатационных скважин на основе первоначальной модели

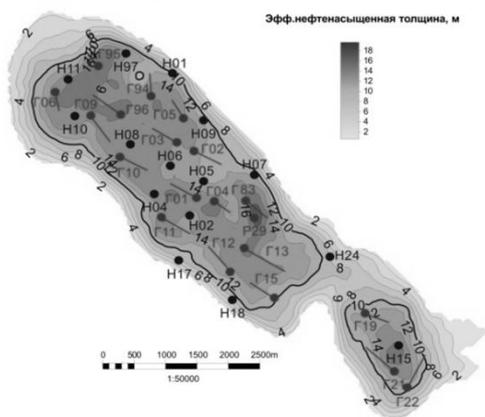


Рис. 6. Размещение эксплуатационных скважин на основе измененной модели

Проводка горизонтальных скважин. Результаты эффективности проводки (геологического сопровождения бурения) стволов горизонтальных скважин по песчаникам без создания адекватной цифровой модели и с учетом постоянного мониторинга можно увидеть на следующих примерах. Бурение скважины Г82 без подготовки качественной структурно-тектонической и

геологической моделей привело к тому, что большая часть горизонтального участка была пробурена вне пласта (Рис.7. и Рис.8.). После освоения скважины был получен дебит около 8 т/сут., который снизился до 3 т/сут. в течение 2 месяцев. На основе подготовленной к тому моменту ГДМ с учетом переинтерпретации данных 3D сейсморазведки был заложен проектный профиль-траектория горизонтальной скважины Г83. В результате геологического сопровождения с учетом мониторинга цифровой модели месторождения была получена 100 % эффективность проводки ствола скважины по песчаникам (См. Рис.8.). После освоения данной скважины был получен начальный дебит 150 т/сут. В настоящий момент скважина работает с дебитом 120 т/сут., что и было получено при расчетах на обновленной гидродинамической модели.

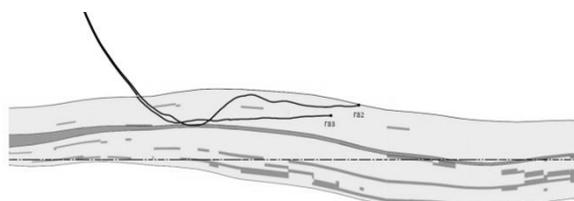


Рис. 7. Проводка горизонтальных скважин без обновления модели

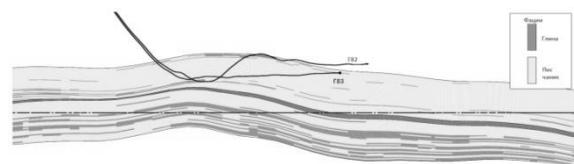


Рис. 8. Проводка горизонтальных скважин с использованием обновленной модели

Выводы

1. ПДГТМ, построенная с применением современных программных продуктов - важный и необходимый инструмент для эффективного мониторинга и прогнозирования разработки месторождения.
2. Качественные цифровые геологическая и гидродинамическая модели позволяют значительно улучшить технико-экономические показатели разработки месторождения.

Литература

1. Жданов С. А. и др. РД 153-39.0-047-00. Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений. Москва : б.н., 2000.
2. Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. М., изд-во «ИПЦ «МАСКА», 2009.

О ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ГИБКИХ ОБОЛОЧЕК ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕЙ СДВИГОВОЙ ЗНАКОПЕРЕМЕННОЙ НАГРУЗКИ

Е.Ю. Крылова, И.Е. Кутенов, И.В. Папкова
Саратовский государственный технический университет
Kat.Krylova@bk.ru

Введение

В работе впервые исследуются нелинейная динамика гибких прямоугольных в плане оболочек под действием внешней сдвиговой знакопеременной нагрузки. Подобные оболочки являются составными элементами разнообразных современных инженерных конструкций: мостов и зданий, космических, летательных и подводных аппаратов. Вопрос устойчивости современных инженерных конструкций актуален и очень важен. В настоящее время сложные колебания таких механических систем мало изучены.

В рамках нелинейной классической теории рассмотрим сферическую оболочку на прямоугольном плане с постоянной жесткостью и плотностью при действии внешнего сдвигового знакопеременного давления. Исходными являются уравнения теории пологих оболочек, в безразмерном виде [1]:

$$\frac{1}{12(1-\mu^2)}(\nabla_{\lambda}^4 w) - k_{x_2} \frac{\partial^2 F}{\partial x_1^2} - k_{x_1} \frac{\partial^2 F}{\partial x_2^2} - L(w, F) + \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \varepsilon \frac{\partial w}{\partial t} - q(x_1, x_2, t) + 2S \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = 0,$$

$$\nabla_{\lambda}^4 F + k_{x_2} \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + k_{x_1} \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + \frac{1}{2} L(w, w) = 0 \quad (1.1)$$

w и F - функция прогиба и усилия, a, b - размеры оболочки в плане по x_1 и по x_2 соответственно; μ - коэффициент Пуассона, k_{x_1}, k_{x_2} - геометрические параметры кривизны оболочки.

К уравнениям (1.1) присоединим граничные условия:

$$w = 0; \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} = 0; F = 0; \frac{\partial^2 F}{\partial x_1^2} = 0 \quad \text{при} \quad x_1 = 0; 1,$$

$$w = 0; \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} = 0; F = 0; \frac{\partial^2 F}{\partial x_2^2} = 0 \quad \text{при} \quad x_2 = 0; 1 \quad (1.2)$$

Начальные условия

$$w(x_1, x_2)|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial t} = 0 \quad (1.3)$$

Полученные системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных сводятся к системам обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений методом конечных разностей с аппроксимацией $O(h^2)$ по пространственным переменным, которые по времени решаются методом Рунге-Кутты четвертого порядка. На каждом шаге по времени решается система алгебраических уравнений относительно функции усилия F .

Анализ полученных результатов

Рассмотрим оболочку с параметрами кривизны $k_{x_1} = k_{x_2} = 12$ под действием внешней сдвиговой знакопеременной нагрузки заданной $S = s_0 \sin \omega_p t$. Исследуем поведение оболочки на временном интервале $t \in [30, 258]$ под действием нагрузки с параметрами $s_0 = 15.726$ и $\omega_p = 11.4$, данная частота соответствует частоте собственных линейных колебаний системы. Вейвлет спектр Морле (Рис.1), сигнал и шкала характера колебаний позволяют увидеть (Рис.2), что частотные характеристики колебаний оболочки с течением времени существенно отличаются.

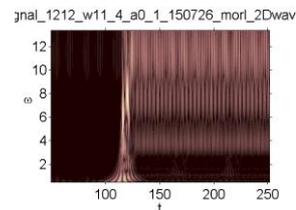


Рис.1 2- D Вейвлет спектр Морле $t \in [30, 258]$

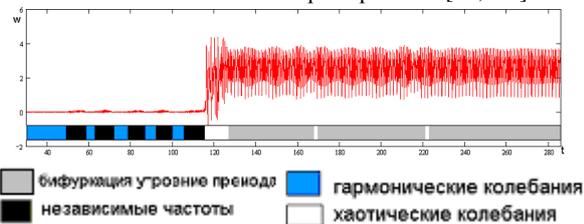


Рис.2 Сигнал и шкала колебаний оболочки $t \in [30, 258]$

При изучении поведения системы строились: сигнал, фазовый и модальные портреты в двух и трехмерной постановке, спектр мощности в центральной точке поверхности оболочки, поверхности и линии равных прогибов, автокорреляционные функции, вычислялись изменения знака старшего показателя Ляпунова.

Понятие модального портрета, характеризующего изменение в пространстве произвольной точки поверхности пластины с помощью прогиба, первой и второй производной по пространственным координатам вводится впервые для исследования перехода поверхности оболочки в состояние хаоса, т.е. для изучения пространственно-временного хаоса.

Рассмотрим три временных интервала, на которых поведение системы различно.

На начальном интервале $t \in [30, 109]$ (Табл.1) колебания системы характеризуются низкими амплитудами сигнала, здесь можно выделить зоны гармонических (Табл.2) и квазипериодических (на линейных комбинациях независимых частот)

(Табл.2) колебаний. Данные области поочередно сменяют друг друга с течением времени. В окнах квазипериодических колебаний амплитуда сигнала немного возрастает по сравнению с гармоническими областями. На вейвлет спектре Морле присутствуют низкочастотные составляющие, мощность которых нарастает к центру квазипериодического окна, затем идет ее затухание, в то время как частота возбуждения к центру окна полностью поглощается и нарастает к его краям. На интервалах гармонических колебаний вейвлет спектр и спектр мощности Фурье показывают наличие одной частоты - частоты внешней нагрузки. Характер изгибания поверхности оболочки одинаков на всем рассматриваемом интервале. Линии равных прогибов обладают симметрией и четким периодом по времени, что соответствует поведению пластины вне зон хаотических колебаний (Табл.1).

Табл.1 Характеристики оболочки $t \in [30,109]$

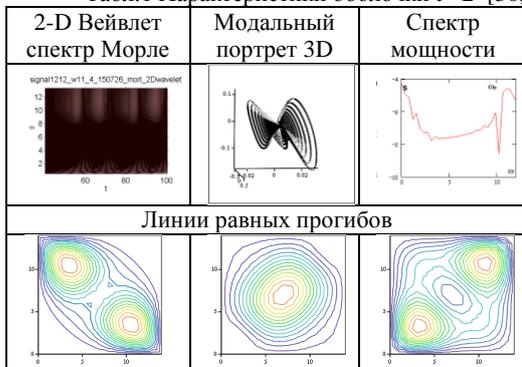
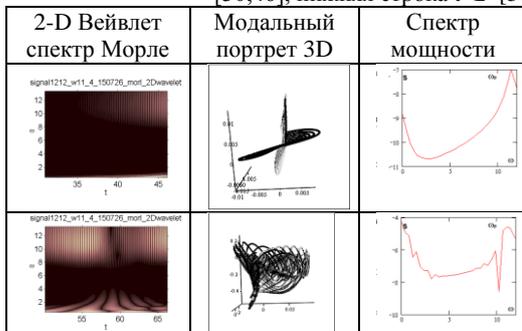


Табл.2 Характеристики оболочки верхняя строка $t \in [30,46]$, нижняя строка $t \in [50,66]$



При $t \in [110,126]$ (Рис.1), (Табл. 3) резко возрастает амплитуда сигнала (Рис.2) – имеем узкое окно хаотических колебаний на сигнале, на шкале, которая расположена под сигналом, ему соответствует белая область, знак старшего показателя Ляпунова здесь отрицательный. Фазовый и модальный портрет – сплошное пятно, что подтверждает наличие временного и пространственного хаоса, соответственно. Линии равных прогибов и поверхности сохраняют симметрию и период по времени вплоть до середины хаотического окна. В центре интервала обнаружили две крайне непродолжительные области, где нарушается период, их продолжительность по времени в обоих случаях не превышает 0.094 временных единиц.

При $t \in [130,258]$ (Табл.4) на вейвлет и Фурье спектрах три независимые частоты. Произошла

бифуркация - утроение периода, что является подтверждением того, что для рассматриваемых систем теорема Шарковского также верна. На шкале (Рис.2) и вейвлет спектре (Табл.4) видны маленькие островки перемежаемости (белый цвет (Рис.2)), но они так малы, что лишь немного зашумляют спектр мощности Фурье, и не оказывают влияние на характер изгибания оболочки. Линии равных прогибов на всем интервале симметричны и имеют четкий период.

Заключение

В результате проведенных численных экспериментов выяснилось, что характер колебаний оболочки под действием внешней знакопеременной сдвиговой нагрузки, с течением времени, может меняться от гармонического и квазипериодического до хаотического при постоянных значениях амплитуды и частоты воздействия. Также могут наблюдаться кратковременные области хаотических колебаний внутри квазипериодического окна и квазипериодические зоны внутри гармонических областей.

Таким образом, происходит потеря устойчивости системы не только при изменении некоторых управляющих параметров, но и при их фиксированных значениях с течением времени, т. е. наблюдается перемежаемость по времени.

Табл.3 Характеристики оболочки $t \in [110,126]$

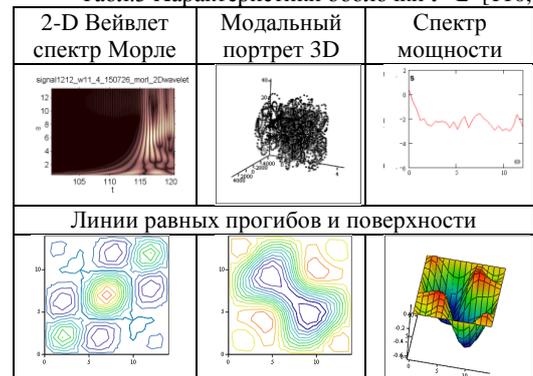
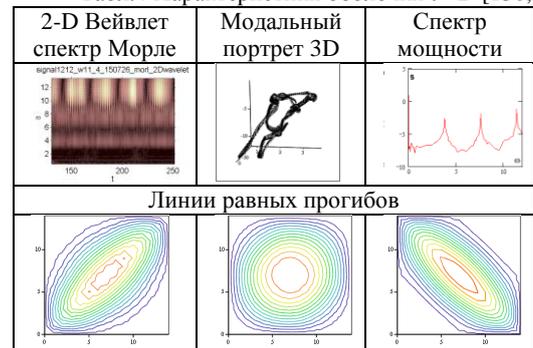


Табл.4 Характеристики оболочки $t \in [130,258]$



Литература

1. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. Москва, Наука, 1972, 432 с.
2. Krysko V.A., Awrejcewicz J. Chaos in Structural Mechanics. Springer. - Berlin, London, New-York, Paris, 2008. 400 p.
3. Krysko V.A., Awrejcewicz J., Krysko A.V. Thermo-dynamics of plates and shells. Springer.- Berlin, London, New-York, Paris, 2007. 777 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СГУСТКА ЭЛЕКТРОНОВ В ТРИОДЕ С ВИРТУАЛЬНЫМ КАТОДОМ

А.А. Тимофеев, В.П. Григорьев
Томский политехнический университет
andreytimoff@mail.ru

Введение

В свете решения вопроса об использовании всех возможностей сильноточных ускорителей для повышения мощности генерируемых импульсов электромагнитного излучения наиболее перспективными являются приборы, выполненные на основе систем с виртуальным катодом (ВК).

Отличительной особенностью систем с ВК является способность генерировать электромагнитные колебания только при токах электронного пучка выше предельного вакуумного, когда выполняется условие формирования ВК. Эти приборы имеют такие достоинства, как перестройка по частоте, формирование мощных электромагнитных импульсов большой длительности, конструктивная простота и компактность. Перечисленные достоинства приборов на основе систем с ВК делают их конкурентоспособными, а в ряде случаев и незаменимыми при использовании в ускорительной технике, радиолокации, физических исследованиях по взаимодействию электромагнитных волн с плазмой и ее нагреву, воздействию мощных потоков излучения на вещество и биологические объекты и в других областях.

Рассмотрим один из классов приборов с ВК, в которых отсутствуют пролетные частицы, то есть в них электроны совершают только осцилляторное движение между реальным и виртуальным катодами. Эти приборы называются триодами с ВК (или отражательными триодами с ВК).

В данной работе приведены результаты аналитического исследования мощности излучения сгустка электронов, совершающих колебания. Получена формула для расчета, а также найдены условия максимума мощности излучения.

Основные уравнения

Рассмотрим цилиндрический резонатор радиуса R_c и длины H_c , в котором помещен отражательный триод с ВК. На рис. 1 показана схема системы с плоским катодом, используемая в теоретических исследованиях и адекватно отражающая реальную экспериментальную установку. К - катод, А - анод, ВК - виртуальный катод.

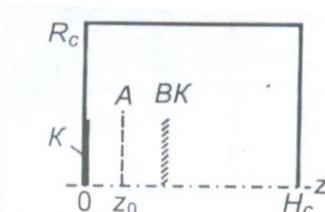


Рис. 1. Система с плоским катодом, симметричной по углу относительно оси z

Плотность тока электронного пучка в цилиндрической системе координат (r, θ, z) имеет следующий вид:

$$j_z = -aq\Omega \cos(\Omega t) \frac{\delta(r-r_0)}{r} \delta(z-z_0 - a \sin(\Omega t)) \quad (1)$$

$$j_r = j_\theta = 0$$

Уравнения Максвелла, характеризующие электромагнитное поле в данной системе, запишутся в виде:

$$\text{rot } \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \vec{j}_v$$

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2)$$

$$\text{div } \vec{D} = 4\pi \rho$$

$$\text{div } \vec{B} = 0$$

При этом поле, возбужденное сгустком электронов в резонаторе, можно разделить на две части: соленоидальную ($\text{div } \vec{E}^t = 0$) и потенциальную ($\text{div } \vec{E}^l = 0$). Так как потенциальное поле не дает вклада в излучение, то ниже ограничимся только расчетом соленоидального поля.

Расчёт мощности излучения

Для расчёта поля удобно использовать метод разложения по полной ортонормированной системе собственных функций резонатора с идеально проводящими стенками.

Представим поле в виде разложения:

$$\vec{E}^t(\vec{r}, t) = \sum_v e_v(t) \vec{E}_v^*(\vec{r}) \quad (3)$$

где \vec{E}_v^* – ортонормированные собственные функции резонатора с идеально проводящими стенками, суммирование происходит по всем трем индексам собственных функций. Выражение для определения временных амплитуд:

$$e_v(t) = \int_v \vec{E}^t \vec{E}_v^* dV \quad (4)$$

Из системы уравнений Максвелла (2) и выражения (4), применяя формулы векторного анализа и приведя систему к дифференциальному уравнению второго порядка, получим неоднородное дифференциальное уравнение для определения $e_v(t)$:

$$\frac{d^2}{dt^2} e_v(t) + 2\alpha_v \frac{d}{dt} e_v(t) + \omega_v^2 e_v(t) = -4\pi \frac{d}{dt} j_v \quad (5)$$

где

$$j_v = \int_v \vec{j} \vec{E}_v^* dV \quad (6)$$

интегрирование ведется по объему резонатора. Параметр $\alpha_v = \frac{\omega_v}{2Q_v}$ учитывает конечную

проводимость металлических стен реального резонатора.

Мощность излучения при движении заряженной частицы в резонаторе определим по формуле

$$W = - \int_V \vec{j} \vec{E}^* dV \quad (7)$$

где \vec{E} – поле, наводимое сгустком заряженных частиц в триоде, интегрирование ведется по всему объему.

Так как в рассматриваемом случае сгусток имеет только одну компоненту скорости v_z отличную от нуля, то для определения мощности излучения ограничимся вычислением лишь одной компоненты поля E_z^t .

$$E_{v_z} = \alpha^2 A_E J_n(\alpha r) \frac{\sin(n\theta)}{\cos} \cos(k_z z) \quad (8)$$

коэффициент A_E определяется из условия нормировки собственных функций $\int_V |\vec{E}_v|^2 dV = 1$ и имеет вид:

$$A_E^2 = \frac{4}{\pi h k^2 \mu_s^2 J_n'^2(\mu_s)} \quad (9)$$

μ_s – корни дисперсионных уравнений $J_n(\mu_s) = 0$.

Используя свойства функций Бесселя и преобразование Якоби, найдем j_{v_z} из уравнения (6):

$$j_{v_z} = - \frac{4\pi}{k_z} q \Omega \cdot A_E \alpha^2 \cdot J_0(\alpha r_0) \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \cos((2m-1)\Omega t) \cdot \cos(k_z z_0) \cdot (2m-1) \cdot J_{2m-1}(\alpha k_z r) \cdot \sin(2m\Omega t) \cdot \sin(k_z z) \right\} \quad (10)$$

Подставляя выражение (10) в дифференциальное уравнение (5), получим выражение для амплитуд $e_v(t)$. Подставим $e_v(t)$ в (3), найдем поле $\vec{E}^t(\vec{r}, t)$, наводимое пучком в произвольной точке внутри триода. Используя полученное значение для энергии поля $\vec{E}^t(\vec{r}, t)$ в формуле (7) и проводя усреднение по периоду колебания, найдем среднее значение мощности излучения $W_{cp}(t)$:

$$W_{cp} = \frac{64\pi^3}{k_z^2} q^2 \Omega^4 \cdot A_E^2 \alpha^4 J_0^2(\alpha r_0) \alpha_v \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \frac{(2m-1)^2 J_{2m-1}^2(\alpha k_z) \cdot \cos^2(k_z z_0)}{(\omega_v^2 - (2m-1)\Omega^2)^2 + 4\alpha_v^2 \Omega^2} + \frac{(2m)^2 J_{2m}^2(\alpha k_z) \cdot \sin^2(k_z z_0)}{(\omega_v^2 - 2m\Omega^2)^2 + 4\alpha_v^2 \Omega^2} \right\} \quad (11)$$

Так как мощность излучения в триоде носит резонансный характер, то имеет смысл рассмотреть излучение на одной из резонансных частот ($\omega_v = \Omega$). Тогда (11) переписывается в виде:

$$W_p = \frac{32\pi^3}{Q k_z^2} q^2 \Omega \cdot A_E^2 \alpha^4 J_0^2(\alpha r_0) \cdot \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ J_{2m-1}^2(\alpha k_z) \cdot \cos^2(k_z z_0) \cdot \frac{(2m-1)^2}{(2m-2)^2 + \frac{1}{Q^2}} + J_{2m}^2(\alpha k_z) \cdot \sin^2(k_z z_0) \cdot \frac{2m^2}{2m-12+1} Q \right\} \quad (12)$$

С увеличением порядка функции Бесселя, значение ее квадрата будет стремительно уменьшаться. Поэтому основной вклад в мощность излучения, генерируемого электронным пучком, будет давать первый член ряда, содержащий функцию Бесселя первого порядка. Тогда из (15) получим:

$$W_p^1 = \frac{32\pi^3}{k_z^2} q^2 \Omega Q \cdot A_E^2 \alpha^4 J_0^2(\alpha r_0) \cdot J_1^2(\alpha \cdot k_z) \cdot \cos^2(k_z z_0) = \frac{128 h q^2 c Q}{R_c^4} \cdot \frac{\mu_s^2 J_0^2\left(\frac{\mu_s}{R_c} r_0\right) \cdot J_1^2\left(\alpha \cdot \frac{b\pi}{h}\right) \cdot \cos^2\left(\frac{b\pi}{h} z_0\right)}{b^2 J_n'^2(\mu_s) \sqrt{\left(\frac{\mu_s}{R_c}\right)^2 + \left(\frac{b\pi}{h}\right)^2}} \quad (13)$$

Возьмем параметры существующей установки: длина $h = 45$ см, радиус $R_c = 15$ см, добротность $Q = 100$, расстояние между анодом и катодом $z_0 = 1.5$ см, амплитуда колебаний (равна расстоянию между катодом и анодом) $a = 1.5$ см, радиус пучка (кольца) электронов $r_0 = 5$ см, заряд пучка электронов $q = -10^{16} \cdot e = 1.6 \cdot 10^{-3}$ Кл. В итоге получим мощность излучения порядка 150 МВт (значение получено с учетом только основного вклада от первой гармоники) при длине волны порядка 10 см.

Литература

1. Диденко А.Н., Григорьев В.П., Жерлицын А.Г. Генерация электромагнитных колебаний в системах с виртуальным катодом // В сб.: Плазменная электроника / Под ред. В.И. Курилко. – Киев: Наукова думка, 1989.
2. Григорьев В.П., Коваль Т.В. Теория генерации электромагнитных колебаний в системах с виртуальным катодом // Известия вузов. Физика. – 1998. – № 4.

СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СКОЛЬЗЯЩЕГО ТОКОСЪЁМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И АППАРАТОВ

М.С. Слободян, В.С. Деева
Томский политехнический университет
veradee@mail.ru

К настоящему времени опубликовано немало работ [1–4], посвященных динамике и кинетике контактного взаимодействия твердых тел. Однако, далеко не все авторы уделяют должное внимание математическому описанию происходящих в контакте процессов, имеющих вероятностную (стохастическую) природу. Стохастичность изменения состояния тонкого слоя дисперсных фракций, как результата взаимодействия скользящей контактной пары (например, «щётка-коллектор» в электрических машинах и аппаратах), говорит о неустойчивости этого физико-механического процесса. В данном случае, состояние контакта в каждый конкретный момент времени определяют такие вероятностные параметры, как шероховатость поверхностей, их возможные отклонения от идеальной формы, высокоэнергетическое воздействие проходящего электрического тока и т. д.

Исследование динамики процессов в скользящем токосъёме представляет значительный интерес, как в плане оценки живучести тел скольжения (весьма актуальной проблеме в электроэнергетике и машиностроении), так для развития теории физики контактного взаимодействия.

В настоящей работе сделана попытка создания математической модели процесса формирования фрактальной структуры тонкого слоя контактного пространства скользящего токосъёма, заполняемого при износе фракциями разрушения. В ее основу, используя общий принцип анализа физических процессов и систем с дискретной структурой, положена модель движения потока частиц распада тел скольжения в локальном объёме контактного пространства.

Анализ опубликованных результатов экспериментальных исследований [3, 4 и др.] показывает, что фракции разрушения контактирующих тел при скольжении распределяются по их поверхности не в виде сплошной пленки, а отдельными фрагментами (примером могут служить щётки и коллекторы электрических машин). В ряде работ также отмечен перенос части фракций разрушения одной электрической щётки на контактную поверхность смежных других. Процесс разрушения поверхностного слоя контактирующих тел, также имеющий стохастический характер, зависит от параметров силового и термического воздействия, в том числе, величины электрического тока, протекающего через контактное пространство. Скорость разрушения контактного слоя электрической щётки при скольжении составляет величину порядка ~ 0,03 мГ/час.

На основании анализа геометрических параметров контактного пространства «щётка-коллектор» можно сделать вывод, что для его математического описания

важны две области. Первая область – основного контакта, образуется непосредственным соприкосновением шероховатостей поверхностей тел, а также части шероховатостей через буферную прослойку, образованную дискретными фракциями разрушения разной дисперсности. Это – полное контактное множество. Вторая область представляет собой пространство примыкающих друг к другу областей воздушного зазора, в которых контакт поверхностей отсутствует (пустое контактное множество).

В основу модели контактного разрушения тел скольжения положен пуассоновский случайный процесс распада их контактирующих слоёв на дискретные дисперсные фракции. Тогда вероятность распада и, соответственно, эмиссии фракций в контактное пространство за предельно короткий интервал времени dt может быть представлена произведением λdt . В данном случае λ – интенсивность эмиссии фракций разрушения в контактный слой, некоторая в среднем постоянная величина – математическое ожидание случайного процесса деструкции электрической щётки. Для упрощения анализа принято [5–7], что λ является параметром общего потока фракций разрушения тел скольжения – интенсивностью эмиссии их фрагментов в виде дискретных фракций, образованных контактным взаимодействием.

Обозначим интенсивность потока дискретных фракций разрушения, пополняющих контактное пространство (множество) – λ_i , а покидающих его (увеличивающих пустое множество) – μ_i . Это простейший идеальный случай – отсутствие на циклической траектории скольжения транзитных фракций разрушения, эмитированных ранее. При наличии группы из k активных источников эмиссии частиц с интенсивностями λ_i и аддитивности случайных потоков событий, результат обобщается:

$$\lambda = \sum_{i=0}^k \lambda_i.$$

Интенсивности потоков эмиссии дискретных фракций в контактное пространство являются функциями пространства r и времени t :

$$\lambda(r, t) = \sum_{i=0}^k \lambda_i(r, t).$$

В общем случае процесс эмиссии фракций разрушения поверхностных слоёв тел в многомерном контактном пространстве нестационарен.

При исследовании динамики формирования случайного потока фракций в контактном

пространстве были учтены особенности, присущие марковским процессам [6, 7]. Также сделано допущение, что изменение контактного множества происходит по линейному закону и, соответственно, интенсивность потоков фракций пополнения и убывания являются линейными функциями состояния:

$$\lambda_i = \lambda_0; \mu_i = \mu_0; \lambda_0 = \text{const} > 0; \mu_0 = \text{const} > 0.$$

Установка новой контактной пары «щёлка–коллектор» соответствует начальным условиям процесса $x(0) = i_0 = 1$. В данном случае решение уравнения состояния контактного пространства, по аналогии с приведённым в [6, 7], даст следующие результаты:

- первоначальное математическое ожидание случайного процесса динамики скольжения тел в контактном пространстве

$$M[\zeta(t)] = m_0(t) = \exp[(\lambda - \mu) \cdot t];$$

- дисперсия случайного процесса

$$\sigma_\zeta^2(t) = [(\lambda + \mu)/(\lambda - \mu)]\{\exp[(\lambda - \mu) \cdot t] - 1\} \exp(\lambda - \mu).$$

Из это следует, что математическое ожидание, характеризующее средний уровень случайного векторного процесса формирования контактного множества $\zeta(t)$, есть функция времени и соотношения интенсивностей притока и оттока фракций разрушения тел. При равенстве интенсивностей притока и оттока фракций в контактном слое $\lambda = \mu$ и его единичном начальном состоянии $x(0) = 1$ получим стабильное контактное пространство с нулевой интенсивностью относительного роста мощности множества со средним значением $m(t) = m_0(t) = m_0 = \text{const}$. Дисперсия процесса эмиссии фракций разрушения будет линейно расти во времени $\sigma_x^2(t) = 2\lambda(t)$.

Для практики важен случай, когда необходимо найти вероятность того, что к некоторому моменту времени t одно из тел будет полностью изношено, т. е. контактное множество, как физическая система, придёт в состояние полного вырождения потока частиц разрушения ($i = 0$):

$$p_0(t) = \mu \frac{1 - \exp[(\lambda - \mu) \cdot t]}{\mu - \lambda \exp[(\lambda - \mu) \cdot t]}.$$

В предельном случае при $t \rightarrow \infty$ вероятность того, что одно из тел (меньшее по объёму или с меньшим модулем упругости) полностью износится (случайный процесс контакта выродится) будет:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} p_0(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } \lambda < \mu \\ \frac{\mu}{\lambda}, & \text{при } \lambda > \mu \end{cases}.$$

Логично, что в результате любого вида эксплуатации скользящего контакта одно из тел контакта гарантированно износится (с вероятностью равной 1), если в контактном пространстве интенсивность оттока фракций разрушения равна или превышает их приток. Если приток фракций

разрушения тел, образующих контактное пространство, превышает их отток, то вероятность вырождения и время «жизни» контактной пары равны отношению интенсивностей этих потоков.

В процессе решения контактной задачи необходимо учитывать динамику взаимодействия тел системы (в том числе, фрактальный распад соприкасающихся поверхностей), описываемых дифференциальными уравнениями, отражающими эволюцию структуры контактного пространства и совмещения поверхностей тел.

При описании неравновесных систем, какой и является контакт поверхностей тел, их строгая линейная функциональная зависимость от параметров и условий работы маловероятна. Поэтому формализм дифференциальных уравнений, используемых в линейной области термодинамики и теории необратимых процессов, в полной мере может не соответствовать реальному образованию контактного слоя. Следует учесть, что структура его пространства является по своей природе дискретной, случайно меняющейся и фрактальной. Скорость образования локальных контактов шероховатостей может превышать скорость их распада или быть соизмеримой с ней. В результате эволюционного поведения процесса формирования контактного слоя отношение скоростей «зарождение–распад» будет стремиться к равновесному в среднем постоянному значению.

Определено статистическое соответствие процесса скользящего механического и электрического контакта тел стохастическому дискретному потоку эмиссии фракций разрушения поверхностных слоёв. Показано, что процессы формирования дискретной стохастической структуры пространства скользящего контакта носят эволюционный случайный характер.

Создана стохастическая модель взаимодействия тел при скользящем контакте, учитывающая совокупное влияние его параметров и внешнего воздействия. В ней рассмотрены алгоритмы вычисления характеристик основных динамических процессов, протекающих в контакте.

Литература

1. Джонсон К., Механика контактного взаимодействия. – М.: Мир, 1989. – 510 с.
2. Селиванов В.В. Механика разрушения деформируемого тела. Т.2. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 419 с.
3. Мышкин Н.К., Кончиц В.В., Браунович М. Электрические контакты. – М.: Издательская группа URSS, 2008. – 560 с.
4. Лившиц П.С. Скользящий контакт электрических машин. – М.: Энергия, 1974. – 272 с.
5. Слободян М.С., Слободян С.М. Модель динамики электрического контакта // Приборы и системы: управление, контроль, диагностика. – 2010. – №2. – С. 42–47.
6. Тихонов В. И., Миронов М. А. Марковские процессы. – М.: Советское радио, 1977. – 488 с.
7. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М.: Академия, 2005. – 576 с.

СЛОЖНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ДИССИПАТИВНО-КОНСЕРВАТИВНЫХ СИСТЕМ БАЛОК

В. А. Крысько, М.И. Коч, А. В. Крысько
Саратовский государственный технический университет
mariacsit@mail.ru

Введение

В работе рассматривается нелинейная динамика многослойных балок, связанных между собой только на краях балок, взаимодействующих между собой [1]. Подобные многослойные структуры находят широкое применение в технике. Для них характерно большое количество слоев, в свою очередь каждая из балок может иметь также слоистую структуру.

Математическая модель построена с учетом геометрической и физической нелинейностей и контактного взаимодействия между слоями. Каждая из балок подчиняется кинематической модели Эйлера-Бернулли. Физическая нелинейность учитывается с помощью теории малых упруго-пластических деформаций без учета разгрузки и вторичных пластических деформаций, с помощью метода переменных параметров упругости Биргера. Геометрическая нелинейность учитывается по модели Теодора фон Кармана. Для учета контактного взаимодействия между балками используется модель Винклера.

Для интегрирования уравнений в частных производных используется метод конечных разностей с аппроксимацией $O(h^2)$ как по временной, так и по пространственной координате. Установлено, что для получения результатов с необходимой степенью точности в МКР достаточно разбить интервал интегрирования $[0,1]$ на 40 частей. На каждом шаге по времени строится итерационная процедура метода переменных параметров упругости Биргера [2].

Решение задач осуществляется с помощью методов нелинейной динамики и качественной теории дифференциальных уравнений: анализируются для каждой балки сигналы, фазовые портреты, сечение Пуанкаре, Фурье-спектр, вейвлет-анализ, Ляпуновские показатели [3]. Исследованы вопросы влияния физической нелинейности на характер колебания балок и их синхронизацию.

Ниже приведены результаты для двухслойного пакета балок, при нулевые начальные условия, граничные условия: для правого края жесткая заделка, для левого - свободный край (Рис. 1). Зазор между балками равен 0,05 толщины балки. Нагрузка $q=q_0 \sin \omega_p t$, $\omega_p = 6.28$. Коэффициент диссипации $\mathcal{E}_i = 0,1$, $i=1,2$.

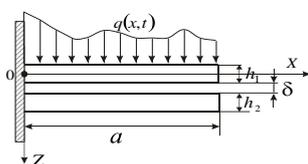
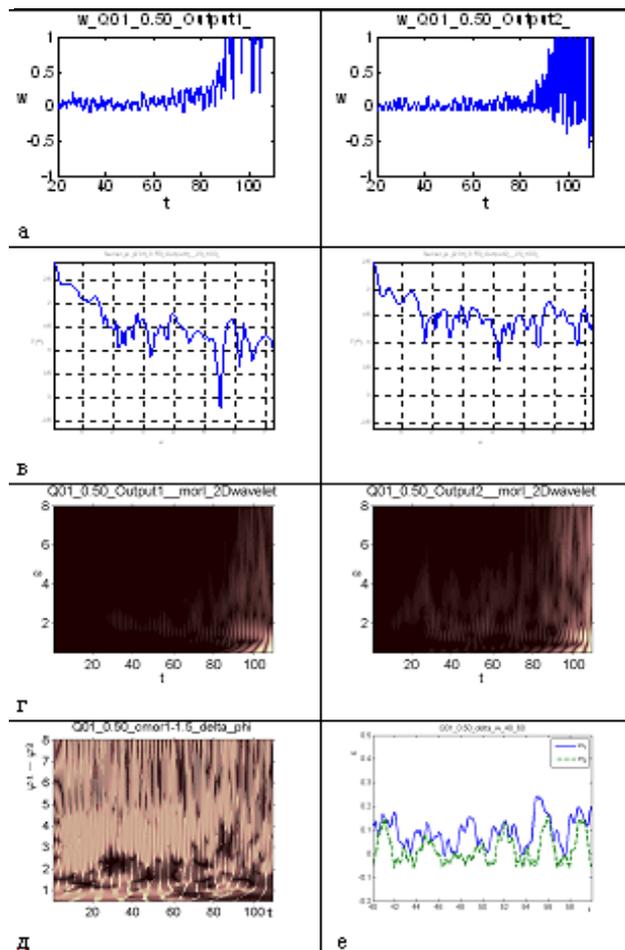


Рис. 1

Численные результаты приведены в Таблицах 1-3, где а) $w_i [1,t]$, $i=1,2$; б) фазовые портреты; в) спектры мощности; г) двух- и трехмерные вейвлеты для w_i ; д) вейвлет анализ разности фаз во времени $t \in [0,100]$; е) прогибы $w_i [1,t]$, $i=1,2$ $t \in [40,60]$ для $\mathcal{E}_i=0$; $\mathcal{E}_1=0$, $\mathcal{E}_2=1$; $\mathcal{E}_i=1$ $i=1,2$. Здесь фактически приведены результаты для трех типов механических систем: консервативные системы (Таблица 1), консервативно-диссипативные системы (Таблица 2), диссипативные системы (Таблица 3). Данная классификация была введена в [4]. При касании диссипативных балок (Таблица 3) происходит захват частот нижней балки верхней при наличии одной бифуркации Хопфа и утроения периода, т.е. даже для таких сильно нелинейных систем присутствует периодичность Шарковского.

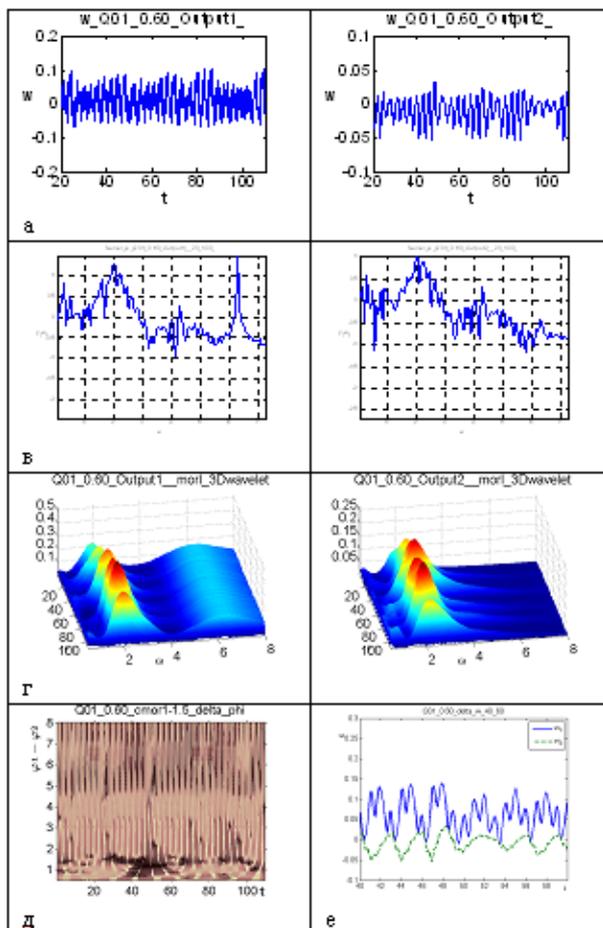
Таблица 1. Консервативная система



Наличие у одной из балок коэффициента диссипации равного 1 приводит систему в состояние хаоса после одной бифуркации Хопфа (Таблица 2). Для консервативных систем

(Таблица 1) мы наблюдаем полностью хаотические колебания, когда спектр мощности представляет собой сплошной пьедестал.

Таблица 2. Консервативно-диссипативная система



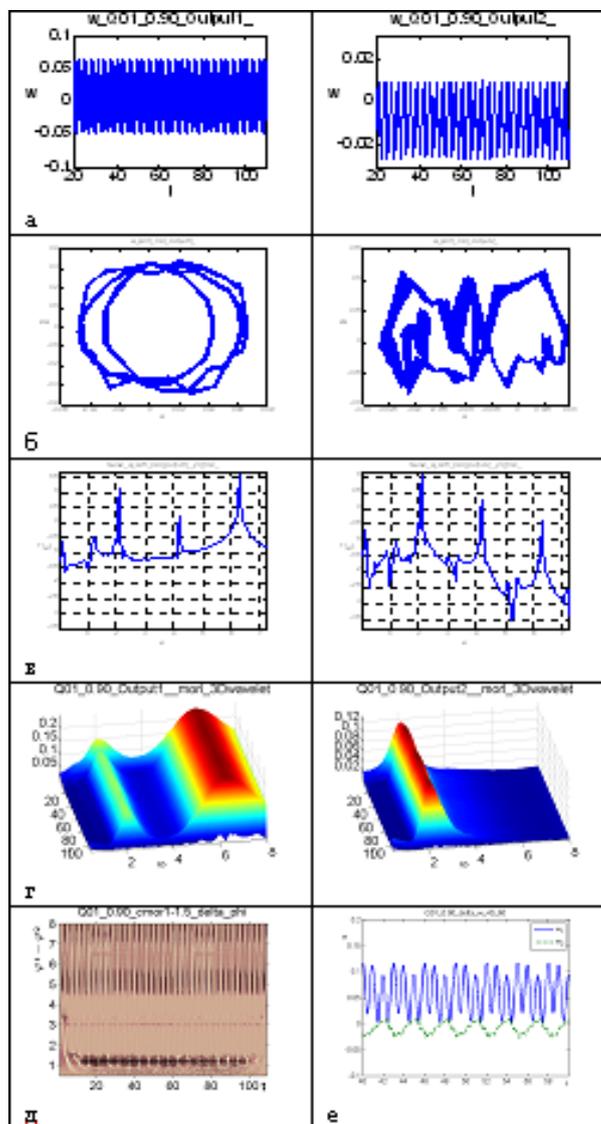
Очень важным вопросом в хаотической динамике является изучение фазовой синхронизации распределенных систем. Фазовая синхронизация означает, что происходит захват хаотических сигналов, в то время как их амплитуды остаются несвязанными друг с другом и выглядят хаотическими. Захват фаз влечет за собой совпадение частот сигналов. Синхронизированными оказываются те временные масштабы, на которые приходится наибольшее доли энергии. Для изучения фазовой синхронизации колебаний двухслойных балок разработан новый метод, основанный на вейвлет-анализе с использованием вейвлета Морле.

Анализ разности фаз во времени показывает, что наибольшие зоны фазовой синхронизации (черный цвет) для чисто консервативной системы, т.е. захват фаз влечет за собой совпадение частот сигналов практически для всего частотного диапазона, в то время как для диссипативных систем наблюдаются синхронизация на узком диапазоне частот практически на всем рассматриваемом интервале времени.

Следует отметить, что совместные колебания диссипативных балок (Таблица 1) являются регулярными, в колебаниях консервативно-

диссипативной системы также присутствуют элементы регулярности (Таблица 2), колебания консервативной системы являются хаотическими и явление регулярности не обнаружено.

Таблица 3. Диссипативная система



Литература

1. Кантор Б.Я. Контактные задачи нелинейной теории оболочек вращения. Киев, Наукова думка, 1990, 135 с.
2. Коч М.И. Учет влияния физической нелинейности на сложные колебания гибких трехслойных балок Эйлера-Бернулли // Труды Международной научно-практической конференции "Инженерные системы-2010", Российский университет дружбы
3. Krysko V.A., Awrejcewicz J. Chaos in Structural Mechanics. Springer. - Berlin, London, New-York, Paris, 2008. 400 p.
4. Крысько А.В. Математические модели многослойных структур: Учеб. Пособие. Сар. гос. тех. ун-т. – Саратов, 2008. - 180 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОКОВОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ТОКОПРОВОДОВ НА КОНФИГУРАЦИЮ СИЛЬНОТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА МИШЕНИ В ПЛАЗМЕННОЙ СИСТЕМЕ

Ле Х.З., Коваль Т.В.

Томский политехнический университет
lhd@tpu.ru

Введение

Низкоэнергетические (10-30 кэВ) сильноточные электронные пучки (СЭП) с высокой плотностью энергии находят широкое применение в различных технологических процессах, связанных с изменением состояния и свойств поверхности материалов.

Привлекательность низкоэнергетических СЭП обусловлена их способностью переносить запасенную энергию на достаточно большие расстояния и эффективно передавать ее объекту воздействия.

Важный вопрос при изменении состояния поверхности материалов электронным пучком – это конфигурация электронного пучка на мишени (обрабатываемом металле).

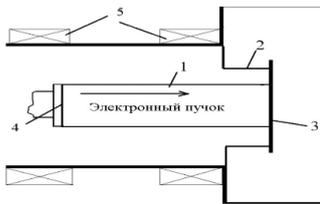


Рис. 1. Схема канала транспортировки: 1) электронный пучок; 2) обратный токопровод; 3) мишень; 4) инжектор; 5) соленоиды

В данной работе проводится моделирование динамики нерелятивистского электронного пучка в плазменнонаполненной трубе дрейфа; исследуется влияние токовой нейтрализации и геометрии токопроводов на конфигурацию сильноточного электронного пучка на мишени в плазменной системе.

Математическая модель

В общем случае транспортировка электронного пучка происходит в условиях зарядовой и токовой нейтрализации во внешнем $\{B_r, B_z\}$ и собственном B_θ магнитных полях. Движение электронов и формирование огибающей электронного пучка с учетом изменения его радиуса, плотности тока и токовой нейтрализации описывается системой уравнений [1,2,3]:

$$\ddot{x} = -\frac{r_b e B_{\theta,m} A}{r^2 \beta_z \gamma m_0} x - \frac{e B_z}{\gamma m_0 c} \dot{y} + \frac{e \beta_z}{\gamma m_0} \tilde{B}_r y, \quad (1)$$

$$\ddot{y} = -\frac{r_b e B_{\theta,m} A}{r^2 \beta_z \gamma m_0} y + \frac{e B_z}{\gamma m_0 c} \dot{x} - \frac{e \beta_z}{\gamma m_0} \tilde{B}_r x, \quad (2)$$

$$\ddot{z} = \frac{r_b e B_{\theta,m}}{r^2 \gamma m_0} (1 - f_M) (\beta_x x + \beta_y y) - \frac{e}{\gamma m_0} \tilde{B}_r (\beta_x y - \beta_y x) - \frac{e E_{z,ind}}{\gamma m_0}, \quad (3)$$

$$\text{Здесь } B_{\theta,m} = \frac{2I_b(t)}{r_b c}, \quad \tilde{B}_r = -\frac{1}{2} \frac{\partial B_z}{\partial z}, \quad \beta_z = \dot{z}/c,$$

$$\beta_x = \dot{x}/c, \quad \beta_y = \dot{y}/c, \quad \gamma^{-2} = 1 - \beta_x^2 - \beta_y^2 - \beta_z^2,$$

$$A = \beta_z^2 (1 - f_M) - 1 + f_e, \quad e \text{ и } m_0 - \text{ заряд и масса}$$

электрона, $B_{\theta,m}$ - максимальное значение собственного магнитного поля, $\rho(t, r, z)$ - плотность заряда электронов пучка, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ - радиус траектории электрона в цилиндрических координатах (r, θ, z) ; r_b и R_C - радиусы пучка и трубы дрейфа; f_M и f_e - степени токовой и зарядовой нейтрализации; $E_{z,ind}$ - индуцированное электрическое поле. Уравнения (1-3) допускают аналитические оценки в предположении, что скорости электронов и плотность зарядов не имеют пространственного распределения. В общем случае система уравнений (1-3) решается численно.

Численные расчеты и эксперименты

В данной работе проведено исследование автографов пучка на мишени при изменении токовой нейтрализации и геометрии обратных токопроводов.

Параметры численных экспериментов: энергия электронов – 27 кэВ, радиус трубы дрейфа 8 см, длина трубы 18.5 см; тока пучка – 20 кА. Электронный пучок одномерен по распределению энергии, исходный радиус пучка 4 см. Индукция ведущего магнитного поля, создаваемого соленоидами, показана на рис. 2.

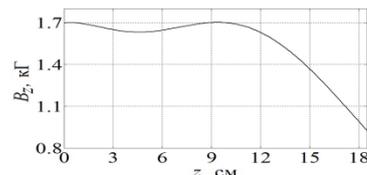


Рис. 2. Ведущее магнитное поле

Во всех экспериментах длина токопроводов равна 4 см, расстояние между двух противоположными токопроводами - L (см).

На рисунке 3. показаны траектории краевых электронов пучка в канале транспортировки и их проекции на плоскости мишени при различных токопроводах ($f_M=0, L=11$ см).

Численные расчеты, показаны на рисунках 4-5-6-7, вычислялись при $L=11$ см; а на рисунке 8 получились при $L=15.2$ см.

По полученным численным расчетам видно, что радиус электронного пучка увеличивается в области близко к мишени, это явление происходит из-за уменьшения ведущего внешнего магнитного поля B_z в конце трубы дрейфа (рис. 2).

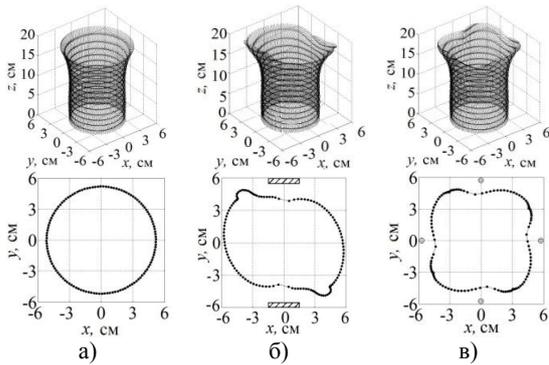


Рис. 3. Траектории краевых электронов и конфигурация пучка на мишени: а) нет токопровода; б) токопровод – 2 пластинки; в) токопровод – 4 шпильки.

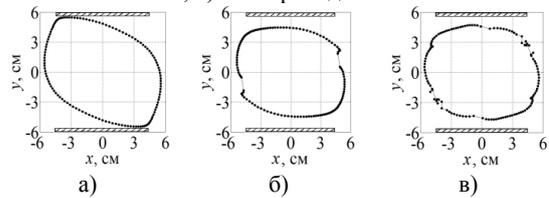


Рис. 4. Конфигурация пучка на мишени при ширине двух пластинок = 9 см; $fM = a) 1 б) 1-z/zm в) 0$.

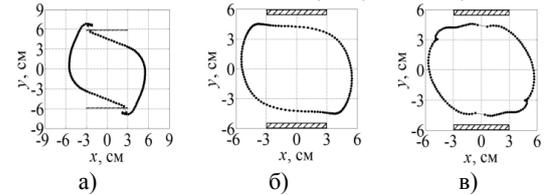


Рис. 5. Конфигурация пучка на мишени при ширине двух пластинок = 6 см; $fM = a) 1 б) 1-z/zm в) 0$.

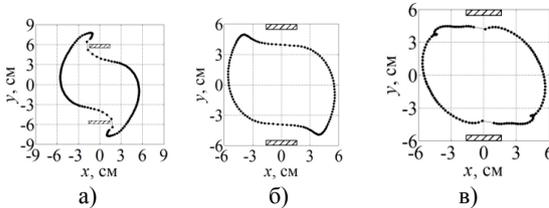


Рис. 6. Конфигурация пучка на мишени при ширине двух пластинок = 3 см; $fM = a) 1 б) 1-z/zm в) 0$.

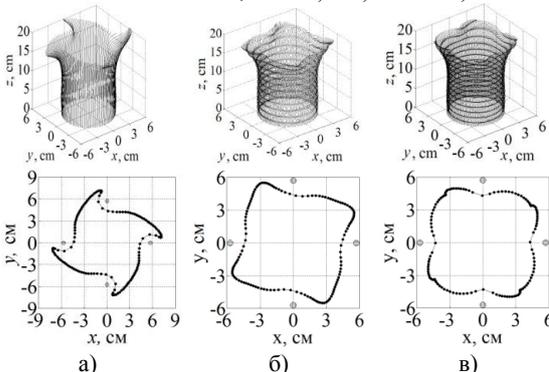


Рис. 7. Траектории краевых электронов и конфигурация пучка на мишени при радиус сечения четырех шпильек = 0.5 см; $fM = a) 1 б) 0.3 в) 0$.

При отсутствии токопроводов (рис. 3а) автограф пучка на мишени имеет круглый вид, а в противном случае вид автографа изменяется в связи с изменением токовой нейтрализации и токопроводов (вида, количество, ширины, местоположения..тд) (рис. 2-8).

Так как токи, протекающие через токопроводы, создают вокруг себя дополнительные магнитные поля, которые влияют на движения электронов.

Чем меньше значение токовой нейтрализации, тем быстрее краевые электроны совершают периодическое движение вдоль своей траектории.

В случае токопровода из двух пластинок автограф пучка на мишени имеет форму, близкую к прямоугольной (рис. 4-6). В случае же токопровода, состоящего из 4-х шпилек или пластинок, автограф пучка на мишени близко к квадрату (рис. 7-8).

Это находится в хорошем согласении с экспериментами, как показано на рисунке 9 [1].

Выводы

Математическая модель динамики нерелятивистского электронного пучка позволяет определить влияние токовой нейтрализации и геометрии токопроводов на конфигурацию высокопоточного электронного пучка на мишени в плазменнонаполненной трубе дрейфа.

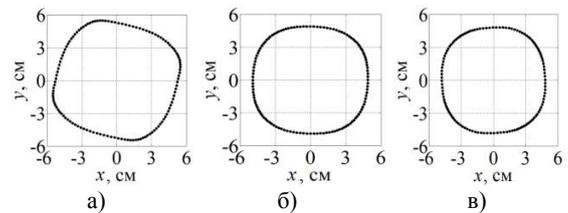


Рис. 8. Конфигурация пучка на мишени при ширине четырех пластинок = 2 см; $fM = a) 1 б) 1-z/zm в) 0$.

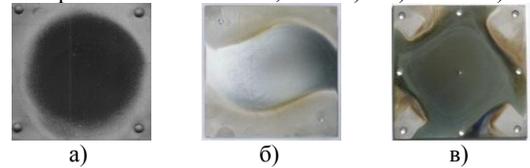


Рис. 9. Автографы пучка на мишени при различных токопроводах: а) нет токопровода; б) 2 пластинки; в) 4 пластинки

Управлять токовой нейтрализацией в практике очень трудно, но трансформация электронного пучка круглого сечения может происходить под контролем при поддержании других соответствующих условий, а создание обратных токопроводов является одним из них.

Литература

1. Grigoriev V.P., Le Huy Dung, Koval T.V., Ozur G.E., Karlik K.V. //Transformation of a circular non-relativistic, high-current electron beam into a rectangular one. // Proc. of the 16th Int. Symposium on High Current Electronics. – Tomsk, Russia - Sept 19–24 2010 .
2. Т.В.Коваль, Х.З.Ле.// Трансформация в канале транспортировки поперечного сечения электронного пучка компенсированного по заряду// Известия ТПУ, №2, Том317, стр129-132.
3. В.П.Григорьев, Т.В.Коваль, Л.Х.Зунг.// Исследование основных механизмов энергетических потерь транспортируемого электронного пучка в плазменных системах// Известия вузов. Физика, №11/2, 2009, стр101-106.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОГО СТЕНДА

Г.С. Русских, В.С. Корнеев, Е.М. Гребелюк
Омский государственный технический университет
russgrishok@mail.ru

Введение

Автоколебательные явления широко распространены в природе и нашли свое отражение в технике.

В технике автоколебания зачастую носят нежелательный, а зачастую и разрушительный характер. Однако на автоколебаниях основан принцип действия большого количества всевозможных технических устройств и приспособлений.

Классическими примерами автоколебательных систем являются ламповый генератор, часы, эффекты флаттера и шимми.

На кафедре «Основы теории механики и автоматического управления» Омского государственного технического университета разработан гидравлический стенд для исследования автоколебаний. Данный стенд может применяться в качестве наглядного пособия при проведении лабораторных и практических занятий по следующим дисциплинам: теоретическая механика, теория колебаний, устойчивость механических систем и пр.

Математическая модель гидравлического автоколебательного стенда

Автоколебательная система может быть представлена в виде, показанном на рис. 1.



Рис. 1. Механизм автоколебаний

S – источник постоянного воздействия, R – нелинейный регулятор, преобразующий постоянное воздействие в переменное, которое и «раскачивает» колеблющийся элемент (элементы) системы V , а колебания через обратную связь B управляют работой регулятора R .

В предлагаемом гидравлическом автоколебательном стенде в качестве источника энергии выступает насосный агрегат, нелинейный регулятор – золотниковый распределитель, колеблющийся элемент системы – поршень гидроцилиндра. Особенностью предлагаемого стенда является возможность выбора обратной связи, определяющей характеристика автоколебательного процесса. В качестве обратной связи могут выступать механическая обратная связь (зазор, рычаг, упругий элемент) или гидравлическая обратная связь (катаракта).

В данной статье представлен сравнительный анализ математического моделирования динамики автоколебательного гидравлического стенда и

результатов натурных испытаний для обратной связи, выполненной в виде катаракты.

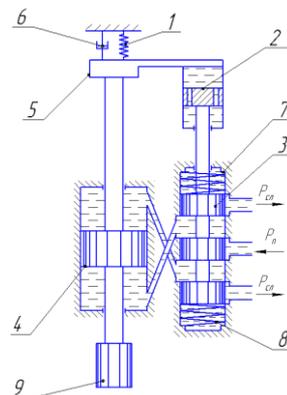


Рис. 2. Автоколебательный гидравлический стенд с катарактой в обратной связи

p_n – давление питания; p_{cl} – давление слива;

1 – пружина; 2 – катаракта; 3 – золотник;

4 – поршень силового цилиндра;

5 – дополнительная масса; 6 – депфер; 7 – упор; 8 – пружина золотника; 9 – клапан

$$\begin{cases} M \cdot \ddot{y} + B \cdot \dot{y} + C \cdot y + R \cdot \text{sign}(\dot{y}) + F_1(\dot{y}, \dot{x}) + F_2(y) = S \cdot \Delta p; \\ 2 \cdot S \cdot \dot{y} + K_{сж} \cdot \Delta p = 2 \cdot \lambda \cdot K_f \cdot x \cdot \sqrt{\frac{p_n - p_{cl} - \Delta p \cdot \text{sign}(x)}{\rho}}; \\ m \cdot \ddot{x} + b \cdot \dot{x} + c \cdot x + F_1(\dot{y}, \dot{x}) = 0, \end{cases}$$

где Δp – перепад давления в полостях гидроцилиндра; M – приведенная масса нагруженного поршня; R – постоянная составляющая приведенной силы сухого трения; S – площадь поршня; $K_{сж} = \frac{S \cdot l_0}{E}$ – коэффициент сжимаемости жидкости; l_0 – начальная длина полости гидроцилиндра; E – модуль объемного сжатия; λ – коэффициент расхода; K_f – коэффициент пропорциональности при определении площади открытия рабочего окна золотника; ρ – плотность жидкости; B, b – коэффициент демпфирования поршня и золотника; C, c – жесткость пружины 1 и 8; F_1 – сила, действующая на поршень со стороны катаракты; F_2 – нагрузка на поршень со стороны клапана; $T = \frac{S_1^2}{K_{\partial p} \cdot c}$ – постоянная времени катаракты;

$K_{\partial p} = \frac{\pi \cdot d_{\partial p}^4}{128 \cdot \mu \cdot l_{\partial p}}$ – проводимость отверстий в поршне катаракты; $l_{\partial p}, d_{\partial p}$ – длина и диаметр отверстия в поршне катаракты; μ – динамическая вязкость жидкости; S_1 – площадь поршня катаракты.

С целью математического моделирования данная система уравнений была смоделирована в пакете MATLAB/Simulink в виде блок схем, представленных на рис. 3-5.

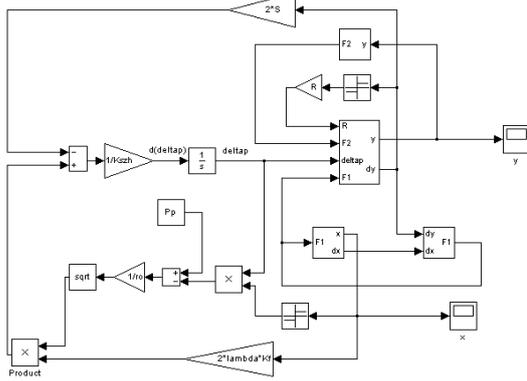


Рис. 3. Схема набора уравнения равенства расходов

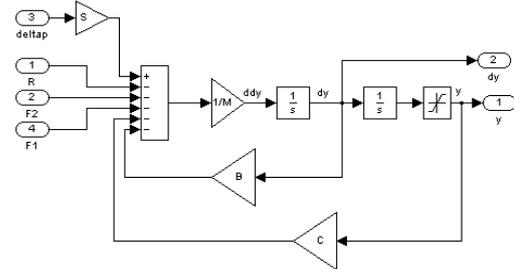


Рис. 4. Схема набора уравнения движения поршня

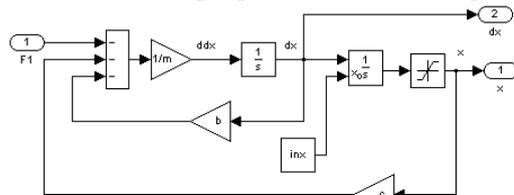


Рис. 5. Схема набора уравнения движения золотника

В результате математического моделирования процессов в гидравлическом приводе были получены конструктивные параметры, соответствующие автоколебательному режиму.

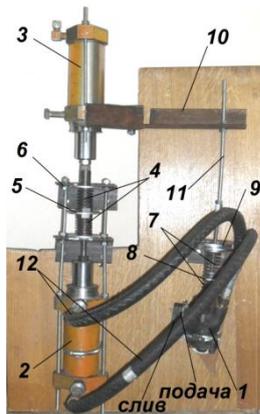


Рис. 6 Гидравлический автоколебательный стенд
 1 – гидравлический распределитель золотникового типа;
 2 – поршень силового цилиндра; 3 – катаракта;
 4 – пружинапоршня; 5 – дополнительная масса поршня;
 6 – ограничивающая рама; 7 – пружина золотника;
 8 – дополнительная масса золотника; 9 – упор;
 10 – поводок; 11 – центральный болт золотника;
 12 – рукава

После анализа результатов математического моделирования, была разработана конструкция гидравлического автоколебательного стенда (рис. 6). В качестве золотникового гидрораспределителя использовался клапан управления гидроусилителя рулевого управления автомобиля ГАЗ-66, в качестве силового гидроцилиндра и катаракты были использованы пневмоцилиндры двустороннего действия с рабочим давлением 6,3 МПа и ходом 200 мм. Подача рабочей жидкости производится насосной станцией, состоящей из центробежного насоса ЦНСГ-13-245 и электродвигателя А180S2.

На рис. 7 представлены сравнительные графики автоколебательных процессов полученных для стенда при следующих конструктивных параметрах стенда:

1-й образец, рис. 7а

$C_1 = 2514$ Н/м – жесткость пружины силового гидроцилиндра;

Масса поршня (с доп. массой) 5 кг;

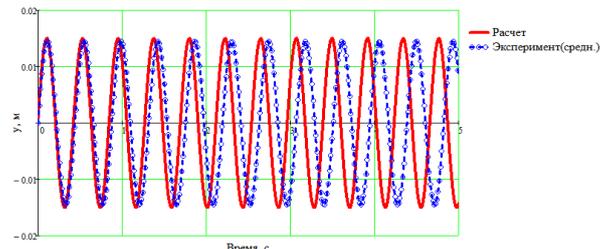
Масса золотника(с доп. массой) 5 кг.

2-й образец, рис. 7б

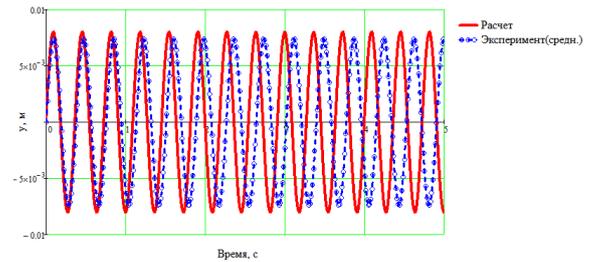
$C_2 = 5480$ Н/м- жесткость пружины силового гидроцилиндра;

Масса поршня (с доп. массой) 9,5 кг;

Масса золотника(с доп. массой) 5 кг.



а)



б)

Рис. 7. Сравнение результатов математического моделирования и экспериментального исследования колебаний в гидравлическом автоколебательном стенде

Закключение

Максимальная погрешность по амплитуде колебаний не превышает 8%, а по частоте - 4%.

Таким образом, составленная математическая модель соответствует полученным практическим результатам с допустимой точностью.

Литература

1. Баранов, В.Н. Электрогидравлические и гидравлические вибрационные механизмы. / В.Н. Баранов, Ю.Е. Захаров. – М.: Машиностроение, 1977. – 326 с.

МЕТОД БУБНОВА-ГАЛЕРКИНА В ТЕОРИИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГИБКИХ ПЛАСТИНОК

Э.С.Кузнецова, И.В. Папкова, Т.В. Яковлева
Саратовский государственный технический университет
yan-tan1987@mail.ru

Введение

В работе исследуется нелинейная динамика гибких прямоугольных в плане пластин под действием внешней поперечной знакопеременной распределенной нагрузки. Рассматривается контактное взаимодействие между пластинами с постоянной жесткостью и плотностью. Анализ характера колебаний производится с помощью качественной теории дифференциальных уравнений и нелинейной динамики. Такие пластины являются составными элементами в приборах и больших конструкциях современных летательных аппаратов и аппаратов морского базирования. Эти элементы конструкций испытывают действие внешнего динамического давления, поэтому возникает необходимость комплексного исследования поведения таких систем и установления множества параметров воздействия, которые будут характеризовать безопасный и опасный режимы. Изучению хаотических колебаний конструкций посвящены следующие работы [1-5].

Основные уравнения

В рамках нелинейной классической теории рассмотрим пластины на прямоугольном плане с постоянной жесткостью и плотностью при контактном взаимодействии друг с другом. На верхнюю пластину оказывается внешнее знакопеременное поперечное распределенное давление (Рис.1).

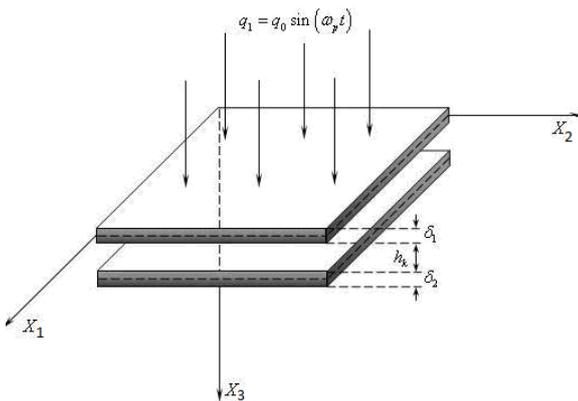


Рис.1 Контактное взаимодействие пластин под внешним поперечным давлением

Исходными являются уравнения теории пологих оболочек, записанные в безразмерном виде (1), где $\Psi = 1$, если $W_1 > w_2 + h_k$, иначе $\Psi = 0$,

$$\nabla_{\lambda}^4 = \frac{1}{\lambda^2} \frac{\partial^4}{\partial x_1^4} + \lambda^2 \frac{\partial^4}{\partial x_2^4} + 2 \frac{\partial^4}{\partial x_1^2 \partial x_2^2},$$

$$L(w, F) = \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} \frac{\partial^2 F}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \frac{\partial^2 F}{\partial x_1^2} - 2 \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2} \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_2}$$

– известный нелинейный оператор, w и F – функция прогиба и усилия.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{12(1-\mu^2)} (\nabla_{\lambda}^4 w_i) - k_{x_2} \frac{\partial^2 F_i}{\partial x_1^2} - \\ - k_{x_1} \frac{\partial^2 F_i}{\partial x_2^2} - L(w_i, F_i) - \frac{\partial^2 w_i}{\partial t^2} - \\ - \varepsilon \frac{\partial w_i}{\partial t} - q(t) + \\ + (-1)^i K(w_1 - w_2 - h_k) \Psi = 0, \\ \nabla_{\lambda}^4 F_i + k_{x_2} \frac{\partial^2 w_i}{\partial x_1^2} + k_{x_1} \frac{\partial^2 w_i}{\partial x_2^2} + \\ + \frac{1}{2} L(w_i, w_i) = 0; \end{array} \right. \quad (1)$$

где $i=1, 2$;
при $i=2$ $q(t)=0$.

К уравнениям (1) присоединим граничные условия: опирание на гибкие несжимаемые (нерастяжимые) ребра:

$$w_i = 0; \frac{\partial^2 w_i}{\partial x_1^2} = 0; F_i = 0; \frac{\partial^2 F_i}{\partial x_1^2} = 0 \text{ при } x_1 = 0; 1;$$

$$w_i = 0; \frac{\partial^2 w_i}{\partial x_2^2} = 0; F_i = 0; \frac{\partial^2 F_i}{\partial x_2^2} = 0 \text{ при } x_2 = 0; 1.$$

Начальные условия:

$$w_i(x_1, x_2) |_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial w_i}{\partial t} = 0, \quad i=1, 2.$$

Полученные системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных сводятся к системам обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений методом Бубнова-Галеркина в высших приближениях (2) и методом конечных разностей с аппроксимацией $O(h^2)$ по пространственным переменным. Система (2) удовлетворяет всем краевым условиям.

$$w_i = \sum_{m,n=1}^N A_{m,n}^i(t) \sin(m\pi x_1) \sin(n\pi x_2),$$

$$F_i = \sum_{m,n=1}^N B_{m,n}^i(t) \sin(m\pi x_1) \sin(n\pi x_2)$$
(2)

где $i=1, 2$.

Система обыкновенных дифференциальных уравнений по времени решается методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности.

Анализ полученных результатов

Рассмотрим геометрически линейную пластину с учетом контакта под действием внешней поперечной знакопеременной нагрузки, заданной в виде $q = q_0 \sin(\omega_p t)$. Исследуем поведение пластин при нагрузке с параметрами $q_0 = 0.2$ и $\omega_p = 6$, зазор между пластинами $h_k = 0.05$, методом Бубнова-Галеркина в третьем приближении (в системе (2) $N=3$).

Для исследования колебания предлагается использовать вейвлет анализ и рассматривать разные вейвлет преобразования: от Гаусс 1 до Гаусс 6, а также вейвлет Морле. В результате анализа выявилось, что наиболее информативным является вейвлет Морле и ему отдается предпочтение.

При изучении колебаний системы при различных вариантах управляющих параметров нагрузки в срединной точке пластины строились следующие характеристики: сигнал (Рис. 2 I, II), фазовый портрет (Рис. 2 VI, VII), спектр мощности Фурье (Рис. 2 IV, V), трехмерные и двумерные вейвлеты Морле (Рис. 2 VIII, IX) для верхней и нижней пластин соответственно. Вейвлет спектр и сигнал позволяют увидеть, что частотные характеристики колебаний системы на разных интервалах времени отличаются. На начальном временном интервале колеблется только верхняя пластина, после касания с нижней пластиной начинают колебаться обе пластины. Причем, как видно из спектров мощности, вейвлет спектров и графика наложения сигналов обеих пластин (Рис. 2 III), происходит огибание сигналов и захват системы. Сигналы обеих пластин хаотические. Спектры мощности представляют собой сплошной пьедестал, хаос происходит на частоте возбуждения $\omega_p=6$, но также присутствуют и другие частоты. На вейвлет спектрах видны окна включения и выключения частот. Фазовый портрет верхней пластины представляет собой сплошное пятно. В хаосе произошла полная синхронизация всего спектра частот, верхняя пластина полностью захватила нижнюю, в результате чего для второй пластины появился странный аттрактор.

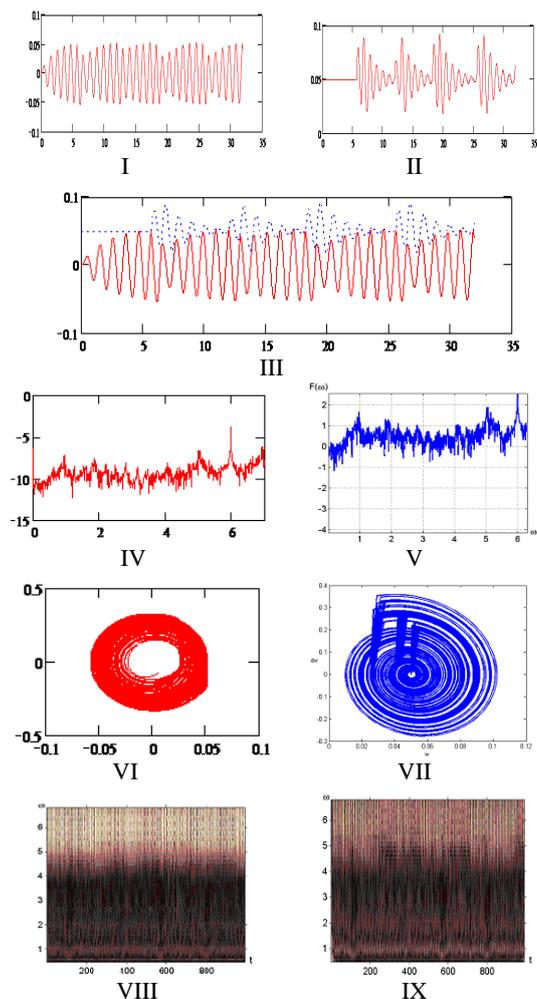


Рис.2 Сигналы (I, II), спектры мощности Фурье(IV, V), фазовые портреты (VI, VII) и вейвлет-преобразования (VIII, IX) для верхней и нижней пластин соответственно

Заключение

Когда действует поперечная нагрузка на верхнюю пластину в результате контактного взаимодействия, происходит захват сигнала нижней пластины и наблюдается синхронизация частот.

Литература

1. Awrejcewicz J., Krysko V. A. Nonclassical thermoelastic problems in nonlinear dynamics of shells. Springer, 2003. 427 p.
2. Awrejcewicz J., Krysko V.A., Vakakis A. Nonlinear dynamics of continuous elastic systems. Springer, 2004. 341 p.
3. Awrejcewicz J., Krysko V.A., Krysko A.V. Thermo-dynamics of plates and shells. Springer, 2007. 777 p.
4. Awrejcewicz J., Krysko V.A. CRC Series: Modern Mechanics and Mathematics. Introduction to asymptotic methods. Chapman&Hall/SRC London, New York, 2006. 251p.
5. Awrejcewicz J., Krysko V.A. Chaos in Structural Mechanics. Springer. 2008. 434 p.

АНАЛИЗ ПРИГОДНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Костин Н.С.

Научный руководитель д.т.н., профессор Потапов В.И.

Омский государственный технический университет

Darth_Nick@mail.ru

В данной работе была проанализирована пригодность различных методов экстраполяции временных рядов для краткосрочного прогнозирования энергопотребления. В таблице 1 представлены проанализированные методы и приведена ошибка прогнозирования в процентах. Прогноз производился на основании данных ОАО Омская Энергосбытовая Компания по потреблению электроэнергии за год. Далее на основании исходных и полученных данных была рассчитана ошибка прогнозирования для каждого интервала времени, после чего среднее значение было занесено в таблицу 1.

Таблица 1. Величина ошибки прогнозирования для каждого из рассмотренных методов

Название метода	Ошибка прогноза
Метод множественной регрессии	10%
Метод экспоненциального сглаживания	9%
Метод прогнозирования с помощью нейронной сети обратного распространения	12%
Метод прогнозирования, основанный на простом среднем	16%

Метод простых средних

Самой простой моделью, основанной на простом усреднении является модель, представленная следующей формулой:

$$Y(t+1) = (1/t) * [Y(t) + Y(t-1) + \dots + Y(1)],$$

где $Y(t+1)$ – прогноз на следующий период времени, $Y(t)$ – реальное значение в момент времени t .

Этой модели соответствует принцип "завтра будет так, как было в среднем за последнее время". Такая модель более устойчива к флуктуациям, поскольку в ней сглаживаются случайные выбросы относительно среднего.

Для реализации данного метода использовалась среда RapidMiner[4], результаты исследования метода представлены на рис. 1. Как видно из рисунка данный метод сглаживает всплески потребления, что негативно сказывается на прогнозе. Данный метод больше применим для быстрой оценки ситуации, а не для расчетов загрузки городской электросети в какой либо момент времени.

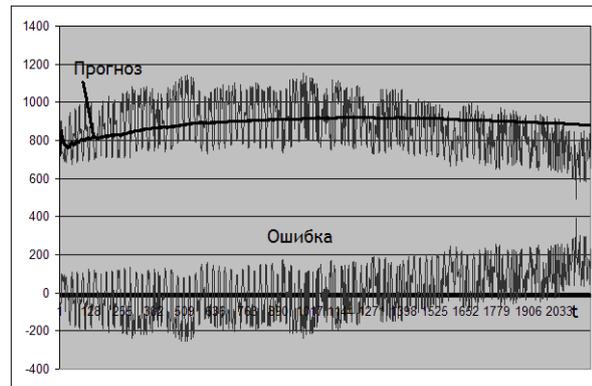


Рис. 1. Прогнозирование с помощью метода простых средних

Метод экспоненциального сглаживания

Как правило, более свежие значения временного ряда лучше описывают прогноз, чем более старые значения этого же ряда. Тогда можно использовать для прогнозирования скользящее среднее[1], модель представлена формулой:

$$Y(t+1) = (1/(T+1)) * [Y(t) + Y(t-1) + \dots + Y(t-T)],$$

где $Y(t+1)$ – прогноз на следующий период времени,

$Y(t)$ – реальное значение в момент времени t .

Смысл метода заключается в том, что модель в большей степени зависит от более свежих значений.

При прогнозировании довольно часто используется метод экспоненциальных средних[5], который постоянно адаптируется к данным за счет новых значений, также называемый методом экспоненциального сглаживания.

Формула, описывающая эту модель, записывается следующим образом:

$$Y(t+1) = a * Y(t) + (1-a) * G(t),$$

где $Y(t+1)$ – прогноз на следующий период времени,

$Y(t)$ – реальное значение в момент времени t ,

$G(t)$ – прошлый прогноз на момент времени t ,

a – постоянная сглаживания ($0 \leq a \leq 1$).

В данном методе есть внутренний параметр a , который определяет зависимость прогноза от более старых данных, причем влияние этих данных на прогноз экспоненциально убывает с "возрастом" данных. За счет параметра a модель может воспроизводить скачки энергопотребления при прогнозе

Для реализации данного метода использовалась среда RapidMiner[4], результаты исследования метода представлены на рис. 2.

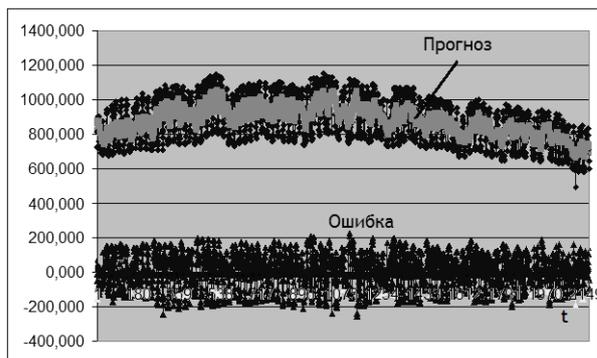


Рис. 2. Прогнозирование с помощью метода экспоненциального сглаживания

Метод множественной регрессии

В основе данного метода лежит метод наименьших квадратов [5].

Суть метода заключается в следующем. Пусть на некотором отрезке в точках $x_0, x_1, x_2, \dots, x_N$ известны значения некоторой функции $f(x)$, а именно $y_0, y_1, y_2, \dots, y_N$.

Требуется определить параметры a_i многочлена вида

$F(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_kx^k$, где $k < N$ такого, что сумма квадратов отклонений значений y от значений функции $F(x)$ в заданных точках x была минимальной, т.е. $S = \sum [y_i - F(x_i, a_0, a_1, \dots, a_k)]^2 \rightarrow \min$.

Геометрически это значит, что нужно найти кривую $y = F(x)$, полином, который проходит как можно ближе к каждой из заданной точек.

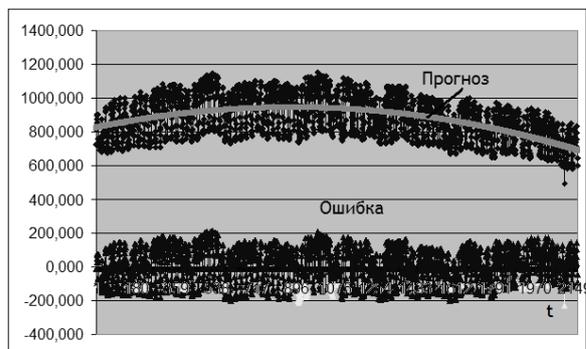


Рис. 3. Прогнозирование с помощью метода множественной регрессии

Как видно из результатов исследований, представленных на рис. 3, данный метод не может имитировать всплески. Его можно использовать только в связке с каким либо другим методом.

Метод прогнозирования с помощью нейронной сети обратного распространения

Нейронная сеть реализована с помощью библиотеки компонентов NeuralBase [3], предназначенной для программной реализации нейронных сетей. С помощью данной библиотеки реализована многослойная нейронная сеть, обучаемая по алгоритму обратного распространения ошибки [3] и имеющая сигмовидную функцию активации. Нейронная сеть обучается до момента, когда средняя ошибка не будет превышать 10%.

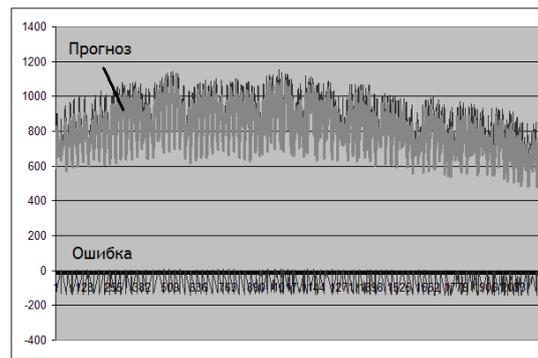


Рис. 4. Прогнозирование с помощью нейронной сети обратного распространения

Как видно из рис. 4 нейронная сеть довольно точно имитирует скачки энергопотребления, что делает её незаменимой при данного рода прогнозах. Однако нейронная сеть не может обеспечить точность, превосходящую точность методов, учитывающих сезонность и загруженность по дням недели. Следовательно, чтобы увеличить точность следует перед прогнозом убрать данные факторы и проводить обучение и прогноз на предварительно обработанных данных.

Заключение

По результатам исследований лучшие результаты показал метод экспоненциального сглаживания. Худшие результаты показал метод простого среднего, что очевидно, т.к. данный метод является линейным, и не реагирует на скачки.

Также сделан вывод, что большинство методов не могут правильно имитировать скачки потребления при прогнозировании, из-за того, что они не учитывают многие параметры, такие как освещенность, температура на улице, возможность использования прогноза погоды при прогнозировании потребления электроэнергии, что ставит задачу о создании метода, который бы учитывал все эти факторы.

Литература

1. Электронная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive_integrated_moving_average, свободный.
2. Официальный сайт среды STATISTICA [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.statsoft.com/textbook/time-series-analysis/?button=3#exponential>, свободный.
3. Технологии анализа данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.basegroup.ru/library/analysis/neural/fastneuralnet/>, свободный.
4. Официальный сайт среды RapidMiner [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rapid-i.com/content/view/181/196/>, свободный.
5. Маленко Э. Статистические методы эконометрии. - М.:Статистика, 1976.-325с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛО- МАССОПЕРЕНОСА ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА В COMSOL MULTIPHYSICS

Филиппов М.М., Гинсар В.Е., Бабушкин Ю.В.*

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

*Томский политехнический университет

imces@yandex.ru

Необходимость решения задач тепло-массообмена при фазовом переходе возникает во многих областях науки и техники связанных с кристаллизацией веществ, сваркой металлов и др. К числу наиболее часто используемых путей численного решения таких задач относятся разные варианты метода конечных элементов: с фиксированной сеткой (МКЭФС) и с плавающей сеткой (МКЭПС).

МКЭФС использует один и тот же набор уравнений для твердой и жидкой фаз. Переход рабочего вещества из жидкого состояния в твердое моделируется изменением теплофизических свойств. Расчет изменений теплового поля за счет выделения скрытой теплоты кристаллизации осуществляется, как правило, с помощью функции тепловыделения в узкой области (ΔT) вблизи изотермы плавления (T_m).

МКЭПС требует представления расчетной области в виде четко разделенных твердой и жидкой подобластей. Между ними могут быть заданы граничные условия, включающие, например, поток тепла, вызванный выделением скрытой теплоты кристаллизации.

Рассмотрим МКЭФС и условия его реализации в пакете Comsol Multiphysics. Для этого вначале необходимо определить геометрию расчетной области (рис. 1) и выбрать размерность модели.

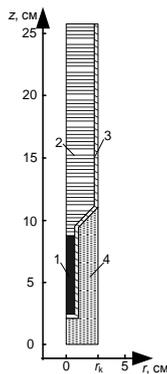


Рис. 1. Расчетная область ростового контейнера. Обозначения: 1) кристалл; 2) расплав; 3) кварцевая ампула; 4) подставка ампулы

Для процессов по Бриджмену осевая симметрия ростового контейнера позволяет понизить размерность модели и решать двумерную задачу. Последующее упрощение модели было сделано путем введения дополнительных предположений о квазистационарности процесса выращивания кристалла, о пренебрежимо малых изменениях

температуры за счет выделения скрытой теплоты кристаллизации и Ньютоновском типе расплава.

Уравнения тепло-массообмена выглядят следующим образом (1)–(4)

$$\nabla \cdot (-\lambda \nabla T) = 0 \quad \text{– в областях 1, 3, 4,} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot (-\lambda \nabla T) = -\rho c \mathbf{u} \nabla T, \quad (2)$$

$$\rho (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = \nabla \cdot \left[-p \mathbf{I} + \eta \left(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T \right) \right] + \mathbf{F}, \quad (3)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \quad \text{– в области 2,} \quad (4)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); T – температура, К; η – динамическая вязкость, Па·с; ρ – плотность, кг/м³; \mathbf{u} – вектор скорости, м/с; p – давление, Па; \mathbf{F} – удельное силовое поле, Н/м³; c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); \mathbf{I} – единичный тензор.

Удельное силовое поле \mathbf{F} , в (3) определено, как

$$F_r = 0, F_z = \rho g (1 - \beta (T - T_m)),$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; β – коэффициент термического расширения, К⁻¹; T_m – температура плавления, К.

Граничные условия для уравнения теплопроводности. Торцы ростового контейнера предполагаются теплоизолированными. На внешней поверхности контейнера при $r=r_k$ задается распределение температуры (рис. 2). На оси симметрии ($r=0$) используется условие осевой симметрии ($-\mathbf{n}(-\lambda \nabla T) = 0$, \mathbf{n} – единичный нормальный вектор, направленный наружу от границы).

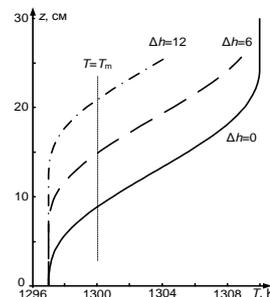


Рис. 2. Распределения температуры на боковой поверхности ростового контейнера в процессе выращивания кристалла

Граничные условия для уравнений движения. На стенках ампулы используется условие без скольжения – $\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$. На верхней свободной поверхности расплава и на оси симметрии – условие симметрии,

$$\mathbf{n} \cdot \mathbf{u} = 0, \mathbf{t} \cdot \left[-p\mathbf{I} + \eta \left(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T \right) \right] \mathbf{n} = 0,$$

где \mathbf{t} – тангенциальный вектор к границе.

Чтобы формулировка задачи стала корректной, давление в верхней точке расплава необходимо зафиксировать.

Для решения описанной выше задачи разработан алгоритм, который заключается в следующем.

Выбор прикладных модулей Comsol, подходящих для решения задачи. Для расчета теплопереноса используется модуль "Конвекция и кондукция" (Convection and conduction), решение уравнений движения осуществляется с помощью модуля "Уравнения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости" (Incompressible Navier-Stokes), который активирован только в области 2 (рис. 1).

Задание свойств материалов. Физические свойства материалов представлены в таблице. Твердая фаза моделируется как жидкость с большой вязкостью. Изменение теплофизических свойств рабочего вещества задается с помощью функции Хевисайда вида

$$\eta = \eta_l + (\eta_s - \eta_l) (1 - \text{flc}2hs(T - T_m, \Delta T)),$$

где индексы l и s обозначают расплав и кристалл соответственно.

Дискретизация расчетной области. Численное решение задач теплопереноса при фазовом переходе очень чувствительно к выбору сетки. Поэтому в каждом случае ее надо выбирать индивидуально, основываясь на специфике задачи, ее геометрии. В данном случае расчетная область разбита на 24756 элементов. Дискретизация пространства выполняется на основе треугольной сетки.

Выбор среды решения. Расчеты выполнены с помощью среды решения PARDISO. В некоторых случаях 25 итераций, установленных по умолчанию, не хватало для сходимости решения, поэтому их количество было увеличено в два раза.

Постобработка и визуализация результатов. Результаты решения задачи тепло- массопереноса выводятся на экран в виде температурного поля с наложенными контурами изолиний поля скоростей, а также минимального и максимального значений скорости.

Моделирование процесса выращивания кристалла. Численное моделирование роста кристалла осуществляется с помощью перемещения вверх распределения температуры на внешней поверхности ростового контейнера на величину Δh (рис. 2), при этом изотерма кристаллизации смещается выше и, таким образом, некоторая часть расплава переходит в твердое состояние. На рис. 3 показаны изолинии поля скоростей в расплаве, максимальное и минимальное значения скорости потока в различные моменты процесса выращивания кристалла.

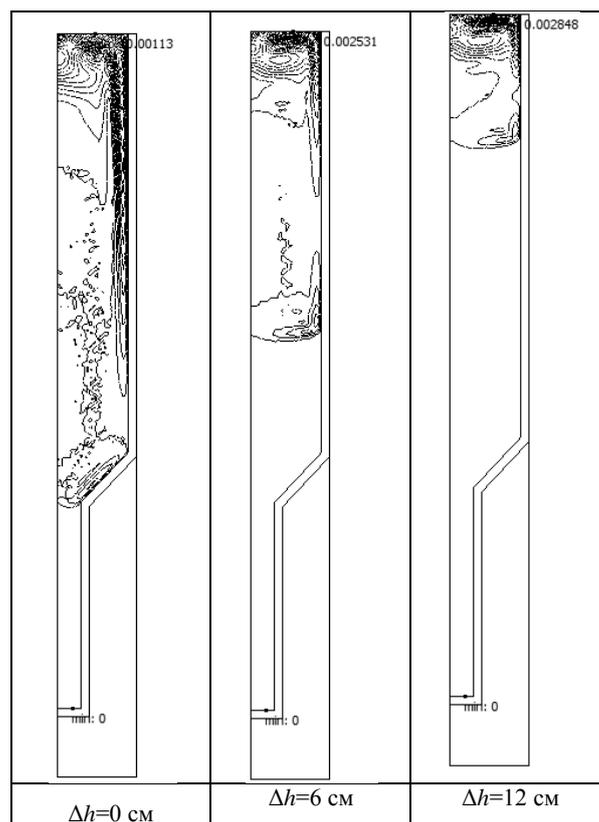


Рис. 3. Поля скоростей в различные моменты процесса выращивания кристалла. Минимальное и максимальное значения скорости

Таблица. Теплофизические свойства

Параметр	Материал	Значение
ρ , кг/м ³	кристалл-расплав	5680
	ампула	2200
	подставка	2200
λ , Вт/(м·К)	кристалл	1,5
	расплав	3
	ампула	2,8
c , Дж/(кг·К)	подставка	6
	кристалл	160
	расплав	187
η , Па·с	ампула	770
	подставка	1052
	расплав	0,0025
η_s , Па·с	кристалл	10
T_m , К	кристалл-расплав	1300
β , К ⁻¹	расплав	0,0005

Вывод

Разработан и апробирован алгоритм решения задачи тепло- массопереноса в пакете COMSOL Multiphysics, позволяющий получать оценки поля скоростей в расплаве при выращивании кристалла, что дает возможность исследовать влияние конвекции расплава на форму фронта кристаллизации.

Литература

1. Официальный сайт COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.comsol.com/>. – 07.09.2009.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

М.В. Шевчик.

*Научный руководитель: Горбунов В. М., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет
seifer1@sibmail.com*

Введение

Задача глобальной оптимизации в силу широты класса многоэкстремальных функций в общем случае является неразрешимой, т.е. нельзя гарантировать, что решение будет получено за конечное число шагов.

Развитие методов глобальной оптимизации стимулируется не только актуальностью или сложностью этих задач, но и развитием средств вычислительной техники. Например, параллельные вычисления и векторные суперкомпьютеры.

История эволюционных вычислений началась с разработки ряда различных независимых моделей. Основными из них были генетические алгоритмы и классификационные системы Голланда (Holland), опубликованные в начале 60-х годов и получившие всеобщее признание после выхода в свет книги, ставшей классикой в этой области, - "Адаптация в естественных и искусственных системах" ("Adaptation in Natural and Artificial Systems", 1975).

Стандартный генетический алгоритм (ГА) является высокоэффективным средством оптимизации. В основе ГА лежит идея использования аналогов эволюционных механизмов для поиска решения. Известно, что основные концепции теории эволюции – наследственность и естественный отбор. Эти механизмы используются ГА для нахождения решения.

Постановка задачи

Постановка задачи в самом общем виде является типичной постановкой задачи нелинейного программирования. Пусть имеется математическая модель. Пусть также задан допустимый диапазон изменения варьируемых и функциональные ограничения. Требуется найти множество оптимальных решений (или одно решение в случае одного критерия), удовлетворяющих всем заданным ограничениям.

Работа ГА

В классическом генетическом алгоритме используется двоичное представление хромосом, селекция методом колеса рулетки и точечное скрещивание (с одной точкой скрещивания). Для повышения эффективности его работы создано множество модификаций основного алгоритма. Они связаны с применением других методов селекции, с модификацией генетических операторов (в первую очередь оператора скрещивания), с преобразованием функции приспособленности (путем ее масштабирования), а также с иными способами кодирования параметров задачи в форме хромосом. Существуют также версии генетических алгоритмов, позволяющие находить не только

глобальный, но и локальные оптимумы. Это алгоритмы, использующие так называемые ниши, введенные в генетические алгоритмы по аналогии с природными экологическими нишами. Другие версии генетических алгоритмов служат для многокритериальной оптимизации, т.е. для одновременного поиска оптимального решения для нескольких функций. Встречаются также специальные версии генетического алгоритма, созданные для решения проблем малой размерности, не требующих ни больших популяций, ни длинных хромосом. Их называют генетическими микроалгоритмами.

Изменение методов селекции

Альтернативные алгоритмы селекции: турнирная и ранговая селекции. При турнирной селекции все особи популяции разбиваются на подгруппы с последующим выбором в каждой из них особи с наилучшей приспособленностью. При ранговой селекции особи популяции ранжируются по значениям их функции приспособленности.

Двухточечное скрещивание и равномерное скрещивание

В двухточечном кроссинговере (двухточечное скрещивание) выбираются две точки разрыва, и родительские хромосомы обмениваются участком генетического кода, который находится между двумя этими точками. В равномерном кроссинговере (равномерное скрещивание), каждый бит первого родителя наследуется первым потомком с заданной вероятностью; в противном случае этот бит передается второму потомку. И наоборот.

Методы кодирования

В классическом генетическом алгоритме применяется двоичное кодирование хромосом. Оно основано на известном способе записи десятичных чисел в двоичной системе, где каждый бит двоичного кода соответствует очередной степени цифры 2. В генетических алгоритмах можно, например, использовать код Грея, который характеризуется тем, что двоичные последовательности, соответствующие двум последовательным целым числам, отличаются только одним битом. Такой способ кодирования хромосом может оказаться оправданным при использовании операции мутации.

Некоторые модели ГА

Генетический микроалгоритм – это модификация классического алгоритма, предназначенная для решения задач, не требующих больших популяций и длинных хромосом. Такие

модели используются при ограниченном времени вычислений в случае, когда решение (не обязательно глобальное) необходимо найти быстро. Генетические микроалгоритмы обычно находят несколько худшие решения, однако экономят вычислительные ресурсы компьютера.

В модели Genitor (Whitley) используется специфичная стратегия отбора. На каждом шаге только *одна* пара случайных родителей создает только *одного* ребенка. Этот ребенок заменяет не родителя, а одну из худших особей популяции.

Использование гибридного алгоритма (Hybrid algorithm (Davis)) позволяет объединить преимущества ГА с преимуществами классических методов.

Островная модель (island model) — модель параллельного генетического алгоритма. Суть заключается в разбиении популяции на несколько подпопуляций. Каждая из них будет развиваться отдельно с помощью некоего генетического алгоритма. Таким образом, можно сказать, что особи расселены по нескольким изолированным островам.

В кластерной модификации генетического алгоритма используется единственная подпопуляция, содержащая кластеры хромосом, формируемых по принципу фенотипического отличия друг от друга.

Эволюционные алгоритмы

Генетические алгоритмы совместно с эволюционной стратегией и эволюционным программированием представляют три главных направления развития — эволюционного моделирования.

Эволюционные программы можно считать обобщением генетических алгоритмов. В отличие от ГА эволюционные программы обрабатывают более сложные структуры (не только двоичные коды) и могут выполнять иные "генетические" операции. Например, эволюционные стратегии могут трактоваться в качестве эволюционных программ, в которых хромосомы представляются вещественными (не двоичными) числами, а мутация используется как единственная генетическая операция.

Программы

Из программ, реализующих ГА, следует отметить программу [5].

В программе Flex Tool приняты следующие значения параметров ГА:

размерность популяции равна 77;

вероятность скрещивания равна 0.77;

вероятность мутации равна 0.0077.

Программа Flex Tool позволяет выбирать различные варианты ГА: классический, с частичной заменой популяции или микроалгоритм. Выбирать метод селекции: турнирный или ранговый, а также количество точек скрещивания.

Программа Flex Tool взаимодействует с программой MATLAB и запускается в её окне.

Одной из наиболее известных компьютерных программ, предназначенных для решения задач при помощи ГА с кодированием действительными числами, считается программа Evolver [6].

Программа Evolver взаимодействует с табличным процессором Excel, в котором решаемая задача описывается в соответствующих ячейках таблицы путём задания её параметров (переменных) и формулы функции приспособленности (целевой функции).

Заключение

Для оценки работы генетического алгоритма нужно знать недостатки наиболее распространенных методов и продемонстрировать то, что с помощью ГА хотя бы часть этих недостатков снимается, при этом новые недостатки, привносимые использованием эволюционного подхода, не настолько критичны по сравнению со старыми. Известный факт, что лучше всего в определенном типе задач работают методы, использующие эвристики, заточенные под этот самый тип задач, что весьма логично.

Литература

1. Популяционно о генетических алгоритмах [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://algolist.manual.ru/ai/ga/ga1.php>, свободный.
2. Оптимизация многоэкстремальных функций с помощью генетических алгоритмов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://algolist.manual.ru/ai/ga/ga2.php>, свободный.
3. Повышение эффективности классического генетического алгоритма [Электронный ресурс]. - <http://www.aiportal.ru/articles/genetic-algorithms/up-efficiency-alg.html>
4. Нейроинформатика. Брошюра. Том 3. 2008 г.- 12с.
5. Flex Tool (GA) M2.1, Flexible Intelligence Group, L.L.C., Tuscaloosa, AL 35486-1477, USA.
6. Evolver – the Genetic Algorithm Solver, A
7. Xcelis, Inc., 4668 Eastern Avenue N, Seattle, WA 98103, USA.

РАСЧЕТ КОМБИНАЦИОННЫХ ЧАСТОТ И ФИЛЬТРАЦИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ ФАЗОВЫМ ФИЛЬТРОМ

С.Г. Небаба, О.Н. Вылегжанин
Томский политехнический университет
stepan-lfx@mail.ru

При медицинских исследованиях биоэлектрических потенциалов возникает задача выделения изучаемых сигналов из регистрируемой смеси собственного потенциала и шумов электрода и регистрирующей системы. Учитывая случайный характер шумовой компоненты и отсутствие априорной информации о ее характеристиках, выделение информативной составляющей является достаточно сложной задачей. Ранее [1], нами был предложен метод выделения когерентного сигнала на фоне случайной помехи, основанный на применении процедуры фазовой модуляции.

В настоящей работе обсуждаются особенности численной реализации процедуры формирования такого фильтра.

Как было показано в [2], подобный фильтр может быть построен с использованием опорного импульса специального вида, показанного на рис.1.

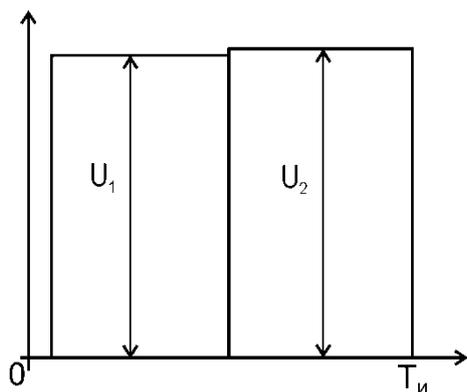


Рис. 1. Форма опорного импульса

Импульс имеет две прямоугольные ступени с амплитудами U_1 и U_2 соответственно, общая длительность ступеней немного меньше длительности интервала наблюдения $T_{и}$.

Как показали результаты анализа, при соотношениях амплитуд ступеней сигнала и отношении длительности интервала измерения к общей длительности ступеней близких к 1 увеличивается чувствительность фазы к изменению напряжения (амплитуды ступени U_2). При этом зависимость фазы от D (отношение амплитуды второй ступени к амплитуде первой) и M (отношение длительности интервала измерения к суммарной длительности ступеней) имеет вид:

$$\varphi(\omega) = \arctg \left[\frac{1-D}{1+D} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2M} \right) \right]$$

$$\Delta\omega = \sum_{p=-\infty}^{\infty} p\Omega_{np}$$

Из приведенных рассуждений вытекает следующая схема применения фильтра. Формируется опорный импульс, на нижнюю ступень которого помещается фрагмент измеряемого сигнала, осложненного шумом. Важным параметром, определяющим эффективность описываемого фильтра, является глубина модуляции. Анализ показывает, что максимальная глубина фазовой модуляции может быть равна π (гармоники находятся в противофазе). Но в реальных расчетах рекомендуется обеспечивать попадание фазы опорного импульса и фазы импульса с измеряемым фрагментом сигнала на квазилинейный участок графика зависимости фазы от параметра $\varphi(D)$. Для этого первую ступень опорного импульса принимаем равной 1, а затем вычисляем значение D , обеспечивающее попадание начальной фазы основной гармоники ($\omega=1$) на нижний конец квазилинейного участка кривой $\varphi(D)$, который соответствует значениям $D \approx 0.10$ от максимума второй производной $\varphi(D)$ по D . Этот максимум равен $\varphi'(D)_{\max} = \frac{-\sin a}{2 \cos a}$.

Сформировав таким образом опорный импульс, вычислим среднее значение измеряемого фрагмента сигнала и умножим этот фрагмент на коэффициент $\alpha = 2(1-D)/\bar{x}$, где \bar{x} - среднее значение фрагмента «сигнал плюс шум». Такой выбор размеров опорного импульса и измеряемого фрагмента сигнала обеспечивает значение разности начальных фаз основной гармоники равное примерно 2,5 – 2,9 радиана.

Нами были проведены модельные расчеты распределения амплитуд комбинационных частот, а также расчеты фазовой фильтрации для нескольких типовых сигналов (парабола, синусоида, колокольная огибающая).

Исходный опорный импульс имел следующие параметры: количество точек отсчета 64, количество точек отсчета с нулевой амплитудой 1, высота первой ступени 1, $D=0.8516$. В качестве модельного сигнала использовался полином второго порядка с коэффициентами 1, 1, -1. К этому сигналу добавлялся случайный, нормально распределенный шум с нулевым математическим ожиданием и дисперсией 0,2. Полученный в результате импульс представлен на рис. 2 и 3.

Вычисленная начальная фаза основной гармоники опорного импульса равнялась -1.22956, а начальная фаза этой же гармоники для опорного импульса с фрагментом сигнала без шума равнялась 1.31312. Таким образом, разность фаз составила -2.54268 радиана.

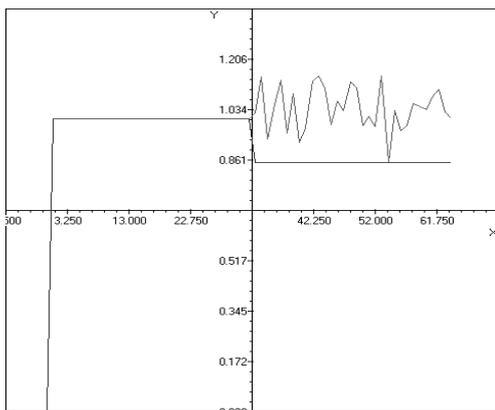


Рис. 2. График опорного импульса с добавленным фрагментом сигнала с шумом, в четвертом квадранте показана исходная вторая ступень опорного импульса

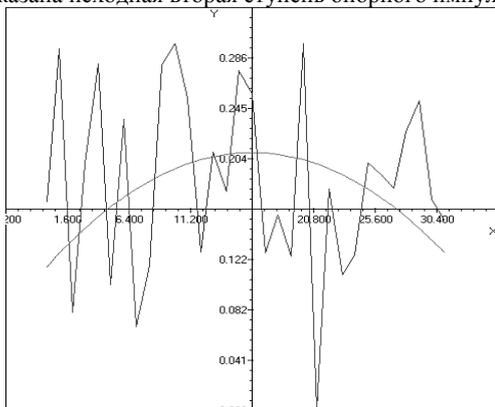


Рис. 3. График полезного сигнала и сигнала с добавленным шумом.

Поскольку все гармоники, на которые разлагается сигнал с помехой на интервале $T_H/2$ за исключением гармоники $\omega=0$, кратны основной гармонике, то они не дают вклада в изменение фазы этой гармоники. Следовательно, изменение фазы этой гармоники при добавлении измеряемого сигнала обусловлено только вкладом нулевой гармоники сигнала с шумом. Таким образом. Среднее значение измеряемого сигнала может быть оценено через разность фаз основной гармоники опорного импульса с сигналом и без сигнала в виде:

$$S = \frac{2 * a * [tg(\varphi_{BI}) - tg(\varphi_{SI})]}{[a + tg(\varphi_{BI})] * [a + tg(\varphi_{SI})] * A},$$

где $tg(\frac{\pi}{2M}) = a$, $tg(\varphi_{BI})$ - тангенс фазы опорного сигнала.

Были проведены расчеты средних значений сигнала, восстановленных по разности фаз для большого массива исходных точек. При этом вычисление проводилось для каждых 32 точек, таким образом, был получен набор точек восстановленного сигнала без шумовой компоненты. Полученный результат для сигнала с колокольной огибающей представлен на рис. 5.

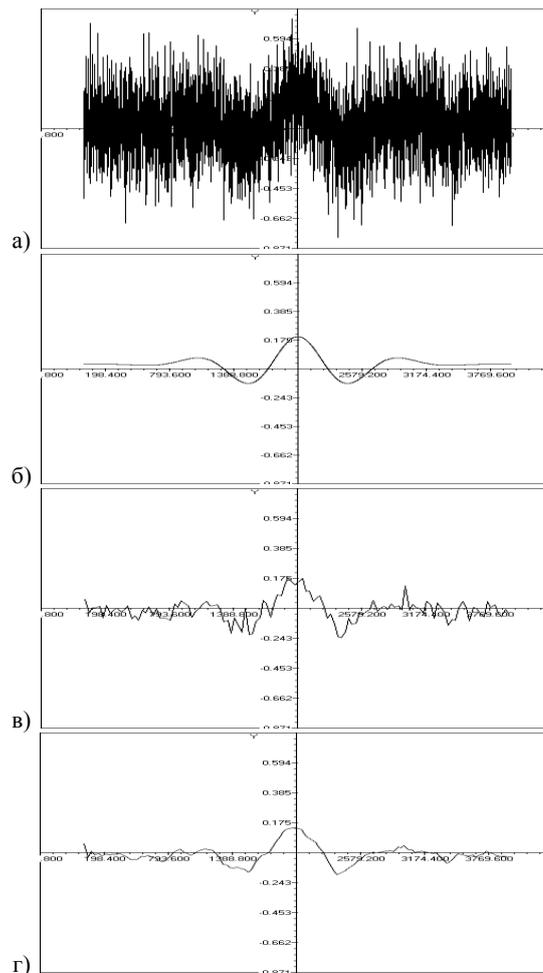


Рис. 5. а – график сигнала с шумом; б - график исходного неслучайного сигнала; в – график сигнала, восстановленного с помощью фильтра; г – график восстановленного сигнала, осредненного методом скользящего среднего

На рис. 5. Представлен исходный сигнал (колокольная огибающая), сигнал с наложенным шумом и отфильтрованный сигнал.

Полученные результаты расчетов позволяют сделать вывод, что метод фазовой фильтрации достаточно эффективен даже при восстановлении сигнала с шумом, в несколько раз превышающем когерентную составляющую по амплитуде.

Литература

1. Д.К. Авдеева, О.Н. Вылегжанин, С.А. Рыбалка. Метод выделения полезного сигнала при помехе, случайной по фазе // Успехи современного естествознания, 2010г., № 1.-С. 132-135.
2. Патент 2133474 Россия. МКИ 19/02. Способ измерения сигналов произвольной формы в присутствии случайных шумов/ Д.К. Авдеева. Заявлено 30.10.1997; Оpubл. 20.07.1999, Бюл. № 20.15с.
3. И.С. Гоноровский. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для ВУЗов.- 4-е изд.; М.: «Радио и связь», 1986.- 512 с.

ГИСТОГРАММНАЯ АРИФМЕТИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

И.В. Мордвинов, Б.С. Добронец
Сибирский федеральный университет
me@imordvinov.ru

Введение

В последнее время наблюдается повышенный интерес в области теории применения интервального анализа и интервальных вычислений. Данные методы стали мощным инструментом для работы с неточными данными и неопределенностью. Развитие вычислительных методов приводит к необходимости нахождения не только самих решений, но и гарантированных оценок на них.

Зачастую результаты вычислений представляются в форме интервалов, которые ограничивают фактическое, но неизвестное значение. Также, получаемая информация находится в форме функции плотности вероятности, которая описывает относительные вероятности того, какое значение могло бы быть.

Факт присутствия неопределенности при решении различных прикладных задач приводит к необходимости разработки таких методов, которые бы впоследствии учитывали существующие неопределенности. Так, интервальная неопределенность привела к развитию интервальных методов.

При этом, интервальные числа трактуются как случайные величины, про которые известны лишь границы их изменения. Исходя из сказанного, интервальная математика не учитывает возможного распределения плотности вероятностей полученных решений.

Сравнение двух подходов – интервальной математики и численных операций над полостями вероятности случайных величин показывает, что значимые области вероятности занимают лишь небольшую часть полученных интервалов.

Часто при работе со случайными числами ограничиваются вычислениями лишь двух характеристик: математического ожидания $M[x]$ и дисперсии $D[x]$.

Одним из важных направлений при решении практических задач – применение интервальных методов для выполнения операций над функциями плотности вероятностей, которые представлены в виде гистограммных чисел и разработка численных операций над ними [1].

Наличие информации о плотности вероятности приводит к возможности при расчетах учитывать и получать результаты в виде случайных величин с построенной плотностью вероятности.

Интервалы стандартных типов данных с вероятностью распределений представляются в форме гистограмм. Однако, эта модель не предоставляет информации о вероятностных распределениях внутри гистограммы. С ее

помощью может быть получена только функция распределения ограничений на выходе.

Для избегания этой проблемы и получения оценок выходных функций плотности вероятности существуют общепринятые методы, которые предполагают, что распределение внутри поучаемых гистограмм всегда равномерно.

Равномерное приближение позволяет использовать интервалы для количественного (вероятностного) анализа характеристической функции. На самом деле, интервальные методы охарактеризованы как методы, которые имеют больше преимуществ, чем традиционные методы случайной выборки, к примеру, метод Монте-Карло. При всех его положительных качествах, он обладает рядом недостатков. Самый существенный из них – низкая скорость сходимости [2]. Исчерпывающие исследования больших объемов входных данных возможны только тогда, когда они представлены в терминах интервального анализа.

Возникает две проблемы применения численных методов к оценке интервалов распределения функции плотности вероятностей.

Во-первых, вычисление декартова произведения входных параметров гистограммы дает множество выходных параметров, которые должны быть объединены в одну гистограмму. Сложность такого слияния может увеличиваться до бесконечного уровня (слияние двух интервалов с непустым пересечением дает три меньших интервала).

Во-вторых, при условии равномерного распределения параметров внутри гистограммы могут возникать проблемы с такими операциями, которые значительно увеличивают размер выходного интервала (например, операция умножения).

Для представления случайных величин и работы с ними определенное удобство представляют гистограммные числа и гистограммная арифметика [3].

Гистограммная арифметика

Наряду с общими представлениями случайных величин своими плотностями в виде непрерывных функций, будем рассматривать случайные величины, плотность распределения которых представляет гистограмму.

Параметр x , обладающий изменчивостью и неопределенностью, может быть представлен через гистограмму $H(x)$ следующим образом:

$$X_1 = [\bar{x}_1, \underline{x}_1]: p_1$$

$$X_2 = [\bar{x}_2, \underline{x}_2]: p_2$$

⋮

$$X_m = [\bar{x}_m, \underline{x}_m]: p_m$$

где $\sum_{i=1}^m p_i = 1$. Каждому X_i соответствует

пара в интервале $[\bar{x}_i, \underline{x}_i]$ и соответствующая вероятность возникновения p_i . То есть, с вероятностью p_i : $\underline{x}_i \leq X \leq \bar{x}_i$.

Неопределенность, в данном случае, характеризуется длиной интервала. Интервалы, ширина которых равна нулю, не представляют никакой определенности.

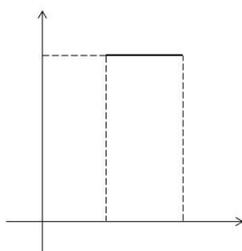


Рис.1. Распределение вероятностей при отсутствующей изменчивости

Изменчивость описывается распределением вероятностей p_i , случай при $m = 1$ соответствует нагрузке без какой-либо изменчивости. Различные типы нагрузки, а также соответствующие им параметры, показаны на рисунках 1 и 2.

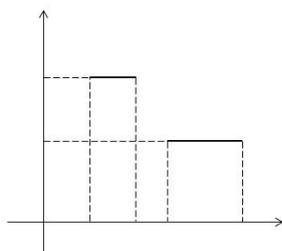


Рис.2. Распределение вероятностей с присутствием изменчивости в данных

В общем случае, гистограмма $H(x)$ представляет собой кусочно-постоянную функцию, которая определяется сеткой $\{x_i | i = 0, \dots, n\}$. На отрезке $[x_i, x_{i-1}]$ принимает постоянное значение p_i .

При построении гистограммы $H(x)$ по некоторой P_x , значение p_i на отрезке $[x_i, x_{i-1}]$ определится как среднее

$$p_i = \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{p_x(\xi) d\xi}{x_i - x_{i-1}}$$

Приложения гистограммной арифметики для анализа временных рядов

Пусть имеется ряд наблюдений случайной величины $x(t_0), x(t_1), \dots, x(t_n)$, которые произведены в определенный момент времени t_i :

$$x(t_i) = f(t_i) + \eta,$$

где $f(t)$ – функция некоторого наблюдения, полученного в определенный момент времени, η – случайная величина с математическим ожиданием $M[\eta] = 0$.

Предположим, что плотность вероятности $P_\eta(t)$ случайной величины η может зависеть от времени.

Для нахождения f и $P_\eta(t)$ будем использовать метод наименьших квадратов (МНК). Для этих целей, начиная с момента времени t_1 , строим специальным образом гистограммы G_i , используя значения с x_{i-1} по x_{i+l} . По полученным гистограммам вычисляем математическое ожидание $m_i = M[G_i]$.

Далее, по полученным математическим ожиданиям m_i , используя МНК, строим некоторый момент времени $t > t_n$ приближение для некоторой функции f и по гистограммам G_i строим приближение для плотности вероятности $P_\eta(t)$.

Таким образом, данный подход позволяет получить оценку не только $f(t)$, но и гистограммную оценку плотности вероятности $P_\eta(t)$.

Литература

1. Герасимов В. А., Добронев Б. С., Шустров М. Ю. Численные операции гистограммной арифметики и их применения // АиТ, 1991, №2. С.83-88
2. Carreras C., Hermenegildo M.E.. Grid-Based Histogram Arithmetic for the Probabilistic Analysis of Functions // SARA'2000. pp.107–123
3. Добронев Б. С. Интервальная математика. – Красноярск: КГУ, 2004. – 216 с.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ШУМА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Фан Н.Х., Спицын В.Г.
Томский политехнический университет
hoangpn285@gmail.com

Введение

Изображения часто искажаются шумами, появляющимися на этапах их получения и/или передачи. Причинами возникновения шумов на изображениях могут быть сбои в работе канала связи, шум видеодатчика и др. Одним из основных видов шумов является импульсный шум [1].

Пусть $X_{i,j}$ – интенсивность пикселя (i, j) исходного изображения X и $[n_{\min}, n_{\max}]$ – динамический диапазон изображения X . Пусть $Y_{i,j}$ – интенсивность пикселя (i, j) зашумленного изображения Y . Тогда импульсный шум может определиться как:

$$Y_{i,j} = \begin{cases} X_{i,j}, & 1-p \\ R_{i,j}, & p \end{cases} \quad (1)$$

где p – вероятность импульсного шума, $R_{i,j}$ – заменитель значения интенсивности пикселя (i, j) . Когда $R_{i,j} \in [n_{\min}, n_{\max}]$, изображение искажается импульсным шумом случайного значения (RVIN). И когда $R_{i,j} \in \{n_{\min}, n_{\max}\}$, изображение искажается импульсным шумом фиксированного значения или шумом «соли и перца» (SPN).

В данной статье рассматриваются алгоритмы обнаружения импульсного шума «соли и перца». Проведен анализ и сравнение результатов этих алгоритмов.

Алгоритмы обнаружения импульсного шума

В [2] предложен алгоритм обнаружения импульсного шума «соли и перца» на основе применения адаптивного медианного фильтра (АМФ). Пусть Z – полученное изображение при применении АМФ к зашумленному изображению Y . Заметим что, в формуле (1) значение $Y_{i,j}$ зашумленного пикселя равно $R_{i,j} \in \{n_{\min}, n_{\max}\}$, следовательно, множество зашумленных PSN пикселей можно определить следующим образом:

$$M = \{(i, j) \in A : Y_{i,j} \neq Z_{i,j} \text{ и } Y_{i,j} \in \{n_{\min}, n_{\max}\}\}.$$

В [3] предложен алгоритм обнаружения импульсного шума на основе применения параметра β – масштабного параметра, который определяется на основе изменений значений интенсивности в окрестности пикселя. Этот параметр может отражать разницу между значениями интенсивности центрального пикселя $Y_{i,j}$ и его соседних пикселей $Y_{m,n}$ в окрестности. Одной из формул, предложенных для масштабной оценки, является среднее значение $(Y_{i,j} - Y_{m,n})^2$ в окрестности.

$$\beta_{s(i,j)} = \frac{1}{N-1} \sum_{x(m,n) \in A} (|Y_{i,j} - Y_{m,n}|),$$

где A – множество $N-1$ соседних пикселей.

Если значение β пикселя – маленькое, тогда он не является искаженным пикселем. В противоположном случае, если значение β больше значения порога, то пиксель является искаженным. В [3] использовался окрестности размером 3×3 ($N = 9$), и по результатам экспериментов значение порога было равно 90.

В [4] предложен алгоритм обнаружения импульсного шума на основе учета интенсивности и приближения локальной непрерывности. Первое правило сформулировано по значению интенсивности. Пусть t_1 – порог для обнаружения импульсного шума. Множество всех искаженных пикселей может определиться как:

$$N_1 = \{(i, j) : Y_{i,j} \leq t_1 \text{ или } Y_{i,j} \geq \text{Max} - t_1\}.$$

Второе правило сформулировано на основе применения приближения локальной непрерывности. Пусть $Y_{i,j}$ – значение интенсивности текущего пикселя, $Y_{m,n}$ – значение интенсивности 8 соседних пикселей окрестности, t_2 и t_3 соответственно значение границы разницы интенсивности и значение границы пропорции (в %). Множество этих пикселей выражаться по формуле:

$$N_2 = \{(i, j) : \frac{\text{count}(|Y_{i,j} - Y_{m,n}| \geq t_2)}{8} \geq t_3\}.$$

Множество пикселей, искаженных импульсным шумом, является пересечением двух предыдущих множеств и определяется как:

$$N = N_1 \cap N_2$$

В соответствии с экспериментами, проведенными в [4], значения порогов t_1 , t_2 и t_3 равны 0.15, 0.3 и 0.8.

Результаты экспериментов

В данной статье проведен анализ и сравнение по результатам перечисленных алгоритмов обнаружения импульсного шума «соли и перца». Оценка результатов определяется по количеству неправильно обнаруженных пикселей и по количеству необнаруженных зашумленных пикселей. Пусть алгоритмы, основанные на АМФ с максимальным размером окрестности 3×3 , 5×5 и 7×7 , соответственно называются AdapMed 3×3 , AdapMed 5×5 и AdapMed 7×7 . Алгоритм, основанный на параметре β , называется Beta.

Алгоритм, основанный на порогах t_1 , t_2 и t_3 , называется Threshold123.

Таблица 1. Количество необнаруженных пикселей (НЕОБ) и количество неправильно обнаруженных пикселей (НЕПР)

Плотность, %	AdapMed3×3		AdapMed5×5		AdapMed7×7		Threshold123		Beta	
	НЕПР	НЕОБ	НЕПР	НЕОБ	НЕПР	НЕОБ	НЕПР	НЕОБ	НЕПР	НЕОБ
1	0	7	0	1	0	0	0	9	4	162
2	0	10	0	0	0	0	0	14	3	291
3	0	7	0	0	0	0	0	35	8	425
4	0	9	0	0	0	0	0	62	7	587
5	0	17	0	1	0	0	0	83	15	671
6	0	24	0	0	0	0	0	153	20	838
7	0	25	0	2	0	0	0	188	27	969
8	0	15	0	0	0	0	0	303	48	1139
9	0	33	0	1	0	0	0	353	40	1267
10	0	26	0	2	0	0	0	455	74	1337
15	0	44	0	1	0	0	0	1267	141	2055
20	0	131	0	0	0	0	0	2668	395	2760
25	0	228	0	0	0	0	0	4437	708	3300
30	0	552	0	0	0	0	0	7145	1435	3925
35	0	981	0	8	0	0	0	9737	2182	4345
40	0	1829	0	26	0	0	0	13171	3246	5061
45	0	2931	0	61	0	0	0	17111	4560	5709
50	0	4736	0	220	0	1	0	21173	6310	6256

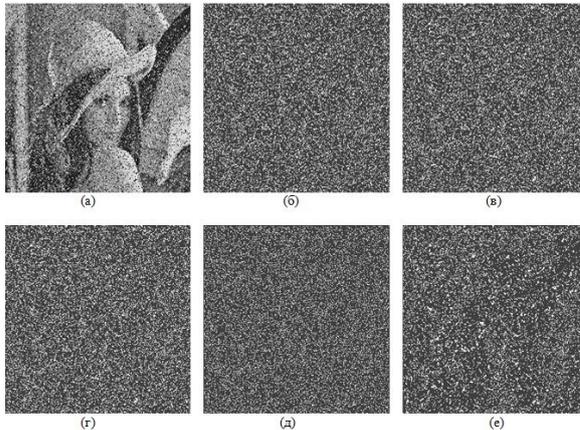


Рис. 1. Результаты обнаружения импульсного шума с плотностью 20%, (а) зашумленное изображение, (б) AdapMed3×3, (в) AdapMed5×5, (г) AdapMed7×7, (д) Threshold123, (е) Beta

Результаты алгоритмов были проведены на изображении «Лена» с различными плотностями импульсного шума. На рис. 1. представлены результаты алгоритмов с изображением «Лена», искаженным импульсным шумом с плотностью 20%.

В таблице 1 представлено количество необнаруженных пикселей и количество неправильно обнаруженных пикселей. На рис. 2 и 3 представлены результаты сравнения с данными в таблице 1.

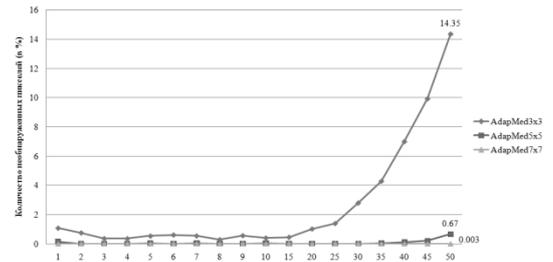


Рис. 2. Результат сравнения по количеству необнаруженных пикселей (в %) алгоритмов AdapMed3×3, AdapMed5×5, AdapMed7×7

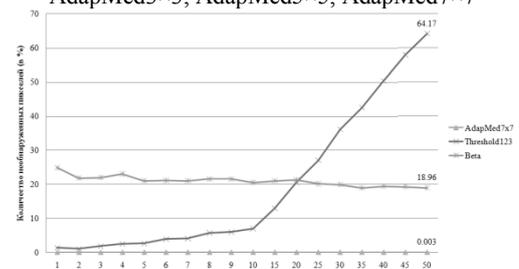


Рис. 3. Результат сравнения по количеству необнаруженных пикселей (в %) алгоритмов AdapMed7×7, Threshold 123, Beta

Заключение

В данной работе проведен анализ и сравнение результатов алгоритмов по обнаружению импульсного шума фиксированного значения или шума «соли и перца». Результаты проведенных экспериментов показали, что алгоритм, на основе адаптивного медианного фильтра с максимальным размером окрестности 7×7 дает наилучший результат по сравнению с традиционными.

Литература

- Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital image processing. – MA: Addison-Wesley. 2001. – 813p.
- Chan R., Ho C., Nikolova M. Salt-and-pepper noise removal by median-type noise detectors and detail-preserving regularization // IEEE Transactions on Image Processing. – 2005. – V. 14. – № 10. – P. 1479 – 1485.
- Kam H. S., Tan W. H. Noise detection fuzzy (NDF) filter for removing salt and pepper noise // International Visual Informatics Conference 2009 (IVIC'09). – LNCS. – 2009. – V. 5857. – P. 479 – 486.
- Najeer Ahamed J., Rajamani V. Design of hybrid filter for denoising images using fuzzy network and edge detecting // American Journal of Science Research. – 2009. – Issue 3. – P. 5 – 14.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С РЕЗЕРВНЫМ ПРИБОРОМ, УПРАВЛЯЕМЫМ ПО ВРЕМЕНИ ОЖИДАНИЯ

Е.С. Петров, Л.И. Самочернова
Томский политехнический университет
khalif@sibmail.com

Введение

Проблемы анализа и синтеза управляемых систем массового обслуживания (УСМО) вызывают значительный интерес, так как моделями УСМО описывается функционирование многих реальных технических систем, например, вычислительных систем, систем связи [1–5]. Системы, в которых стратегия управления резервными приборами или интенсивностью обслуживания зависит от времени ожидания, остались изученными слабо. Однако именно УСМО с управлением по времени ожидания заявок в очереди являются хорошими математическими моделями многих реальных систем, где важна не длина очереди, а время ожидания заявок в очереди. В данной работе рассматривается оптимизация системы массового обслуживания (СМО) с однотипным, симметричным резервным прибором, управляемым по текущему времени ожидания заявки, находящейся первой в очереди.

Описание системы

Рассмотрим однолинейную систему массового обслуживания с простейшим входящим потоком интенсивности λ , к которой может подключаться резервный прибор. Приборы однотипны, то есть обслуживание предполагается экспоненциальным с интенсивностью μ , так как для основного, так и для резервного приборов. Если заявка, находящаяся в некоторый момент времени t первой в очереди, поступила в систему в момент времени t_0 , то величину $s(t) = t - t_0$ будем называть текущим временем ожидания заявки, находящейся в очереди первой. Дисциплина обслуживания резервным прибором следующая: как только s – текущее время ожидания заявки, находящейся в очереди первой, достигает величины s_0 , ($s_0 = \text{const} > 0$), подключается резервный прибор и берет на обслуживание заявку, стоящую первой в очереди. После обслуживания одной заявки любой из двух приборов, окончивших обслуживание первым, выключается (то есть становится резервным), если текущее время ожидания заявки, которая в этот момент времени находится первой в очереди, $s < s_0$; но оба прибора продолжают обслуживание, если $s \geq s_0$. Необходимо найти такой оптимальный момент подключения, s_0^{opt} , резервного прибора, который бы минимизировал

средние суммарные потери такой системы в единицу времени.

Опишем рассматриваемую СМО марковским случайным процессом $\{s(t), v(t)\}$, с особыми состояниями: $\{v(t) = 0\}$ (система пуста); $\{v(t) = 1\}$ (очередь пуста и работает только один прибор); $\{v(t) = 2\}$ (очередь пуста и работают оба прибора), где $s(t)$ – текущее время ожидания заявки, находящейся первой в очереди, $v(t)$ – число работающих приборов в момент времени t .

Обозначим финальную плотность вероятностей $p(s, v)$ величины (s, v) через $p_1(s)$ в области $0 \leq s \leq s_0$, если $v(t) = 1$; $p_2(s)$ в области $0 \leq s \leq s_0$, если $v(t) = 2$; $p_3(s)$ в области $s \geq s_0$, для которой $v(t) = 2$. А через $\pi(v)$ финальную вероятность того, что в очереди заявок нет, а на обслуживании находится V заявок ($v = 0, 1, 2$).

В работе получен явный вид финальных плотностей вероятностей $p_i(s)$, ($i = \overline{1, 3}$) и финальных вероятностей особых состояний $\pi(0)$, $\pi(1)$, $\pi(2)$.

Оптимизация системы

Рассмотрим случай, когда в СМО имеют место потери только двух видов.

Потери от ожидания заявок в очереди. Пусть потери от ожидания i заявок в единицу времени равны $F(i)$. Тогда среднее значение потерь на ожидание можно записать в виде:

$$L_1 = M[F(i)] = \int_0^{s_0} \tilde{F}(s)[p_1(s) + p_2(s)]ds + \int_{s_0}^{\infty} \tilde{F}(s)p_3(s)ds, \quad (1)$$

где

$$\tilde{F}(s) = \sum_{i=1}^{\infty} F(i) \frac{(\lambda s)^{i-1} e^{-\lambda s}}{(i-1)!}.$$

В частности, если $F(i) = D_1 i$, то $\tilde{F}(s) = D_1(\lambda s + 1)$, где D_1 – положительная константа, имеющая смысл потерь от ожидания одной заявки в единицу времени.

Потери на амортизацию резервного прибора. Будем считать, что работа резервного прибора приводит к потерям в единицу времени, равным D_2 . Тогда среднее значение потерь на амортизацию резервного прибора в единицу времени имеет вид

$$L_2 = D_2[\pi(2) + \int_0^{s_0} p_2(s)ds + \int_{s_0}^{\infty} p_3(s)ds]. \quad (2)$$

Таким образом, с учетом (1) и (2) средние суммарные потери системы массового обслуживания в единицу времени примут вид

$$L(s_0) = L_1 + L_2 = \int_0^{s_0} \tilde{F}(s)[p_1(s) + p_2(s)]ds + \int_{s_0}^{\infty} \tilde{F}(s)p_3(s)ds + D_2[\pi(2) + \int_0^{s_0} p_2(s)ds + \int_{s_0}^{\infty} p_3(s)ds]. \quad (3)$$

Задача оптимизации такой системы массового обслуживания сводится к нахождению момента s_0^{opt} включения резервного прибора, который минимизирует функцию потерь (3). Эта задача решена численно.

Для частного случая, когда $F(i) = D_1 i$, показано что, если $\frac{D_1}{D_2} \ll 1$, то $s_0^{opt} \rightarrow \infty$, то

есть функция потерь достигает минимума, если работает только один прибор. Проведенные в работе расчеты при различных значениях параметров показали что, если $\frac{D_1}{D_2} \rightarrow 1$, то

$s_0^{opt} \rightarrow 0$, то есть функция потерь достигает минимального значения, если все время работают оба прибора, как основной, так и резервный.

Выводы

1. Изучена безгистерезисная стратегия управления однотипным, симметричным резервным прибором, управляемым по текущему времени ожидания заявки, находящейся первой в очереди. Получен явный вид функции потерь при различных значениях входных параметров.
2. Проведена оптимизация системы при учете потерь на ожидание и амортизацию. Для частного случая, когда потери от ожидания

линейно зависят от числа заявок в системе, а $\frac{\mu}{\lambda} = 1$, задача нахождения оптимального

момента включения резервного прибора, решена аналитически. Для случая, когда

$\frac{\mu}{\lambda} \neq 1$, задача оптимизации рассматриваемой

управляемой системы массового обслуживания решена численно.

3. Полученные результаты могут быть использованы при оптимизации систем, где важна не длина очереди, а время ожидания заявок в очереди.

Литература

1. Коваленко И.Н. О СМО со скоростью обслуживания, зависящей от числа требований в системе, и периодическим отключением каналов // Проблемы передачи информации. – 1971. – Вып. 7. – № 2. – С. 106–111.
2. Саксонов Е.А., Хургин В.М. Методы оценки характеристик Российской автоматизированной системы информационно-правового обеспечения // МГИЭМ, НТЦ “Система”. – 1996. – Вып. 5, – С. 29-36.
3. Горцев А.М., Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Управление и адаптация в системах массового обслуживания. – Томск: Изд-во ТГУ, 1978. – 208 с.
4. Горцев А.М., Катаева С.С. Оптимизация гистерезисного управления резервным каналом в вычислительной системе с двумя ЭВМ // Техника средств связи. Сер. Системы связи. – 1990. – Вып. 7. – С. 3–8.
5. Самочернова Л. И. Оптимизация системы массового обслуживания с переменной интенсивностью зависящей от времени ожидания // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 5. – С. 178–182.

ФРАКТАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗВЕРТОК ПАРЫ ДВОЙСТВЕННЫХ ВЫПУКЛЫХ МНОГОГРАННИКОВ

Е.М. Горбатенко, Е.С. Сухачева
Томский госуниверситет
eugenmg@mail.ru

Работа посвящена исследованию соответствия между развертками на двойственных парах многогранников типа n -мерного симплицального куба и двойственного ему симплицального многогранника. Подробно разобран случай $n = 3$ – пара куб – октаэдр. Отмечена связь с анализом структуры электрических цепей.

Сформулируем необходимые определения только для $n = 3$; их обобщение на n -мерный случай достаточно очевидно. См. [1, 2, 6, 7].

Далее предполагается, что выпуклые многогранники имеют конечное число граней.

Определение. Абстрактной разверткой симплицального 3-многогранника Δ называется связный односвязный метрически реализованный на плоскости симплицальный комплекс, замыкание внутренности реализации которого совпадает с метрической реализацией.

Кроме того, границей геометрической реализации является замкнутая ломаная без самопересечений, множество вершин которой совпадает с множеством вершин симплицального комплекса, и задано такое локально изометрическое отношение эквивалентности, что все вершины ломаной, эквивалентны только вершинам же, а фактор-множество $H(\Delta)$ гомеоморфно дереву, двукратно покрываемому во всех внутренних точках границей симплицального комплекса.

Определение. Выпуклой реализацией абстрактной развертки называется выпуклый симплицальный многогранник, на 1-остове которого выделено некоторое остовное дерево, гомеоморфное фактор-пространству $H(\Delta)$, а внутренность симплицального комплекса изометрически изоморфна дополнению границы выпуклого многогранника до остовного дерева.

Поскольку n -куб Π_n является произведением n одномерных симплексов, его граница $\partial\Pi_n$ несет структуру $(n-1)$ -мерного симплицального комплекса.

Определим алгебраическую реализацию $\partial\Pi_n$ как факторалгебру A внешней алгебры $\Lambda(2^n)$ от 2^n образующих, соответствующих вершинам Π_n ,

по мономиальному идеалу, порожденному всеми не симплексами $\partial\Pi_n$. Если обозначить через $*$ оператор Ходжа $*$: $\Lambda(2^n) \rightarrow \Lambda(2^n)$, тогда он индуцирует отображение на факторалгебру

внешней алгебры $\Lambda(n2^{n-2})$ и переводит $(n-1)$ -симплексы в вершины двойственного многогранника Ξ_{n-1} .

Добавим к A для полной двойственности одномерное пространство Vol элементов объема: $\bar{A} = A \oplus Vol$.

Пусть теперь $n = 3$. В этом случае геометрически нагляднее начать с октаэдра.

Для границы октаэдра строим его реализацию во внешней алгебре $\Lambda(\mathfrak{b})$. Для этого (используя операции кусочно-линейной топологии) октаэдр разбиваем на 4 симплекса и удаляем из построенного таким образом симплицального комплекса внутренность и инцидентные 2-границы. Получается фактор-алгебра B внешней алгебры $\Lambda(\mathfrak{b})$, способом, описанным выше, к которой мы формально добавляем элементы кообъема.

Тензорное произведение $U = \bar{B} \otimes \bar{B} \otimes \bar{B} \otimes \bar{B}$ после соответствующей факторизации является универсальным объектом, в котором «живут» развертки октаэдра, поскольку степень кратности всех вершин октаэдра равна четырем. В этой алгебре копии симплексов, все вершины которых не имеют копий, отождествляются.

Теорема. Имеется взаимно однозначное симплицальное соответствие между развертками n -многогранника и остовными деревьями $(n-2)$ -остова двойственного многогранника.

Наметим доказательство. Для случая $n = 3$ схема построения номеров ребер куба следующая: рассматриваем две смежных грани октаэдра $[\alpha, \beta, \gamma]$, $[\beta, \gamma, \delta]$ с общим ребром $[\beta, \gamma]$. Тогда двойственное ребро куба имеет вид $[\alpha, \delta] = ([\alpha, \beta, \gamma] \cup [\beta, \gamma, \delta]) \setminus [\beta, \gamma]$.

Наконец, образуем $\{\alpha, \beta, \gamma, \delta, \zeta, \eta\}$ и удаляем $\{\alpha, \delta\}$. Здесь $\{\alpha, \delta\}$ – ребро куба, соответствующее фиктивному ребру октаэдра, образованному диаметрально противоположными вершинами. Тогда $([\beta, \gamma, \zeta, \eta], \alpha)$ задают грань куба. Геометрически это номера тех вершин октаэдра, которые двойственны четырем смежным граням искомой грани куба и снаружи которой находится вершина α . Далее, удаляем из набора $\{\beta, \gamma, \zeta, \eta\}$ диаметрально противоположные вершины и добавляем $\{\alpha, \delta\}$. Одна из удаленных вершин выделяет грань куба. Дополнение

$\{\alpha, \beta, \gamma, \delta, \zeta, \eta\} \setminus \{\beta, \gamma, \zeta, \eta\}$ указывает ребро октаэдра. Итак, мы получили комбинаторное взаимно однозначное соответствие между парами смежных граней куба и парами смежных вершин октаэдра.

Удаляем внутренние ребра развертки. Оставшиеся ребра задают остовное дерево, поскольку оно содержит все вершины, и они лежат на границе, и поскольку использованы все грани. Кроме того, если бы образовался цикл, тогда поверхность (выпуклого) многогранника поделилась бы на две части или более, что противоречит определению развертки. Общий случай использует материал из [3,4,5]. Теорема доказана.

Свяжем с каждым многогранником квадратичную форму, образованную по принципу контроля рассеяния энергии в электрических цепях.

Каждому ребру $[\beta, \gamma]$ многогранника поставим в соответствие $\rho_{\beta\gamma}$ – квадрат косинуса половины угла, образованного гранями многогранника смежными ребру, а каждой вершине – α расстояние ρ_α от центра многогранника. Каждому подграфу $\Gamma = (V, E)$ 1-остова многогранника ставим в соответствие см. [8] квадратичную форму Q на линейном пространстве, порожденном вершинами графа:

$$Q_{ij} = -\rho_{ij}, i \neq j, Q_{ii} = \rho_i + \sum_{i \neq k} \rho_{ik}.$$

Рассмотрим множество $\{\Upsilon \mid \Upsilon \subset T\}$ всех ориентированных корневых 4-поддеревьев остовного дерева T многогранника, три ребра которых, как направленные отрезки, образуют базис пространства. По отношению к этому базису определим линейный оператор с матрицей Q , выделив из нее ортогональную часть и умножив на

корень кубический из определителя линейного оператора. Корневая вершина, взятая в качестве неподвижной точки, определяет вместе с линейным оператором сжимающее преобразование подобия F_Υ . Тогда множество $\{F_\Upsilon\}$ задает систему итерируемых функций [9] и возможно вычислить фрактальную размерность D_T , являющуюся инвариантом остовного дерева T .

Перечислены все остовные деревья октаэдра и куба и для каждой пары (T, T') двойственных остовных деревьев вычислена пара $(D_T, D_{T'})$. Эти пары инвариантов различны для различных двойственных пар остовных деревьев. Работа иллюстрирована анимационным изображением двойственных разверток.

Литература

1. А.Д. Александров Выпуклые многогранники М.-Л., ГИТТЛ, 1950, 428с.
2. Э.Спенсер Алгебраическая топология М. "Мир", 1971, 680с.
3. Ф. Харари Теория графов М. "Мир", 1973, 300с
4. Н.Кристофидес Теория графов. Алгоритмический подход М. "Мир", 1978, 432с
5. Э. Рейнгольд, Ю. Нивергельт, Н. Део Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика М. "Мир", 1980, 476с
6. С.Н. Михалев Об одном методе решения задачи изометрической реализации разверток *Фундаментальная и прикладная математика*, 2006, том 12, №1, с.167-201
7. Ezra Miller and Igor Pak Metric combinatorics of convex polyhedra: cut loci and nonoverlapping unrollings 2003 1-48
8. Christophe Saboth Symplectical geometrical aspects of the renormalization map of self-similar lattices 2002, 1-46
9. K.J. Falconer Fractal geometry: Mathematical Foundations and Applications 2003, 335pp

МОДЕЛЬ КОМПАКТНОЙ КОСТНОЙ ТКАНИ

Посысаев С. С., Колмакова Т. В.
Томский государственный университет
cooller22@mail.ru,

Основной чертой нового тысячелетия является возрастающий интерес к качеству и продолжительности жизни человека. Достижение этой цели, в частности, предполагает создание материалов для искусственных органов и тканей, в том числе материалов для замены костной ткани. Материалы, претендующие на роль костных имплантатов должны обладать биологической совместимостью, т. е. быть нетоксичными, не отторгаться организмом как инородное тело, иметь достаточную пористость для прорастания костной ткани сквозь имплантат. Кроме вышеперечисленных свойств имплантаты должны обладать близкими к костной ткани структурой, составом и механическими свойствами. Костная ткань непрерывно изменяется на протяжении жизни человека. Этот процесс получил название ремоделирования или «костного оборота». В течение первых двух десятков лет жизни человека идет процесс моделирования костей скелета, когда кости скелета растут и приобретают присущую им форму. После того как сформировался скелет взрослого человека кости способны лишь к ремоделированию [1]. Особенность этого физиологического феномена в том, что в многочисленных микроскопических участках поверхности кости возникают явления ее рассасывания (резорбции) и восстановления. Костная структура изменяется с возрастом, адаптируется и модифицируется в зависимости от окружающей механической обстановки. Изменения костной структуры зависят от образа жизни, который ведет человек, его питания, состояния здоровья. Таким образом, для разработки имплантатов актуальным является исследование механического поведения костной ткани с учетом индивидуальных особенностей ее строения.

Кость представляет собой многоэтажный композит [2, 3], обладающий анизотропными свойствами. Большинство костей взрослого человека состоит из пластинчатой костной ткани. Из нее образовано компактное и губчатое вещество, распределение которых зависит от функциональных нагрузок на кость. Губчатый компонент костей составляет приблизительно 20% всего скелета, компактное вещество составляет 75-80% [2]. Компактное (кортикальное) вещество кости образует диафизы трубчатых костей, в виде тонкой пластины покрывает их снаружи, а также

губчатые и плоские кости, построенные из губчатого вещества [4], т.е. образует внешнюю оболочку вокруг всех костей. Губчатое (трабекулярное, спонгиозное) вещество кости напоминает губку, построенную из костных пластинок (балок) с ячейками между ними [1].

Костная ткань является биологическим композитом, основу которого составляет органический и минеральный матрикс [1,3,5]. В компактной кости органический матрикс составляет около 20%, неорганические вещества—70% и вода—10% [5]. Основным элементом конструкции компактной костной ткани являются остеоны [3,5], которые представляют собой конструкцию из 4-20 концентрически расположенных ламелл (цилиндрических оболочек) толщиной 3-7мкм с разными направлениями и углами навивки волокон коллагена (рис. 1). Остеон образуется вокруг центрального гаверсова канала, приблизительно кругового сечения, внутри которого проходят кровеносные сосуды, нервы. Ориентированы остеоны вдоль продольной оси кости.

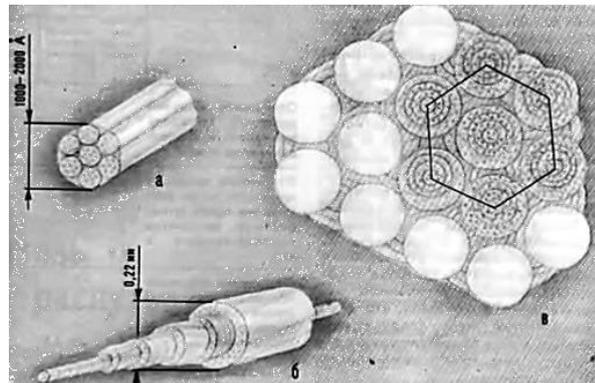


Рис.1. Многоуровневая модель организации костной ткани [3]

Ориентация фибрилл и кристаллов определяет соответствующие механические свойства кости такие как прочность, жесткость, твердость в зависимости от направления приложенных сил [1].

В работе костная ткань рассматривается как композиционный материал, где в качестве армирующих элементов конструкции выступают остеоны, а в качестве матрицы – оставшиеся после ремоделирования старые кусочки цилиндрических ламелл, прочно склеенные между собой, которые образуют довольно однородную по механическим свойствам массу [3]. В качестве структурного элемента компактной кости выбирается некоторый объем с размерами $a \times b \times c$, внутри которого расположен остеон диаметром d_1 и диаметром гаверсова канала d (рис. 2).

Размер b определяется средней длиной остеонов в кости, размеры a и c определяются полурасстоянием до центра следующего остеона в разных направлениях a_1, a_2, c_1, c_2 . Образец кортикальной кости представляется набором таких структурных элементов.

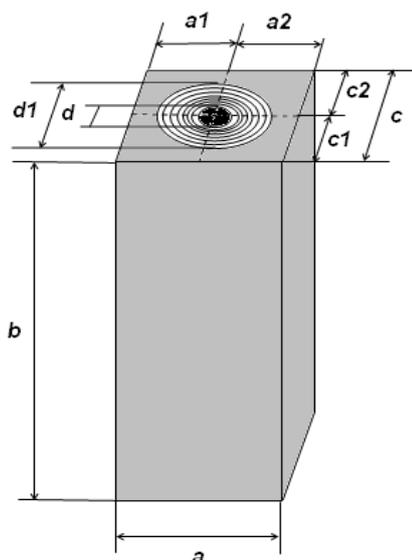


Рис.2. Геометрическая модель структурного элемента компактной костной ткани

Моделирование производилось в программном комплексе ANSYS. При создании конечно-элементной сетки был выбран элемент вида SOLID95 (рис 3). Элемент определяется двадцатью узлами, имеющими три степени свободы в каждом узле. Элемент SOLID95 обеспечивает хорошую точность результатов [6].

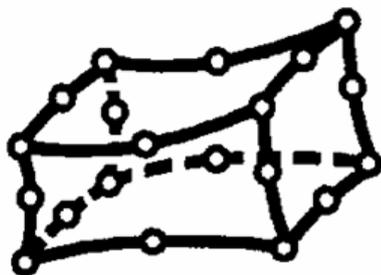


Рис. 3 Элемент SOLID 95

На рисунке 4 представлена конечно-элементная модель структурного элемента компактной костной ткани.

На рисунке 5 представлена схема задания свойств материалов в сечении модели. Механические свойства матрицы и армирующих элементов-остеонов определяются свойствами и ориентацией коллагеново-минеральных волокон. Материал матрицы (область 2) считается макроскопически изотропным, материал остеона (область 1) – ортотропным.

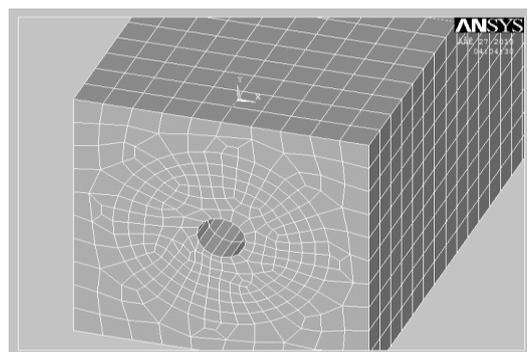


Рис.4. Конечно-элементная модель структурного элемента компактной костной ткани



Рис.5. Схема задания свойств материалов в сечении модели

Литература

1. Аврунин А. С. Формирование остеопоротических сдвигов в структуре костной ткани/ А. С. Аврунин, Н. В. Корнилов, А. В. Суханов.– Санкт-Петербург. 1998. –84 с.
2. Архипов-Балтийский С. В. Рассуждение о морфомеханике. Норма: в 2х томах.– Калининград.– 2004.– 820 с.
3. Утенькин А. А. Кость-многоэтажный композит// Химия и жизнь.–1981.– №4. – С. 38-40.
4. Фигурска М. Структура компактной костной ткани// Российский журнал биомеханики. – 2007. – том.11. – №3. – С.28-38.
5. Данильченко С. Н. Структура и свойства апатитов кальция с точки зрения биоминералогии и биоматериаловедения (Обзор)// Вісник СумДУ. Серія Фізика, математика, механіка.– 2007. – №2. – С.33-59.
6. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / К.А. Басов Под. общ. Ред. Г Красковского — М.: КомпьютерПресс, 2002. — 224 С

РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ПО РАСЧЕТУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ БЕЗЖЕЛЕЗНОГО БЕТАТРОНА В COMSOL MULTIPHYSICS

М.Д. Вакуленко, А.С. Огородников
Томский политехнический университет
maxu@mail2000.ru

Введение

С помощью дифференциальных уравнений в частных производных можно описать практически все явления, происходящие в мире, будь то физические, химические, биологические, экономические или социальные процессы. Благодаря резко возросшей производительности компьютеров и появившимся системам компьютерной математики, моделирование различных объектов и процессов стало доступнее и нагляднее.

Цель работы

В данной работе решается стационарная краевая задача по нахождению магнитного поля с заданными свойствами в индукционном ускорителе бетатроне, в отсутствие сердечника из электротехнического железа и с минимальными размерами.

Об объекте исследований

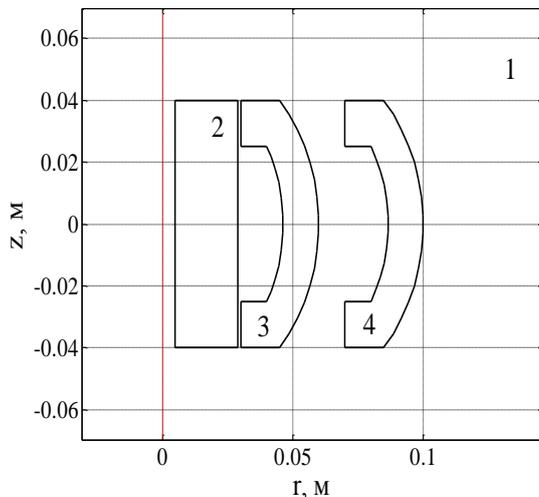


Рис.1. Расчетная геометрия.

В качестве альтернативы радиоизотопному источнику $\text{I}r^{192}$ в работе [1] предложен оригинальный вариант бетатрона, в котором управляющее электромагнитное поле формируется и возбуждается одновитковой обмоткой, выполненной в виде трех concentric расположенных колец. В совокупности с изоляционными уплотнителями эти кольца одновременно выполняют функцию ускорительной камеры. Электрический ток i протекает по кольцам 3 и 4 (см. рис. 1) в противоположных направлениях и в пространстве между ними возникает переменное магнитное поле. Для придания магнитному полю фокусирующих свойств (создания “бочкообразной” формы силовым линиям) поверхностям цилиндров

придается выгнутая форма выпуклостью наружу от оси колец. Таким образом, в пространстве, охватываемом одновитковой обмоткой, создается управляющее магнитное поле, которое обладает фокусирующими свойствами.

Предложенная модель бетатрона отвечает всем требованиям по созданию стабильного магнитного поля, показателем спадающего которого можно управлять, меняя кривизну профиля витков 3 и 4 (рис.1), а также изменяя их толщину. Также одним из достоинств являются малые габариты прибора.

Метод решения задачи

Для достижения поставленной цели необходимо решить уравнения для векторного потенциала магнитной индукции для осесимметричной системы, состоящей из трех колец сложной формы. На рисунке 1 представлено поперечное сечение бетатрона.

Для решения задачи был использован система Comsol Multiphysics 3.5a. Данный пакет основан на методе конечных элементов. Т.е. для решения задачи вся расчетная область представляется в виде совокупности непрерывающихся геометрических фигур достаточно простой формы, называемых конечными элементами. Размеры таких фигур, как правило, малы по сравнению с размерами расчетной области. Трехмерные расчетные области разбиваются на многогранники, а двумерные – на многоугольники. Простейшие многогранники (прямолинейные четырехузловые тетраэдры) и простейшие многоугольники (прямолинейные трехузловые треугольники) называются симплекс-элементами. Вся совокупность конечных элементов в расчетной области образует конечноэлементную сетку. Вершины этих многогранников или многоугольников являются узлами конечноэлементной сетки [2]. Разбиение расчетной области на конечные элементы представлено на рисунке 2.

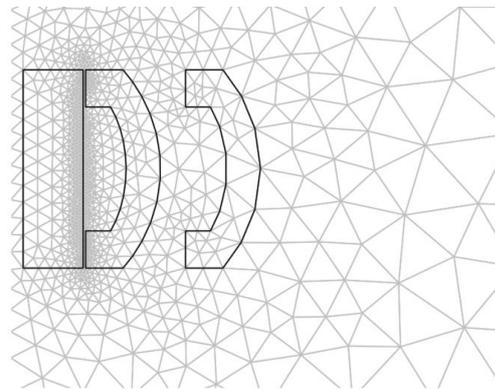


Рис.2. Область поперечного сечения бетатрона, разбитая на конечные элементы.

Интерфейс Comsol Multiphysics позволяет решать задачу в физически обусловленном режиме (в нашем случае модуль электромагнетизма) математическое описание которого предоставляется в самом общем виде уравнениями и краевыми условиями. В нашем случае уравнение имеет вид:

$$\nabla \times \left(\frac{1}{\mu_0 \mu_r} \nabla \cdot A_\varphi \right) - \sigma \cdot v \cdot (\nabla A_\varphi) = \sigma \cdot v_{loop} \cdot \frac{1}{2\pi} + J_\varphi^e$$

где σ - электрическая проводимость, μ_r - относительная магнитная проницаемость, V_{loop} - потенциал контура, J_φ^e - внешняя плотность тока.

Значение параметров: $\sigma = 0$, $\mu_r = 1$, $v = 0$, $V_{loop} = 0$. Исходя из этого, уравнение примет следующий вид:

$$\frac{1}{\mu_0} \Delta A_\varphi = J_\varphi^e$$

Представим полученное соотношение в следующей форме:

$$\frac{1}{\mu_0} \left(r \cdot \frac{\partial^2 A_\varphi}{\partial r^2} + \frac{\partial A_\varphi}{\partial r} + r \cdot \frac{\partial A_\varphi}{\partial \varphi} \right) = J_\varphi^e$$

Остается задать плотность тока в каждой из подобластей. Данная область состоит из четырех подобластей. На границе области задаются условия магнитной изоляции. Магнитная индукция рассчитывается по формулам

$$B_z = 2u + ru_r, \quad B_r = -ru_z, \quad \text{где } u = A_\varphi(r, z)/r$$

В результате выполненных расчетов получили распределение силовых линий магнитной индукции, представленное на рисунке 3.

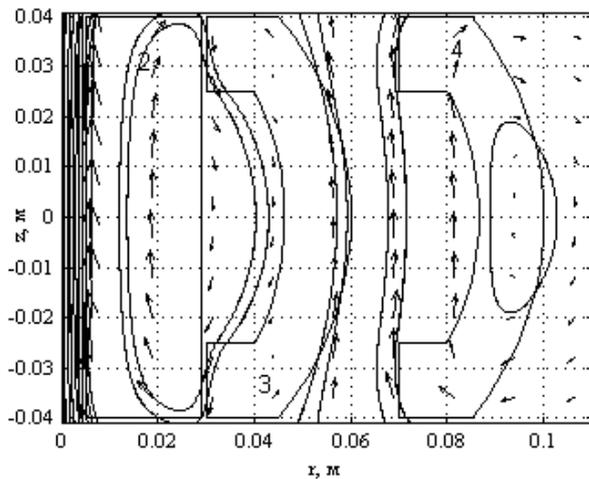


Рис.3. Силовые линии магнитного поля в бетатроне.

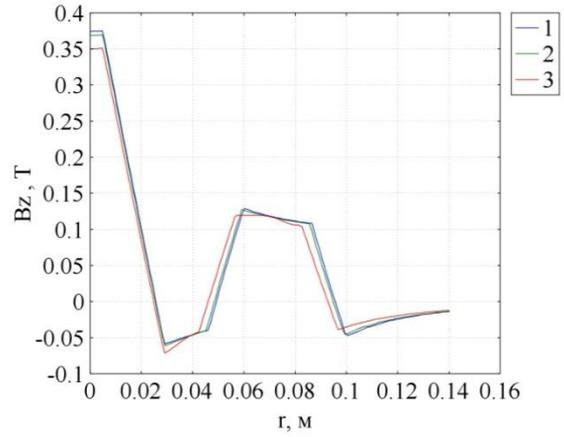


Рис.4. Распределение магнитной индукции в зависимости от радиуса в медианной плоскости.

Как видно из рисунка 4, в области $0.06 < r < 0.1$, происходит плавное спадание магнитной индукции. Эта область соответствует области между вторым и третьим кольцами. Это достигается благодаря правильному подбору значений и направлений токов, протекающих в кольцах. Например, если изменить направление тока в подобласти номер 3 (в среднем кольце), то такого спадания не получим.

Заключение

В ходе выполнения данной работы было получено решение краевой задачи для векторного потенциала магнитной индукции для осесимметричной системы, состоящей из трех колец сложной формы. Это решение было найдено с использованием системы компьютерной математики Comsol Multiphysics.

В данной работе система из трех колец сложной формы была рассмотрена как математический объект. Физические качества данной системы описаны только частично, поэтому данный объект требует дополнительных исследований.

Литература

1. Москалев В.А. Индукционный ускоритель заряженных частиц. Патент РФ №2193829, Бюлл.№33, 2002г.
2. Математический портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.exponenta.ru/soft/Mathemat/pinega/a11/a11.asp>, свободный.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БОЛЬНОГО С ТРАВМОЙ НЕРВОВ КОНЕЧНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

М.А. Макаров, рук. Константинова Л.И.
makarovf@sibmail.com
Томский политехнический университет

Введение

В настоящее время во врачебной практике используется метод воздействия на организм магнитных импульсов, которые вызывают положительную реакцию больного при определенных заболеваниях. В частности, этот метод используется для восстановления поврежденного нерва конечности в НИИ курортологии и физиотерапии города Томска. Этот метод называется транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС). ТМС предполагает помещение электромагнитной катушки на скальп.

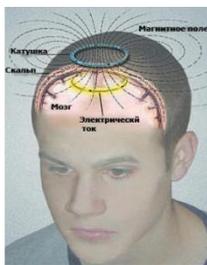


Рис. 1. Воздействие магнитного поля на центральную нервную систему

Ток большой мощности быстро включается и выключается в катушке за счет разрядов конденсаторов. Магнитным стимулятором Медтроник фиксируется биофазная форма импульса конечности в ответ на воздействие магнитным полем. Данный сигнал называется вызванным магнитным ответом (ВМО). Он представлен графически на рис. 2(а,б).

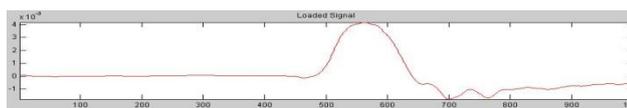


Рис. 2а Пример вызванного магнитного ответа у здорового человека

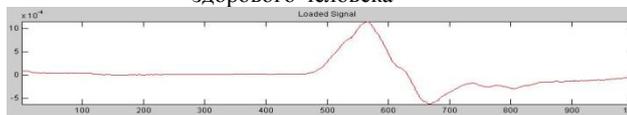


Рис. 2б Пример вызванного магнитного ответа у больного человека

Из графика видно, что форма сигнала различается у больного и здорового.

Поскольку, оценивать визуально график сигнала врачу, не имеющего достаточного опыта работы, сложно, а для врача, имеющего опыт – утомительно, что может вызывать ошибки при оценке состояния. Таким образом, возникает следующие задачи:

1. Математическое описание сигнала;
2. Оценка степени тяжести травмы по данному описанию.

В представляемой статье рассматривается решение первой задачи на основе описания сигнала с помощью вейвлет-преобразования.

Вейвлет-преобразование

Вейвлеты — это обобщенное название особых функций, имеющих вид коротких волновых пакетов с нулевым интегральным значением и с той или иной, подчас очень сложной, формой, локализованных по оси независимой переменной (t или x) и способных к сдвигу по ней и масштабированию (сжатию или растяжению).[1]

Вейвлеты стали необходимым математическим инструментом во многих исследованиях. Их используют в тех случаях, когда результат анализа некоего сигнала должен содержать не только простое перечисление его характерных частот (масштабов), но и сведения об определенных локальных координатах, при которых эти частоты проявляют себя. Таким образом, анализ и обработка нестационарных (во времени) или неоднородных (в пространстве) сигналов разных типов представляют собой основное поле применений вейвлет-анализа.[2]

Примеры вейвлетов представлены на рисунках 3, 4, 5.

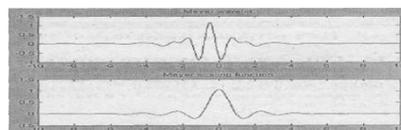


Рис. 3 График вейвлета Мейера

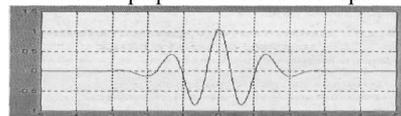


Рис. 4 График Гауссова вейвлета 10-ого порядка

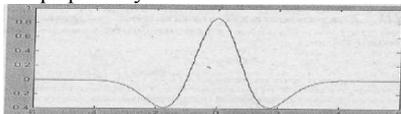


Рис. 5 График вейвлета «Мексиканская шляпа»

Вейвлет-технология обработки изображений включена в расширения новейших систем компьютерной математики, таких как MATLAB, Mathcad и Mathematica. В данной работе будут рассмотрены вейвлет-преобразования медицинского сигнала с помощью пакета Wavelet Toolbox системы MATLAB.[3]

Работа

Для преобразования сигнала ВМО используется вейвлет Мейера, так как с помощью этого вейвлета наиболее точно восстанавливаются исходные сигналы, а значит

учитываются особенности ВМО сигналов у больных с разной степенью патологии.

Данный сигнал представлен в виде:

$$s(t) = \sum_k a_{j-N,k} \cdot \varphi_{j-N,k}(t) + \sum_k d_{j-N,k} \cdot \psi_{j-N,k}(t)$$

где $\psi_{j,k}$ - это некоторая функция, называемая «материнский» вейвлет;

$\varphi_{j,k}$ - масштабная функция, называемая «отцовский» вейвлет;

j- уровень разрешения, обеспечивающий точное приближение сигнала;

$a_{j-N,k}$ и $d_{j-N,k}$ - вейвлет-коэффициенты для (j-N) уровня разрешения;

k - задаёт положение вейвлетов вдоль оси времени.

Вейвлет-коэффициенты определяются интегральным значением скалярного произведения сигнала на вейвлет-функцию заданного вида по формуле:

$$a_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot \varphi_{j,k}(t) dt \text{ и } d_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot \psi_{j,k}(t) dt.$$

Связь между «отцовским» и «материнским» вейвлетами определяется соотношением:

$$\psi(t) = \sqrt{2} \cdot \sum_{k=0}^{2M-1} g_k \cdot \varphi(2t-k),$$

$$g_k = (-1)^k \cdot h_{2M-k-1},$$

Ниже представлены примеры исходного и восстановленного сигнала по коэффициентам вейвлета Мейера:

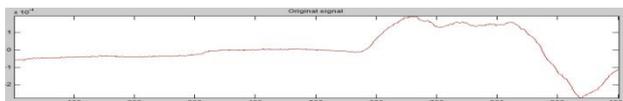


Рис. 6а Исходный сигнал



Рис. 6б Восстановленный сигнал

Аналитически отличия этих графиков представлены на табл. 1 (а,б):

Табл. 1а Характеристики исходного сигнала

Mean	3.792e-006	Maximum	0.0001923	Standard dev.	0.0001027	L1 norm	0.07387
Median	-4.547e-006	Minimum	-0.0002753	Median abs. dev.	3.596e-005	L2 norm	0.003249
Mode	-2.559e-006	Range	0.0004675	Mean abs. dev.	7.470e-005	Max norm	0.0002753

Табл. 1б Характеристики восстановленного сигнала

Mean	3.782e-006	Maximum	0.0001973	Standard dev.	0.0001026	L1 norm	0.07383
Median	-4.559e-006	Minimum	-0.0002815	Median abs. dev.	3.527e-005	L2 norm	0.003247
Mode	-2.175e-006	Range	0.0004788	Mean abs. dev.	7.474e-005	Max norm	0.0002815

Двумерные графики вейвлет-коэффициентов здорового, больного и пациента после лечения представлены на рис. 7, 8, 9.

По визуальной оценке этих зон можно сделать вывод, что коэффициенты несут информацию о состоянии пациентов. Дальнейший анализ вейвлет-коэффициентов

может состоять в представлении в виде одномерных графиков, которые отображают тенденцию роста и спада этих коэффициентов во времени. (см. рис. 10(а,б,в))



Рис. 7 Здоровый

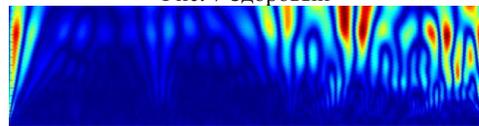


Рис. 8 Пациент до лечения

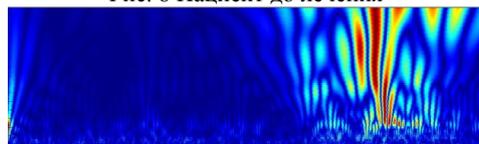


Рис. 9 Пациент после лечения



Рис. 10а Тенденция вейвлет-коэффициентов здорового

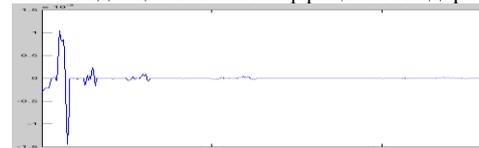


Рис. 10б Тенденция вейвлет-коэффициентов пациента до лечения

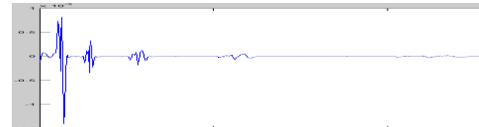


Рис. 10в Тенденция вейвлет-коэффициентов пациента после лечения

Вывод

Таким образом, описание исходного сигнала ВМО у пациентов с помощью вейвлета Мейера дает возможность использовать коэффициенты для оценки состояния и оценки эффективности лечебных процедур. В дальнейшем будет разрабатываться обобщенный показатель, учитывающий коэффициенты вейвлет-преобразования, который позволит врачу доказательно оценивать степень тяжести травмы нерва и оценивать эффективность предлагаемых лечебных процедур.

Литература

1. Вейвлеты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Вейвлет>, свободный.
2. Р. Поликар. Введение в вейвлет-преобразование – 29 с.
3. Н.К. Смоленцев. Основы теории вейвлетов – 167 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ КОРРЕЛЯЦИИ ПРЯМОЙ ПРОДОЛЬНОЙ ВОЛНЫ ПО ДАННЫМ ВЕРТИКАЛЬНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Янковская Н.Г.

Томский политехнический университет
abc-xwz@sibmail.com

Сейсмическая разведка в настоящее время является одним из основных методов ведения геолого-геофизических исследований земной коры. В сейсмической разведке ставятся следующие задачи: определение положения геологических границ, прогнозирование вещественного состава и физического состояния горных пород по результатам наблюдений искусственно – возбужденных колебаний земли (волнового поля).

Одна из основных задач, которая возникает при интерпретации волновых полей – корреляция волн. В общем случае под корреляцией волн понимается процесс выделения, опознавания и прослеживания волн во времени и в пространстве на сейсмограммах и временных разрезах. Наблюдать момент прихода фронта колебания возможно только для волн первых вступлений. В последующих же вступлениях проводят, как правило, фазовую корреляцию волн по их наиболее четким экстремумам.

Для проведения экспериментов использовалась известная аддитивная статистическая модель волнового поля [1]:

$$\vec{Y}(t, \vec{\rho}) = \vec{S}(t, \vec{\rho}) + \vec{L}(t, \vec{\rho}), \quad (1)$$

где под $\vec{S}(t, \vec{\rho})$ подразумевается полезная составляющая волнового поля, содержащая интересующую интерпретатора информацию, а под $\vec{L}(t, \vec{\rho})$ – помеха; t – временная координата, $\vec{\rho}$ – вектор пространственных координат. Под помехой далее считаем нерегулярный шум.

Полезную составляющую волнового поля можно представить в виде формулы (2)

$$\vec{S}(t, \vec{\rho}) = \vec{a}_0(\vec{\rho}) S_0(t - \Delta t_0(\vec{\rho})), \quad (2)$$

где $S_0(t)$ – нормированная к единице форма импульса волны; $\vec{a}_0(\vec{\rho})$ – вектор, определяющий амплитуду и плоскость поляризации волны в точке с координатой $\vec{\rho}$; $\Delta t_0(\vec{\rho})$ – время прихода волн в точку наблюдения $\vec{\rho}$ (уравнение годографа).

Вертикальное сейсмическое профилирование – наблюдение колебаний упругой среды вблизи скважины, возбужденных искусственными источниками на поверхности. С помощью метода ВСП можно решать следующие задачи:

- изучение сейсмического волнового поля;
- определение скоростной модели среды;

- согласование данных скважинной и наземной сейсморазведки;
- изучение околоскважинного пространства.

Одна из основных задач, которая возникает при изучении и интерпретации волновых полей – корреляция волн.

В результате выполнения работы были рассмотрены метод фазовой корреляции и метод корреляции первого вступления волны, метод трехкомпонентной корреляции [2]. Алгоритмы корреляции волн известны и реализованы на практике во многих программных продуктах, но не удовлетворяют или не позволяют коррелировать волны во многих сложных ситуациях. В литературе опубликованы только принципы [2] и приводится анализ эффективности (утверждается, что «надежную корреляцию волн можно обеспечить при достаточно высоком отношении сигнал/помеха, когда амплитуды полезных колебаний превосходят средний уровень волн-помех не менее, чем в 2-3 раза» [2]), но не сами алгоритмы. Поэтому целью данной работы была разработка алгоритмов и оценка их эффективности.

Алгоритмы метода фазовой корреляции предусматривают прослеживание осей синфазности на временном разрезе, базируются на прогнозировании по известному участку границы вероятного ее положения на следующем участке, где в заданном интервале времени находится экстремум сигнала.

Для метода оценки первого вступления волны ключевым понятием является первое вступление волны. Корреляция волн происходит путем прослеживания первых двух четких последовательных экстремумов (минимума, потом максимума), которые по амплитуде превосходят заданный порог.

В методе трехкомпонентной оценки первого вступления волны оценивается первое вступление волны по трехкомпонентным данным. Корреляция волн происходит путем прослеживания двух наибольших четких максимумов в заданных интервалах, где второй экстремум соответствует противоположной фазе анализируемого плоскополяризованного сигнала.

Для реализации алгоритмов, их отладки и тестирования использовался математический пакет MathCad.

Исследование точности оценивания первого вступления волны на моделях полезной составляющей волнового поля без помех, показало, что алгоритмы позволяют оценить положение волны с точностью порядка шага дискретизации.

Были проведены исследования на помехоустойчивость алгоритмов на статистических моделях полей, где волна наблюдается на фоне однородных и некоррелированных гауссовских помех.

На рис. 1 представлена зависимость среднеквадратической ошибки оценки положения волны разработанными алгоритмами от соотношения сигнала к шуму. Из рисунка видно, что алгоритмы фазовой корреляции и трехкомпонентной корреляции обладают большей помехоустойчивостью при оценивании первого вступления волн, чем алгоритм корреляции первых вступлений. При амплитудном соотношении сигнала к помехе ($\rho \geq 6$) все алгоритмы позволяют проследить вступление волны с точностью порядка шага дискретизации. При амплитудном соотношении сигнала к помехе ($\rho < 6$) алгоритмы корреляции первого вступления и трехкомпонентной корреляции становятся неустойчивыми.



Рис. 1. График зависимости среднеквадратической ошибки от соотношения сигнала к шуму

Исследования алгоритмов проводились на реальных сейсмограммах ВСП, полученных в разведочной скважине месторождения углеводородов Томской области. Алгоритмы фазовой корреляции и корреляции первого вступления исследовались на z компоненте.

На рис. 2 представлены оценки положения первого вступления прямой продольной волны алгоритмами, рассмотренными в данной работе. Нарушения корреляции прямой продольной волны наблюдаются в верхней части разреза из-за интерференции с другими волнами (отраженными, преломленными и т.п.). Наилучшим образом в данной ситуации отработал алгоритм фазовой корреляции по отрицательной фазе. При корреляции волны в средней и нижней части разреза все алгоритмы работают корректно.

В результате выполнения работы разработаны алгоритмы корреляции времени первого вступления

волны, фазовой корреляции сейсмических волн, трехкомпонентной корреляции сейсмических волн. Алгоритмы реализованы в математическом пакете MathCad. Проведены исследования на синтезированных моделях волновых полей и материалах ВСП.

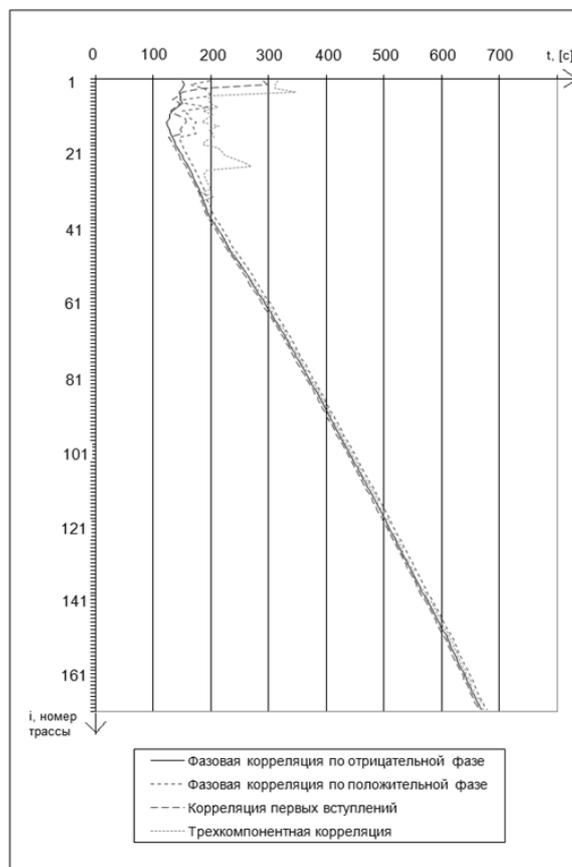


Рис. 2. Оценки положения прямой продольной волны

В результате исследования алгоритмов сделаны следующие выводы:

1. погрешность алгоритмов на моделях полезной составляющей волнового поля без помех не превосходит шага дискретизации;
2. при низком амплитудном соотношении сигнала к помехе ($\rho \leq 5$ для алгоритмов корреляции первых вступлений волны, трехкомпонентной корреляции и $\rho \leq 2$ для алгоритма фазовой корреляции) результаты работы алгоритмов становятся некорректными.

Литература

1. Гольцман Ф. М. Статистические модели интерпретации. – М.: Наука, 1971. – 327 с.
2. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: Учебник для вузов. – Тверь: Издательство АИС, 2006. – 744 с.

РЕШЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ О ДВИЖЕНИИ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ

Е.Э. Гуммель

Кемеровский государственный университет
jade_taurus@mail.ru

Двумерное движение вязкой несжимаемой жидкости описывается системой уравнений Навье-Стокса:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= \nu \Delta u - \frac{\partial p}{\partial x}; \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= \nu \Delta v - \frac{\partial p}{\partial y}; \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= 0; \end{aligned} \quad (1)$$

Традиционно существует две постановки задач: в первой на всех границах области решения задается скорость, во второй на твердых стенках ставится условие прилипания, а на границах протекания задано давление. Нас интересует вторая постановка – течение, вызванное перепадом давления. Эта постановка является менее изученной, для нее существует лишь небольшое количество теорем существования и единственности.

Область решения представляет собой разветвленный канал (см. рис. 1).

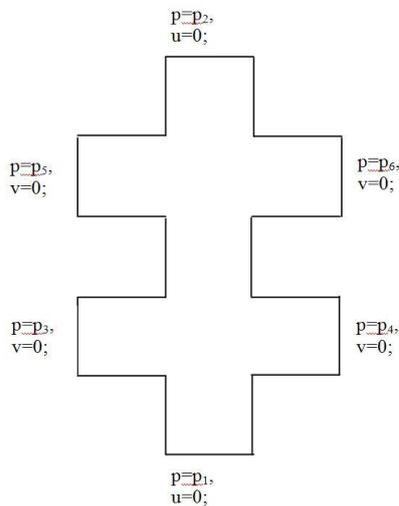


Рис. 1. Область решения

Как видно из рисунка, на входах в канал задано давление $p_i, i=1,6$ и нулевая касательная к границе составляющая скорости. На твердых стенках скорость задается равной нулю.

Главной проблемой при решении данной задачи является то, что на входах и выходах из канала поставлено граничное условие на давление, а не на скорость. Поскольку для решения уравнений движения с помощью неявной схемы необходимо задать скорость на входах и выходах, поскольку это

является необходимым условием для использования прогонки, то было решено аппроксимировать на границе сами уравнения.

Для решения задачи была построена разнесенная сетка [1] и расчеты велись по трехэтапной схеме расщепления [2]:

$$\begin{aligned} \frac{\tilde{V} - V^n}{\tau} &= -(\tilde{V}\nabla)\tilde{V} - \nu\nabla \times \tilde{\omega}; \\ -\Delta p &= -\frac{\tilde{D}}{\tau}; \\ \frac{V^{n+1} - \tilde{V}}{\tau} &= -\nabla p; \end{aligned} \quad (2)$$

где $\omega = \nabla \times V, D = \nabla V, \tilde{D} = \nabla \tilde{V}$.

Еще одной существенной проблемой явилось то, что для решения уравнения Пуассона на давление нужно поставить граничные условия на твердых стенках. Было задано условие второго рода $-\frac{\partial p}{\partial n}$, выраженная из уравнения движения. Т.о., получена смешанная краевая задача для уравнения Пуассона. Поскольку матрица системы в этой задаче является несамосопряженной, то для решения была использована следующая итерационная схема:

$$\begin{aligned} B_i \frac{u^{n+2^i} - u^n}{\tau_*} + Au^n &= f, u^0 = u_0, \\ B_k &= \frac{1}{1 + \omega_k} B_{k-1} (E + G_{k-1}), G_{k-1} = E - \tau_* B_{k-1}^{-1} A, \\ \omega_k &= \frac{\omega_{k-1}^2}{2 - \omega_{k-1}^2}, k=1,2,\dots,i, B_0 = B(\tau_*), \omega_0 = \rho_*, \end{aligned}$$

где τ_* – значение оптимального итерационного параметра одношаговой итерационной схемы; S_0 – оператор шага одношаговой итерационной схемы и $\rho_* = \|S_0\|$ – норма оператора шага одношаговой итерационной схемы при оптимальном значении итерационного параметра. Эта неградиентная схема есть другая запись чебышевского итерационного процесса [3], ее преимущество в том, что самосопряженность оператора используется только при оценке сходимости, это делает возможным ее применение в нашем случае – когда оператор системы несамосопряжен. Она показывает достаточно хорошие результаты при

несамосопряженном операторе и устойчива к неточному заданию входных параметров. Поскольку уравнение Пуассона приходится решать на каждом шаге по времени, то очень выгодно в начале итерационного процесса, задав некоторым образом значения нормы и оптимального итерационного параметра, определить набор итерационных параметров и использовать его при каждом значении времени.

Была проведена серия расчетов на сетке с количеством узлов 150×250 ; давление $p_1 = 0.1$, $p_2 = 0$, $p_4 = 0.1$, $p_5 = 0.1$, $p_6 = 0.1$. Показаны картины течений при последовательном уменьшении p_3 . На рис.2 показано течение, когда $p_3 = 0.096$. Вблизи стенки возникает вихрь.

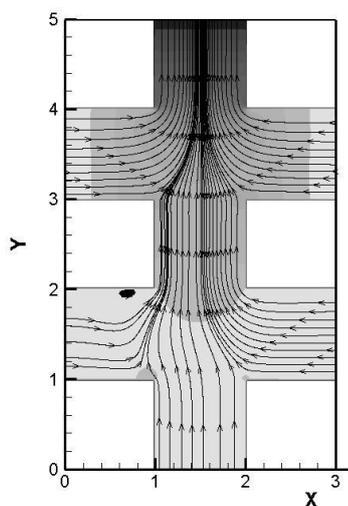


Рис. 2. Течение в канале, $p_3 = 0.096$

Для рис.3 $p_3 = 0.0953$. Вихрь занимает почти весь проход, на границе протекания некоторые линии тока направлены внутрь канала, некоторые – наружу.

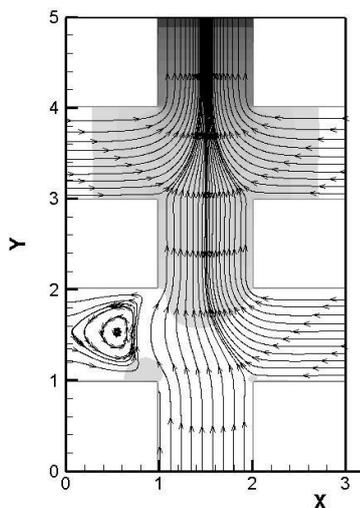


Рис. 3. Течение в канале, $p_3 = 0.0953$

На рис.4 изображено течение при $p_3 = 0.0948$. Вихрь сместился к нижней стенке прохода, а линии

тока полностью сменили направление: жидкость вытекает из канала.

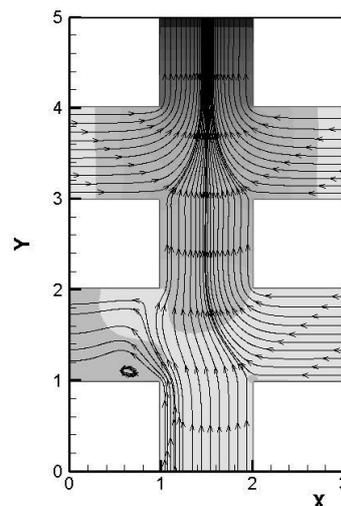


Рис. 4. Течение в канале, $p_3 = 0.0948$

Таким образом, показано, что незначительные изменения давления приводят к качественно различным картинам течений.

Литература

1. С. Патанкар Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / Москва: Энергоатомиздат, 1984. - 124с.
2. Белоцерковский О.М. Численное моделирование в механике сплошных сред / Москва: Наука, 1984. – 520с.
3. Захаров Ю.Н. Градиентные итерационные методы решения задач гидродинамики / Новосибирск: Наука, 2005. - 239с.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ СКОРОСТНОГО ЗАКОНА ПО ДАННЫМ ВСП ДЛЯ НАКЛОННО-СЛОИСТОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ

М.С. Речкин, Д.Ю. Степанов
Томский политехнический университет
w00x@sibmail.com

Введение

Сейсмической средой или сейсмической моделью называется реальная геологическая среда, описываемая с точки зрения распределения в ней упругих и неупругих параметров, с целью наиболее корректного объяснения основных особенностей экспериментально наблюдаемого волнового поля и решения на этой основе обратных задач[1]. Обычно рассматривают две группы сейсмических моделей геологических сред: сейсмологические модели и математические модели. [1]

Для моделей первой группы описываются главные особенности строения объектов на «сейсмическом языке». При построении сейсмологических моделей необходимо полнее отобразить главные особенности среды с позиций сейсморазведки без строгого подхода к реальным возможностям воспроизведения ее по данным эксперимента привязываются конкретно к реальным геологическим структурам того или иного типа. Математические модели формируются на основе сейсмогеологических моделей с корректным учетом возможностей решения обратных задач. Математические модели не привязываются конкретно к реальным геологическим структурам того или иного типа. Здесь на первый план выдвигается математическое описание распределений скоростей, формы сейсмических границ и их сочленений. Выбор математических моделей в значительной степени привязан к конкретным модификациям сейсморазведки, типам волн и особенностям волнового поля. [1]

При решении прямой (определения годографа прямой продольной волны) и обратной (оценка интервальных скоростей продольных волн) задач метода вертикального сейсмического профилирования (ВСП) обычно используют горизонтально-слоистую модель среды. Такая модель среды для многих случаев не позволяет удовлетворительно решить обратную задачу ВСП (получить оценку скоростного закона среды), что приводит к накоплению погрешностей в последующих шагах обработки материалов ВСП. В данной работе рассмотрено использование наклонно-слоистой модели среды с однородными и изотропными слоями для обратной задачи ВСП, позволяющее увеличить качество оценки скоростного закона.

Модель наклонно-слоистой среды

Модель наклонно-слоистой среды представлена на рис. 1.

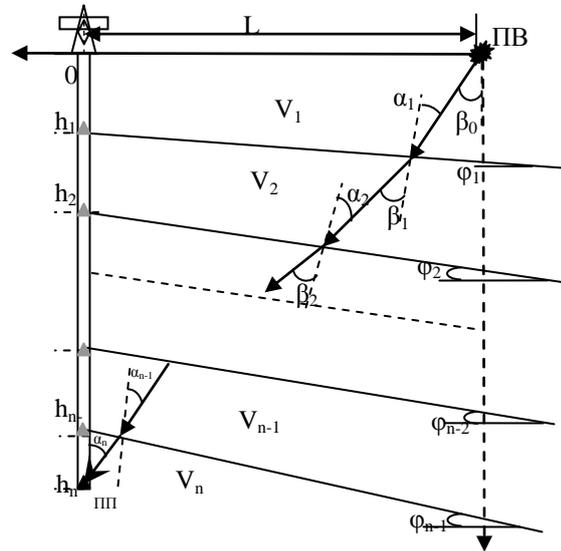


Рис. 1. Модель наклонно-слоистой среды

Луч прямой продольной волны распространяется в среде от ППП к каждому ПВ, падает на границы раздела слоев с углами наклона φ_i . Скорость распространения продольной волны в каждом слое обозначена как V_i , углы падения – α_i , углы преломления – β_i , L – расстояние по латерали от ППП до ПВ.

Прямая и обратная задача ВСП

Пусть известны:

- расстояния от ППП до ПВ по латерали – L ;
- глубина расположения ППП в скважине – h_i ;
- углы наклона границ раздела слоев – φ_i ;
- точка пересечения границы слоя со скважиной (совпадает с расположением ППП)

Для решения прямой задачи необходимо определить годограф прямой продольной волны при заданном скоростном законе, для обратной задачи – скоростной закон продольной волны при заданном годографе.

Закон преломления продольной волны в среде с наклонными границами записывается как [1,2]:

$$\begin{aligned} \sin(\beta_1) &= N_{21} \sin(\alpha_1) \\ \sin(\beta_2) &= N_{32} \sin(\alpha_2) \\ &\dots \\ \sin(\beta_n) &= N_{(n+1)n} \sin(\alpha_n) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{где } N_{(k+1)k} = \frac{V_{k+1}}{V_k},$$

Угол преломления и угол падения связаны между собой соотношением:

$$\alpha_k = \beta_{k-1} + \Delta\varphi_{k(k-1)}, \quad \Delta\varphi_{k(k-1)} = \varphi_k - \varphi_{k-1}. \quad (2)$$

Время распространения волны для n -слоев определяется выражением:

$$t_n = \sum_{k=1}^n \frac{r_k}{V_k}, \quad (3)$$

$$r_k = \frac{1}{\cos \alpha_k} \left[H_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_j \cos(\alpha_j + \Delta \varphi_{kj}) \right], \quad (4)$$

где H_k - расстояние от точки выхода луча до k -й границы, $\Delta \varphi_{kj} = \varphi_k - \varphi_j$.

Координаты луча на N -й границе рассчитываются по формулам

$$\begin{aligned} X_N &= s_N \cos f_N - H_N \sin f_N, \\ Z_N &= s_N \sin f_N + H_N \cos f_N, \end{aligned} \quad (5)$$

где

$$s_N = \sum_{k=1}^n r_k \sin(\alpha_k + \Delta f_{Nk}), H_N = h_N \cos f_N + L \sin f_N.$$

Решение прямой и обратной задачи

В первом слое скорость и время прихода оцениваются простыми выражениями:

$$t = \frac{\sqrt{L^2 + h_1^2}}{V}; V = \frac{\sqrt{L^2 + h_1^2}}{t}$$

Для решения прямой и обратной задач в последующих слоях рассматривается множество углов выхода луча $\{\beta_0^i\}$, при которых луч попадает в рассматриваемый слой. Используя первое выражение из (5), находим удаление по латерали, которое прошел луч при заданной глубине. Когда это удаление будет отличаться от заданного L на величину меньшую, чем ε_L , рассчитывается время прихода волны по формуле (3). Скорости в каждом слое оцениваются при известных скоростях в предыдущих слоях. Для этого используется последнее уравнение в (1) и выражение (3) находим очередное приближение скорости в k -м слое и теоретическое время прихода волны в заданную точку. Скорость считается найденной, когда теоретическое время прихода отличается от наблюдаемого на величину, меньшую ε_V .

Исследование влияния угла наклона границы на время прихода волны.

Пусть задана слоистая среда, в которой все границы, кроме одной, заданы горизонтальными. Известны:

- расположение пунктов приема – с глубины 300м до 3000м с шагом 300м;
- удаление ПВ – 700м;
- модельный скоростной закон:
 $V = [1409, 1339, 1297, 1685, 2016, 2443, 2533, 3284, 3005, 4030] \text{ м/с};$
- угол наклона границы: $10^\circ, -10^\circ$.

На рис. 2 представлены графики полученных годографов.

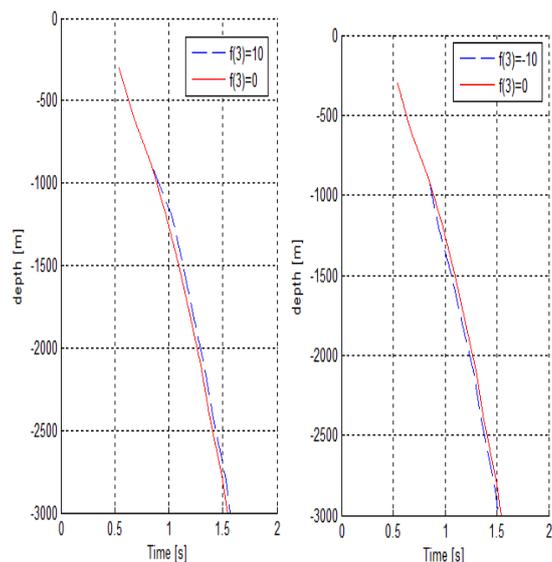


Рис. 2. Годограф при положительном (а) и отрицательном (б) угле наклона

Таким образом, наличие наклонной границы в средней части разреза приводит к отклонению годографа, причем отклонение начинается с глубины расположения наклонной границы, а знак отклонения определяется знаком угла наклона границы.

Рассмотренные в данном докладе вопросы анализа скоростных характеристик сейсмического разреза позволили создать алгоритм оценки интервальных скоростей продольных волн по наблюдаемому годографу Р-волны, учитывающий наклон границ раздела слоев и исследовать влияние наклонной границы раздела на годограф прямой продольной волны. Полученные соотношения и заключения могут быть использованы при создании алгоритмов оценивания углов наклона границ раздела.

Литература

1. Сейсморазведка. Справочник геофизика /Под ред. И.И.Гурвича, В.П. Номоконова. – М.:Недра, 1981. – 464 с.
2. Оболенцева И. Р. Прямые трехмерные задачи геометрической сейсмологии. Методические рекомендации. Новосибирск, изд. ИГ и ГСО АН СССР, 1976. – 105 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ

Турунтаева Н.Ю.

Научный руководитель: Коваль Т.В.

Томский политехнический университет

tnudom06@mail2000.ru

Введение

Одним из методов разрушения опухолевых тканей в биологических объектах является температурное воздействие на злокачественные новообразования. Температурное воздействие, при котором раковые клетки гибнут, может производиться как низкими, так и высокими температурами. При этом очень важно производить контроль температурного поля, чтобы не оказать неблагоприятное воздействие на здоровые участки. При воздействии низкими температурами важным моментом является этап заморозки опухоли, а также этап оттаивания этой области. Изменение скорости прохождения этих этапов и их чередование, возможно, является причиной разной эффективности разрушения онкоклеток.

В данной работе с применением конечно-разностных методов проводится моделирование трехмерного нестационарного температурного поля в биологическом объекте при воздействии низкими температурами.

Описание модели

Нестационарное температурное поле в биологическом объекте описывается уравнением биотепла [1]:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (-k \nabla T) = 0, \quad (1)$$

где ρ – плотность ткани [$\text{кг}/\text{м}^3$], C – удельная теплоемкость ткани [$\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}$], k – теплопроводность ткани [$\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$]. Все теплофизические коэффициенты в общем случае являются функциями температуры T .

На рассматриваемом участке биологического объекта вблизи области замораживания может находиться много кровеносных сосудов. Кровеносная система будет постоянно снабжать эту область более теплой кровью, тем самым уменьшая эффективность замораживания. Чтобы учесть высокую плотность кровеносных сосудов в биологическом объекте и тепло, поступающее в эту зону, необходимо в уравнение биотепла (1) добавить дополнительное слагаемое. Тогда уравнение биотепла (1) запишется в виде [2]:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (-k \nabla T) = \rho_{bl} C_{bl} \omega_{bl} (T_{bl} - T), \quad (2)$$

где ρ_{bl} – плотность крови [$\text{кг}/\text{м}^3$], C_{bl} – удельная теплоемкость крови [$\text{Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}$], ω_{bl} – перфузия крови [$1/\text{с}$], T_{bl} – температура крови [К].

Уравнения биотепла (1) и (2) решаются с учетом краевых условий, т.е. совокупности граничных и начальных условий. При объемном источнике охлаждения используются зонды, помещенные в биологический объект, внутри которых постоянно происходит подача жидкого азота. В данном случае в качестве граничного условия выступает температура, задаваемая на поверхности зонда. В случае поверхностного источника замораживания зонд, например, криоапликатор, не имеет полой конструкции. В этом случае граничным условием будет условие непрерывности, а начальным условием – начальная температура $T(t_0)$.

Численный эксперимент

Численный эксперимент реализован для параметров реального биологического объекта. Схема биологического объекта приведена на рис. 1. Биологический объект состоит из одного материала. Зонд представляет собой теплоизолированный стержень, на конце которого находится активная часть диаметром 2 мм и длиной 9 мм. Схема активной части зонда представлена на рис. 2.

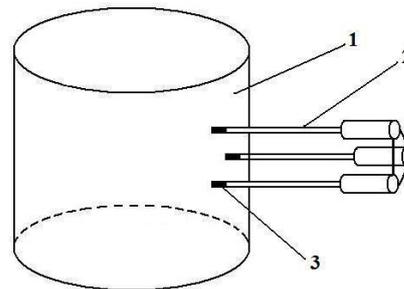


Рис. 1. Схема биологического объекта. 1 – составная часть объекта, 2 – зонды, 3 – активная часть зондов

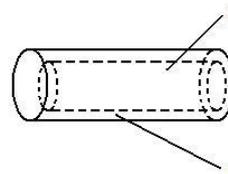


Рис. 2. Схема активной части зонда. 1 – металл, 2 – жидкий азот

Начальная температура материалов биологического объекта принималась равной $T_0 = 310$ К. Температура жидкого азота $T = 73$ К. Раковые клетки гибнут при температурном воздействии на них ниже 233 К – 223 К. При решении нестационарной задачи анализировались переходные процессы теплопередачи.

Динамика нестационарного температурного поля в биологическом объекте в центре межзондовой области при резистивном нагреве представлена на рисунке 3. При воздействии высокими температурами раковые клетки гибнут при температуре выше 323 К – 328 К [2]. Из рис. 3 видно, что температура в центре межзондовой области при резистивном нагреве не достигает необходимых значений, оставаясь на начальном значении. Динамики нестационарного температурного поля в биологическом объекте в центре межзондовой области при объемном источнике охлаждения и у поверхности зонда при поверхностном источнике охлаждения представлены на рис.4 – рис.5 соответственно. Из рис. 4 видно, что за заданное время температура достигает требуемых значений. Однако при использовании поверхностного источника зонда замораживания область быстро прогревается и длительного воздействия требуемых температур не происходит, что видно из рис. 5.

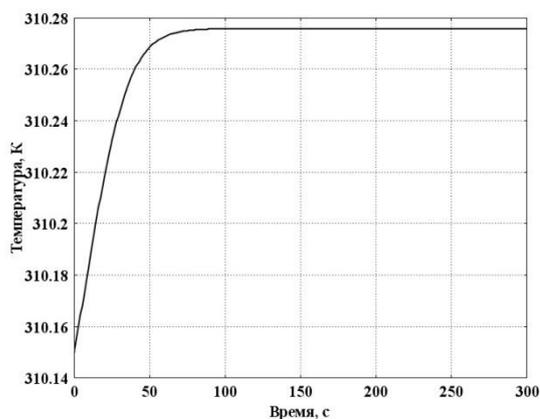


Рис. 3. Динамика нестационарного температурного поля в центре межзондовой области при резистивном нагреве

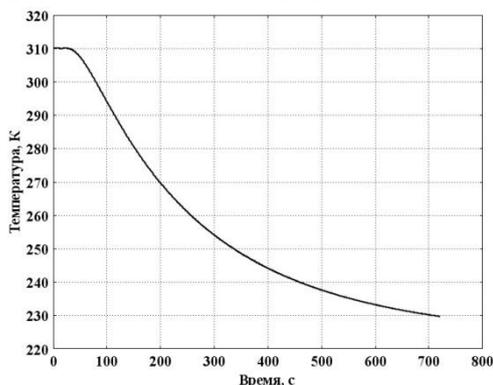


Рис. 4. Динамика нестационарного температурного поля в центре межзондовой области при объемном источнике охлаждения

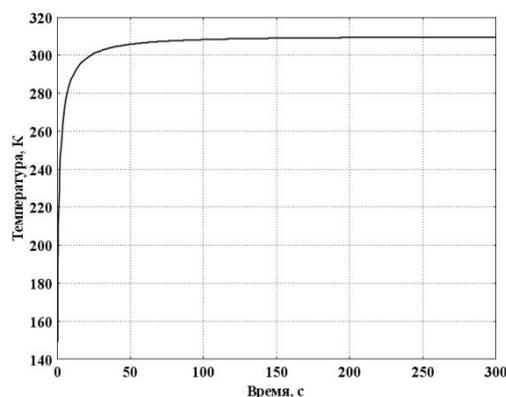


Рис. 5. Динамика нестационарного температурного поля у поверхности зонда при поверхностном источнике охлаждения

Заключение

Для уничтожения раковых клеток может применяться метод замораживания области. Однако в некоторых случаях следует учитывать наличие большой плотности кровеносных сосудов в биологическом объекте. Также следует рассмотреть импульсный режим, представляющий собой смену этапов замораживания и оттаивания области, и различную скорость этих этапов.

Литература

1. Supan Tungjitkusolmun, S. Tyler Staelin et al. Three-dimensional finite-element analyses for radio-frequency hepatic tumor ablation //IEEE transactions on biomedical engineering, vol. 49, No. 1, January 2002.
2. Турунтаева Н.Ю. Моделирование нестационарного температурного поля в биологическом объекте при резистивном нагреве с учетом отвода тепла // Сборник трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. ч.1. – Томск: Изд. СПб Графика, 2010. – С. 129-130.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОННОГО ПОТОКА С ФОРМИРОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОГО КАТОДА

Обухов Д.С.

Руководитель: *Офицеров В.В., к. ф-м. н., доц. каф. ПМ
Томский политехнический университет
obukhovds@gmail.com*

Введение

Для генерации мощного электромагнитного излучения широко применяются сильноточные электронные пучки. Особое внимание в этом плане заслуживают пучки со сверхпредельными токами, когда излучение происходит благодаря образованию виртуального катода (ВК). Отличительной особенностью триодов с виртуальным катодом являются конструктивная простота, компактность и отсутствие внешнего магнитного поля [1]. Данная статья направлена на исследование динамики электронного потока и образование виртуального катода. Такое изучение приводит к использованию численного моделирования.

Численная модель

Исследование проводится на основе численного моделирования аксиально-симметричной системы при использовании двухмерного кода $r - z$ геометрии и метода макрочастиц [2-3]. Схематично триод с ВК представляет собой цилиндрическую камеру (труба дрейфа) с коаксиально расположенным цилиндрическим катодом на анодной сеткой на и в области, и ВК (рис. 1). Анод представляет собой полупрозрачное препятствие для частиц.

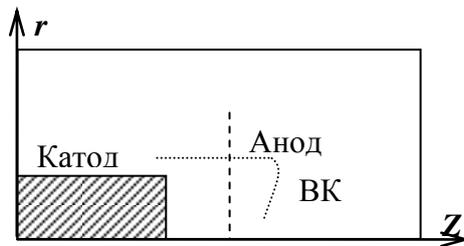


Рис. 1. Схема триода

Динамика электронного потока и возбуждение электромагнитных колебаний в рассматриваемой системе описываются уравнениями [2]:

$$\operatorname{rot} \vec{B} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \vec{j}, \quad (1)$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad (2)$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = q \left(\vec{E} + \left[\frac{\vec{v}}{c}, \vec{B} \right] \right). \quad (3)$$

Граничные условия с учетом идеальной проводимости стенок и симметрии полей относительно оси системы имеют вид:

$$\left[\vec{E}, \vec{n} \right] \Big|_{r=R_k, a} = \left(\vec{B}, \vec{n} \right) \Big|_{r=R_k, a} = 0, \quad (4)$$

$$\left[\vec{E}, \vec{l} \right] \Big|_{r=0} = \left(\vec{B}, \vec{l} \right) \Big|_{r=0} = 0. \quad (5)$$

На открытых торцах граничные условия соответствуют неограниченности трубы дрейфа для нормально падающих поперечных волн. На левом торце ($z = 0$):

$$E_z = B_z = 0, E_r + B_\theta = 0, E_\theta - B_r = 0. \quad (6)$$

На правом торце ($z = l$):

$$E_z = B_z = 0, B_r + E_\theta = 0, E_r - B_\theta = 0. \quad (7)$$

При этом введены следующие обозначения:

$\vec{E}(\vec{z}, t), \vec{B}(\vec{z}, t)$ - векторы напряженности электрического поля и индукции магнитного поля, $\vec{j}(\vec{z}, t)$ - плотность тока электронов в области ВК, $\vec{p} = \vec{v} / \gamma$ - механический импульс частицы массы m , γ - релятивистский фактор, q - заряд частицы, \vec{n} и \vec{l}_z - соответственно нормаль и касательная к поверхностям анода и катода. Ввод части в систему осуществляется в режиме инжекции катода.

Диагностика процесса моделирования включает построение фазового и конфигурационного портретов пучка с заданными временным интервалом, зависимости плотности заряда в различных областях по z , определение тока на аноде, а также анализ колебаний виртуального катода в пяти выбранных областях.

Параметры модели

Выбраны следующие параметры модели: потенциал анода (450 кВ), ток пучка (30 кА), прозрачность анода (0,6), длина трубы дрейфа (0,1 м), радиус катода (0,05 м), длина катода (0,025 м), радиус анодной сетки (0,1 м), величина диодного зазора (0,01 м), время фронта (2 нс), общее время для исследования (6 нс).

Численные результаты

В результате численные расчетов показано, что в системе происходит формирование виртуального катода за анодной сеткой (рис. 2а - 2б).

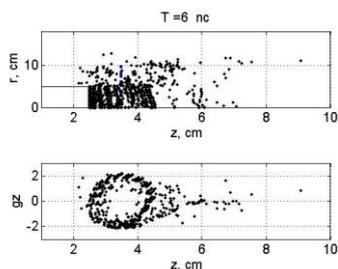


Рис. 2а. Конфигурационный и фазовый портреты при $T = 6$ нс

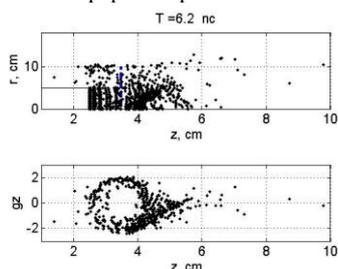


Рис. 2б. Конфигурационный и фазовый портреты при $T = 6,2$ нс

График колебаний положения виртуального катода изображен на рисунке 3. Амплитуда колебания составляет $\sim 0,2$ см. Частотный спектр колебаний ВК показан на рис. 4.

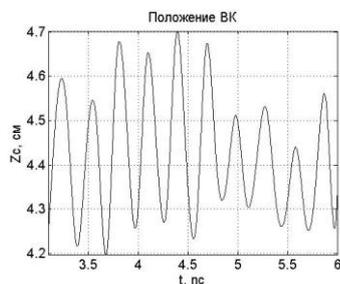


Рис. 3. Колебания положения ВК

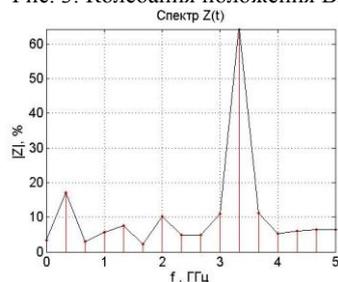


Рис. 4 Спектр колебаний ВК

Выводы

В ходе выполнения данной работы, построена численная модель триода с ВК; проведено исследования динамики электронного потока с определением параметров, при которых происходит образование ВК.

Литература

1. Диденко А.Н., Григорьев В.П., Жерлицын А.Г. Генерация электромагнитных колебаний в системах с виртуальным катодом // В сб.: Плазменная электроника / Под ред. Курилко. – Киев: Наукова думка, 1989. – С. 112-131.
2. Григорьев В.П., Антошкин М.Ю., Коваль Т.В., Численное исследование возбуждения аксиально-симметричных электромагнитных колебаний в коаксиальном триоде с ВК // Радиотехника и электроника, отдельный оттиск, 1995. – С. 628-634.
3. Хокни Р., Иствуд Дж., Численное моделирование методом частиц. – М.: Мир, 1987, 1987. – С. 640.

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ

Л.С.Макарова, Крупский И. В.
Томский политехнический университет
lyudochka@sibmail.com

Введение

Когнитивное моделирование исследует сущность когнитивных функций в широком смысле этого слова посредством их эмпирического изучения и компьютерной реализации.

Развитие теории когнитивного моделирования, связанное с использованием информационных технологий, направлено на расширение возможностей существующего математического аппарата, комплексного применения различных методов системного анализа для повышения обоснованности и практической применимости получаемых модельных результатов.

В основе когнитивного моделирования лежат наблюдения над интеллектуальными процессами, построение и экспериментальное исследование моделей этих процессов, с последующими оценками релевантности, как примененных моделей, так и методов моделирования.

Одними из возможных средств построения когнитивных моделей являются когнитивные карты.

Когнитивные карты

Когнитивные карты — это ментальные репрезентации (представления) человека о пространственной организации окружающей среды. Ошибки и искажения в когнитивных картах рассматриваются с точки зрения психофизического и функционального подхода.

Когнитивные карты относятся к ранним компонентам памяти, они являются как бы схемой, канвой, или эскизом для формирования других предметных отражений. По сравнению с элементами реального пространства у когнитивных карт бывают систематические искажения.

В общем случае, когнитивная карта — это субъективная картина, которая создается в результате активных действий в окружающей среде и имеет пространственные координаты: верх–низ, право–лево, близко–далеко, она определяет местоположение отдельных воспринимаемых предметов.

Виды когнитивных карт:

Карта–путь, как последовательное представление связей между объектами по определенному маршруту

Карта–обозрение, как одновременное представление пространственного расположения объектов.

Когнитивные карты дают возможность человеку ориентироваться в пространстве, двигаться и осуществлять свою деятельность. Процесс образования когнитивных карт длительный, он проходит ряд психологических трансформаций, благодаря которым человек получает, хранит,

вспоминает и использует информацию о пространственном окружении.

Когнитивные карты привлекают внимание психологов, географов, архитекторов к проблемам пространственной ориентации, особенно потому, что пространственные схемы контролируют наше воображение, в принципе и являясь нашим воображением.

В древние времена люди путешествовали, не имея карт или планов, при этом, не имея в виду путешествия первооткрывателей, а просто человек поехал в другой населенный пункт, что впрочем, может произойти и сейчас, и чтобы не заблудиться, он в процессе поездки запоминает примечательные места, своеобразные вехи на своем пути. Это могут быть деревья, отличные от других, либо стоящие отдельно, либо приметные камни, либо еще какие-то объекты.

В данном случае когнитивная карта путешественника, формируется в связи с процессом движения и может быть использована в дальнейшем, являясь эффективным мнемоническим средством. Чтобы запомнить случайный список предметов, их надо последовательно расположить в данных местах. И для вспоминания списка, нужно мысленно пройти по тем памятным местам, где лежит каждый предмет из списка. Это "мысленное повторение пути" — ключ ко всей человеческой культуре, рассказ о путешествии.

На основе когнитивной карты можно оценить реальное состояние аппаратных и программных средств и сравнить его с заданными параметрами.

Информация для работы когнитивной карты собирается по результатам специального тестирования и работы контрольных аппаратных средств. Если система при наличии отказов сохраняет заданные характеристики, то она является отказоустойчивой системой, если происходит частичная потеря свойств, то все же она остается системой обеспечения живучести, если же полностью теряются свойства, то система не подлежит восстановлению.

Использование когнитивных карт возможно при разработке программных комплексов поддержки принятия решений по управлению вузов, предприятий и различных систем.

На сегодняшний день одним из наиболее эффективных инструментальных средств создания когнитивных карт является система «Канва», разработанная в институте проблем управления РАН.

Система когнитивного моделирования «Канва»

При принятии решений в неструктурированных ситуациях у субъекта (или эксперта) возникает модель проблемной области, на основе которой он пытается объяснить происходящие в реальности

процессы. При этом объективные закономерности реального мира представляются субъективными экспертными оценками. В результате образ наблюдаемой ситуации отражает не только законы и закономерности ситуации, но и мировоззрение субъекта, его систему убеждений, ценностей, уровень образования, опыт и т.д.

В этих условиях принятие решений – это искусство, включающее рациональные (логические) и интуитивные начала.

Когнитивный подход к поддержке принятия решений ориентирован на то, чтобы активизировать интеллектуальные процессы субъекта и помочь ему зафиксировать свое представление проблемной ситуации в виде формальной модели. В качестве такой модели обычно используется так называемая когнитивная карта ситуации, которая представляет известные субъекту основные законы и закономерности наблюдаемой ситуации в виде ориентированного знакового графа, в котором вершины графа – это факторы (признаки, характеристики ситуации), а дуги между факторами – причинно–следственные связи между факторами.

В когнитивной модели выделяют два типа причинно–следственных связей: положительные и отрицательные. При положительной связи увеличение значения фактора–причины приводит к увеличению значения фактора–следствия, а при отрицательной связи увеличение значения фактора–причины приводит к уменьшению значения фактора–следствия.

Причинно–следственный граф представляет собой упрощенную субъективную модель функциональной организации наблюдаемой системы и является «сырым» материалом для дальнейших исследований и преобразований – когнитивного моделирования.

Цель когнитивного моделирования заключается в генерации и проверке гипотез о функциональной структуре наблюдаемой ситуации до получения функциональной структуры, способной объяснить поведение наблюдаемой ситуации.

Пример когнитивной карты некоторой экономической ситуации приведен на рис. 1.

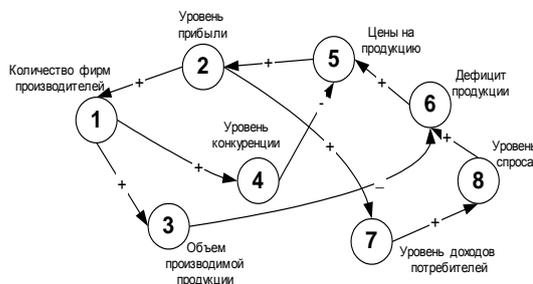


Рис. 1. Пример когнитивной карты некоторой экономической ситуации

Узким местом существующих систем когнитивного моделирования ситуаций является несогласованность их пользовательского интерфейса и алгоритмов обработки с психологическими особенностями субъективного

измерения значений и силы взаимовлияния факторов наблюдаемой ситуации. Эта несогласованность приводит к ошибкам и заблуждениям эксперта при определении силы взаимовлияния факторов, которые включаются в когнитивную модель ситуации. Разработка стратегии поведения субъекта на основе когнитивной модели с заблуждениями, естественно, приводит к стратегиям–заблуждениям.

В компьютерной системе концептуального моделирования неструктурированных ситуаций «Канва» влияние заблуждений эксперта ослабляется с помощью специальных программных модулей и подсистем, учитывающих особенности организации человеческой системы измерения, оценки и переработки субъективной информации.

Подсистемы системы концептуального моделирования «Канва» обеспечивают поддержку представления субъективной информации, извлечения предпочтений эксперта, обработку, представление результатов моделирования и поддержку аналитической деятельности эксперта.

Заключение

Применение системы концептуального моделирования «Канва» значительно расширяет горизонты аналитических возможностей экспертов, освобождая их интеллект от рутинной работы, стимулирует воображение и интуицию для генерации оригинальных решений и находок управления и рефлексивного поведения в запутанной ситуации.

Нами были проведены исследования по применению методов когнитивного моделирования (когнитивных карт) в задачах исследования психологических особенностей и условий социализации студентов младших курсов технического университета. В докладе представлены результаты данного исследования.

Литература

1. Магазов С.С. "Когнитивные процессы и модели" - М.: Издательство ЛКИ, 2007
2. Социальная психология: Хрестоматия: Учебное пособие для студентов вузов/сост. Е. П. Белинская, О. А. Тихомандрицкая. - М, 2003.
3. Кулинич А.А. Субъектно-ориентированная система концептуального моделирования «Канва». Материалы 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». Москва, октябрь, 2001 г.
4. Кулинич А.А., Максимов В.И. Система концептуального моделирования социально-политических ситуаций ПК «КОМПАС». Сборник докладов: Современные технологии управления. Москва. ИПУ. 21-22 мая 1998 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИТЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МНОГОФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

М.В. Васильева, руководитель П.Н. Вабищевич
Северо-Восточный Федеральный Университет
vasilyeva_mv@mail.ru

Рассматривается численное моделирование фильтрации двухфазной жидкости на многопроцессорных вычислительных системах с распределенной памятью. В результате конечно-разностной аппроксимации получаем системы линейных уравнений для каждого временного шага. Численная реализация строится на основе параллельной библиотеки PETSC. Приводится исследование итерационных методов решения систем линейных уравнений с преобуславливанием.

Математическая модель

Рассмотрим математическую модель неизоэтермической двухфазной фильтрации в однородном пласте. Предполагаем, что одна из фаз больше смачивает пористую среду, чем другая. Индексы w и n обозначают соответственно смачивающую и несмачивающую фазы [1,2]. Запишем уравнение неразрывности для каждой из фаз:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\varphi \rho_w s_w) + \text{div}(\rho_w \mathbf{u}_w) = \rho_w q_w, \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\varphi \rho_n s_n) + \text{div}(\rho_n \mathbf{u}_n) = \rho_n q_n, \quad (2)$$

где ρ_n, ρ_w - плотность несмачивающей и смачивающей фазы, $\mathbf{u}_n, \mathbf{u}_w$ - фазовые скорости фильтрации, φ - пористость среды, q_n, q_w - объемные источники/стоки и s_n, s_w - насыщенности.

Предполагаем, что многофазная система занимает все поровое пространство

$$s_w + s_n = 1, \quad (3)$$

Примем, что каждая фаза движется в пористой среде по обобщенному закону Дарси

$$\mathbf{u}_w = -k \frac{k_{rw}}{\mu_w} \text{grad } \Phi_w, \quad (4)$$

$$\mathbf{u}_n = -k \frac{k_{rn}}{\mu_n} \text{grad } \Phi_n, \quad (5)$$

где k - абсолютная проницаемость среды, μ_w, μ_n - коэффициенты динамической вязкости, k_{rw}, k_{rn} - относительные фазовые проницаемости и Φ_w, Φ_n - фазовые потенциалы, которые выражаются следующей формулой:

$$\Phi_l = p_l + \rho_l g z, \quad l = w, n.$$

Здесь ось z направлена против силы тяжести, p_l - давление l -ой фазы, g - ускорение свободного падения. Кроме того, из-за кривизны и поверхностного натяжения между границами раздела фаз, давление смачивающей фазы меньше, чем несмачивающей. Эта разность давлений определяется как капиллярное давление:

$$p_c = p_n - p_w. \quad (6)$$

Для численного решения преобразуем систему (1) - (6) к системе двух уравнений (для давления и насыщенности) [4]. Предполагаем, что пористая среда и флюиды несжимаемы. Уравнение для определения давления возникает в результате сложения уравнений неразрывности для двух фаз, а уравнение для насыщенности получается в результате выражения скорости несмачивающей фазы через суммарную скорость в уравнении неразрывности для этой фазы. Таким образом, получаем следующую систему уравнений:

$$\varphi \frac{\partial s_w}{\partial t} \nabla(f_w \mathbf{u}_T + k f_w \lambda_n (\nabla p_c + (\rho_n - \rho_w) g \mathbf{e}_3)) = q_w, \quad (7)$$

$$\nabla \mathbf{u}_T = q_T \quad (8)$$

где

$$\mathbf{u}_T = \mathbf{u}_w + \mathbf{u}_n, \\ \mathbf{u}_l = -k \lambda_l \nabla \Phi_l, \quad l = w, n$$

Здесь фазовые потенциалы Φ_l определяются в соответствии с формулировкой через фазовое давление, $p = p_n$

$$\nabla \Phi_w = \nabla p - p'_c \nabla s_w + \rho_w g \mathbf{e}_3, \\ \nabla \Phi_n = \nabla p + \rho_n g \mathbf{e}_3.$$

Вследствие того, что рассматриваемый процесс происходит в неизоэтермических условиях, когда температура в пласте не остается неизменной, дополним систему (7) - (8) уравнением для определения температуры [2]

$$[(1 - \varphi) c_s \rho_s + \varphi (s_w c_w \rho_w + (1 - s_w) c_n \rho_n)] \frac{\partial T}{\partial t} + [s_w c_w \rho_w \mathbf{u}_w + (1 - s_w) c_n \rho_n \mathbf{u}_n] \nabla T = \nabla \cdot [(1 - \varphi) k_s + \varphi s_w k_w + (1 - s_w) k_n] \nabla T = q''', \quad (9)$$

где T - температура, c_n, c_w, c_s - удельные теплоемкости, k_n, k_w, k_s - теплопроводности флюидов и порового пространства и q''' - удельная мощность источников.

Поставленная задача (7)-(9) дополняется начальными условиями и на границе задается условие непротекания.

Численная реализация

Для численного решения проведем стандартную конечно-разностную аппроксимацию пространственных переменных на равномерной сетке и чисто неявную аппроксимацию по времени, которая приводит к разреженной системе линейных уравнений для каждой неизвестной. Численное решение таких систем является достаточно ресурсоемкой задачей и требует применения вычислительных кластеров. Для параллельной

реализации задачи применяется свободнораспространяемый пакет PETSc (Portable Extensible Toolkit for Scientific computing) [5]. Он включает в себя средства для решения систем нелинейных и линейных уравнений, с использованием метода Ньютона и методов подпространств Крылова с предобуславливанием. Для организации параллельной работы алгоритмов на многопроцессорных системах с распределенной памятью в пакете применяется метод декомпозиции расчетной области, а в качестве коммуникационной библиотеки используется интерфейс передачи данных MPI (Message Passing Interface).

Результаты

Поскольку основное время счета разностной задачи занимает решение системы линейных уравнений, тестируем различные методы подпространств Крылова с предобуславливанием [6]. Численные исследования проводились на различных сетках и при различном количестве запущенных процессов.

Таблица 1 Сравнение времени счета для различных предобуславливателей. 16 тыс. неизвестных.

bcgs	bjacobi	sor	None
1	15.917	17.0232	18.9644
2	9.88071	10.6954	12.1273
4	5.91672	8.3426	10.1659
8	5.01787	5.18452	5.95044
16	3.51251	3.61207	4.45577

Таблица 2 Сравнение времени счета. 1млн. неизвестных.

	fgmres + mg	bcgs + bjacobi
4	700.502 128 / 390	1830.75 129 / 13432
8	495.348 128 / 391	1312.68 129 / 14416
16	456.151 128 / 391	1714.35 129 / 14057

Также приводятся результаты параллельных численных расчетов задачи фильтрации (7) - (9) на вычислительном кластере СКЦ ИМИ СВФУ. Расчеты проводились в области [1000 м, 1000 м, 50м]. Размерность сетки - 100*100*20, запущено 16 параллельных процессов. Были введены четыре добывающих скважин, расположенных по бокам в верхней части области, с одинаковыми дебитами, $q = 21.6$ кубических метров в день, и одна нагнетающая скважина по середине в нижней части с дебитом, $q = 86,4$ кубических метров в день. Рисунки 1 - 3, демонстрируют распределения давления, насыщенности и температуры через 3 года разработки месторождения.

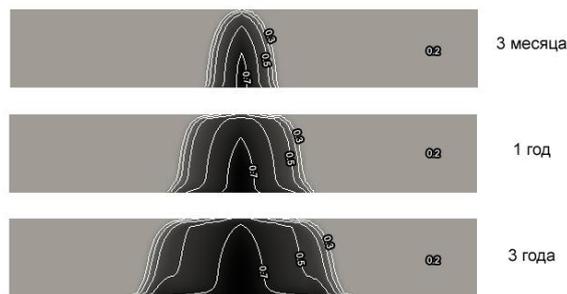


Рис. 1 Распределение водонасыщенности (срез по диагонали)

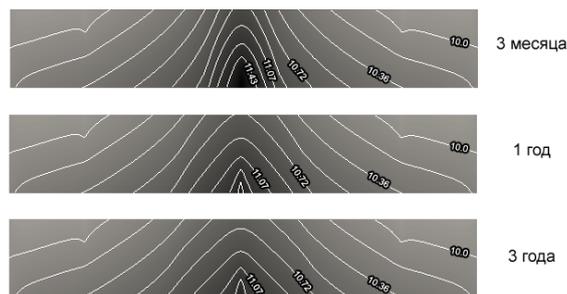


Рис. 2 Распределение давления (срез по диагонали)



Рис. 3 Распределение температуры (срез по диагонали)

Литература

1. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004.–416с.
2. Желтов Ю.П. Разработка нефтяных месторождений. М.: Недра, 1998. – 365с.
3. Коновалов А. Н. Задачи фильтрации многофазной несжимаемой жидкости. Новосибирск: Наука, 1988.–166с.
4. Chen Z., Huan G., Ma Y. Computational Methods for Multiphase Flows in Porous Media. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2006.–549с.
5. Petsc: <http://www.mcs.anl.gov/petsc>
6. Saad Y. Iterative Methods For Sparse Linear Systems. Second Edition. Cambridge University Press, 2000.–460с.

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗА ТИПА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА НА ОСНОВЕ ФАЗОВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Е.В. Манеева, В.П. Иванченков
Томский политехнический университет
maneyka@sibmail.com

В настоящее время предложены методы прогноза геологического разреза (ПГР), в которых в качестве информативных параметров используются энергетические характеристики отраженных волн [1]. На основе этих методов в ряде районов России, прежде всего в Западной Сибири, получены важные результаты по выявлению продуктивных осадочных толщ и прогнозу их нефтегазоносности. Тем не менее практический опыт показывает, что при использовании данных методов еще велик процент ошибочных решений и выделяемых ложных аномалий динамических параметров отраженных волн. Все это предопределяет необходимость дальнейшего развития методов прогноза с привлечением наиболее информативных и устойчивых параметров регистрируемых сейсмических сигналов. К числу таких параметров могут быть отнесены фазовые спектры отраженных волн, которые несут важную информацию как о структуре, так о поглощающих и дисперсионных свойствах анализируемых толщ [2, 3]. В данном докладе на основе предложенного фазовременного анализа сейсмических сигналов рассматривается алгоритм прогноза типа геологического разреза и приводятся результаты его исследования на принятых моделях слоистых поглощающих сред.

Ранее для решения структурных задач были разработаны ряд фазочастотных алгоритмов прослеживания сейсмических волн с равновесной и неравновесной обработкой [4]. Обобщенная функция качества таких алгоритмов может быть представлена в виде:

$$L(\tau) = \sum_{k=1}^m W(f_k) \cos(\varphi_x(f_k) - 2\pi f_k \tau), \quad (2)$$

где $W(f_k)$ – принимаемая весовая функция, $\varphi_x(f_k)$ – мгновенный фазовый спектр выделяемого участка сейсмотрассы.

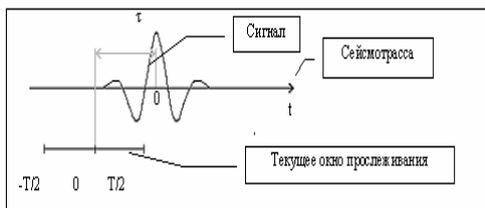


Рис.1. Схема, поясняющая фазочастотное прослеживание сейсмических волн

Временное положение сигналов оценивается по положению экстремума функции $L(\tau)$, которая формируется при перемещении окна анализа вдоль сейсмической трассы (рис.1). Для равновесного алгоритма $W(f_k)$ принимается равной единице во

всей полосе анализируемых частот; для алгоритмов с неравновесной обработкой – задается треугольной или экспоненциальной формы.

На базе алгоритмов с неравновесной обработкой предложен метод фазовременного анализа (ФАН) сейсмических полей. Суть метода заключается в следующем: для каждой сейсмической трассы получают набор функций качества общего вида:

$$L_i(t) = \sum_k^n w_i(f_k) \cos[\varphi(f_k, t)], \quad (3)$$

где $w_i(f_k)$ – весовая функция при i -м изменении ее частотных параметров. В результате анализа для каждой трассы формируется изображение, получившее название ФАН-образ. Определенные закономерностями распределения амплитуд функции качества ФЧП в координатах частота-время ФАН-образы, будут различаться количеством, протяженностью, интенсивностью, взаимным расположением, наклоном выделяемых осей симфазности, присущим им частотным диапазоном.

На основании вышеизложенного предложена методика прогноза типа геологического разреза, включающая получение ФАН-образов для сейсмотрасс, соответствующих положению скважин, пробуренных на исследуемой площади. На основании результатов бурения, выделенные ФАН-образы классифицируются по типу геологического разреза. Далее строятся ФАН-образы сейсмотрасс вдоль анализируемых профилей, и полученные ФАН-образы сопоставляются с эталонными, для которых известен тип геологического разреза. На рис. 2 приведена обобщенная схема алгоритма прогноза типа геологического разреза

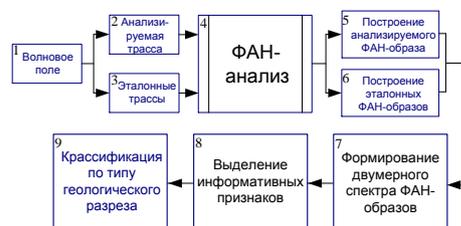


Рис.2. Обобщенная схема алгоритма прогноза типа геологического разреза

Для проведения классификации был предложен метод выделения информативных признаков, основанный на вычислении двумерного энергетического спектра изображений (ФАН-образов). Представим изображение ФАН-образ в виде двумерной функции $f(t, x)$. Тогда двумерный

спектр исходного изображения можно получить с помощью двумерного преобразования Фурье:

$$F(f_t, f_x) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(t, x) e^{-j[2\pi f_t t + 2\pi f_x x]} dx dt \quad (4)$$

где f_t и f_x - составляющие временной и пространственной частоты.

Энергетический спектр изображения можно записать в виде:

$$G(f_t, f_x) = |F(f_t, f_x)|^2 = \text{Re}^2[F(f_t, f_x)] + \text{Im}^2[F(f_t, f_x)] \quad (5)$$

Далее информативный вектор, содержащий данные об энергетическом Фурье-спектре, формируется с помощью синтезированной маски при этом используется два типа масок: полосовая (рис.3а) и секторная (рис.3б).

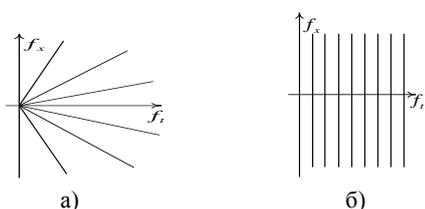


Рис.3. Синтезированные маски а) секторная, б) полосовая

Секторная маска использовалась для отбора информации о распределении энергии ФАН-образов по направлению, полосовая для отбора информации о распределении энергии по временной частоте.

На основе разработанного алгоритма было проведено его исследование на принятых моделях слоистых поглощающих сред. Обобщенная структура рассмотренных моделей приведена на рис. 4.

Аргиллиты
Продуктивная толща
Аргиллиты

Рис.4. Обобщенная схема модели слоистых поглощающих сред

В качестве продуктивной толщи рассматривались среды включающие: газонасыщенный, нефтенасыщенный, водонасыщенный и карбонизированный песчаник. На принятых моделях исследовались информативность принятых прогнозных параметров, выделяемых с помощью синтезированных масок. На рисунках 5,6 в качестве примера приведены распределения выделяемых признаков.

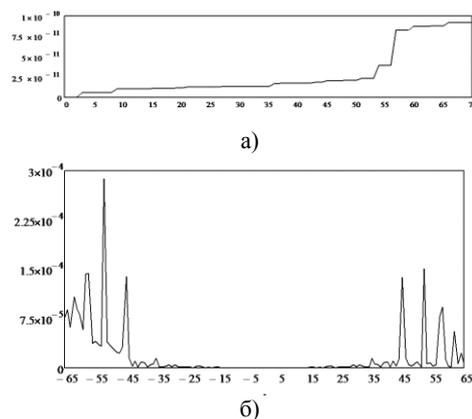


Рис.5. Вектор-признаки ФАН-образа, соответствующий продуктивной толще, содержащей газонасыщенный песчаник а) полосовая маска, б) секторная маска

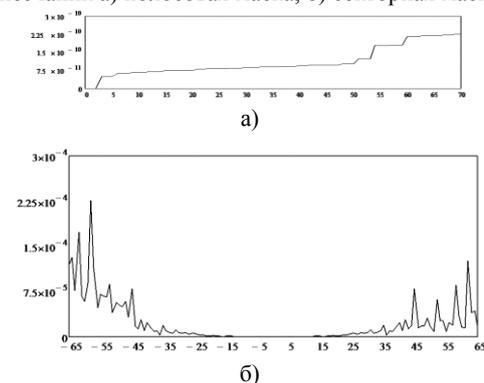


Рис.6. Вектор-признаки ФАН-образа, соответствующий продуктивной толще, содержащей водонасыщенный песчаник, а) полосовая маска, б) секторная маска

Из рис. 5 и 6 видно, что выделенные признаки имеют значительные различия. Таким образом проведенные исследования показывают на возможность использования фазовременного анализа для решения задач прогноза типа геологического разреза.

Литература

1. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. Тверь: Издательство АИС, 2006. 774с.
2. Иванченков В.П., Кочегуров А.И. Определение временного положения сейсмических сигналов по оценкам их фазочастотных характеристик / Геология и геофизика, 1988, №9, с. 77-83
3. Иванченков В.П., Кочегуров А.И., Орлов О.В. Фазочастотные характеристики сейсмических волн и основные предпосылки их применения для решения задач прогноза геологического разреза. / Известия Томского политехнического университета, 2008, Т313, №5, с. 132-137
4. Иванченков В.П., Вылегжанин О.Н., Орлов О.В. и др. Методы фазочастотного анализа волновых полей и их применение в задачах обработки данных сейсморазведки. / Известия Томского политехнического университета, 2006, Т301, №7, с. 65-70

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Е.В. Ушакова, О.М. Замятина
Томский политехнический университет
35jenny@mail.ru

В настоящее время компьютерные сети характеризуются сложной топологией, поэтому весьма часто встает вопрос предварительного моделирования будущей сети. При помощи моделирования определяют характеристики сети, необходимое сетевое оборудование, оптимальную топологию, возможные резервы для будущего развития. Кроме того, моделирование сети позволяет избежать затрат, возникающих в результате дополнительной реструктуризации сети в будущем.

Методы моделирования

Основными методами моделирования компьютерных сетей можно считать два его вида – аналитическое и имитационное моделирование [1].

Аналитические модели сетей строятся на основе математических аппаратов теорий массового обслуживания, вероятностей и марковских процессов, а также методов диффузной аппроксимации [1]. Также в качестве методов аналитического моделирования сетей могут применяться дифференциальные и алгебраические уравнения, описывающие поведение сети во времени.

При использовании аналитического моделирования часто удается получить модели для решения достаточно широкого круга задач исследования компьютерных сетей. В то же время аналитические модели сети имеют ряд существенных недостатков, к числу которых следует отнести:

- значительные упрощения, свойственные большинству аналитических моделей (подобные упрощения ставят иногда под сомнение результаты аналитического моделирования);
- громоздкость вычислений для сложных моделей.

Таким образом, несмотря на значительные достижения аналитического моделирования, многие реальные ситуации невозможно адекватно представить с помощью соответствующих математических моделей. В одних случаях этому мешает определенная «жесткость» математики как языка описания и представления событий и явлений. В других случаях, даже если есть возможность формализовать рассматриваемую жизненную ситуацию посредством построения математической модели, полученная на ее основе задача оптимизации может быть слишком сложной для современных алгоритмов решения задач этого класса [1].

Второй вид моделирования компьютерных сетей – имитационное моделирование. Этот вид моделирования часто является наилучшим, а иногда

и единственным способом исследования реальных систем, в том числе и сетей.

Термин «имитационное моделирование» означает, что исследуемые процессы трудно прогнозируемы, а для предсказания поведения системы необходим вычислительный эксперимент (имитация) при заданных исходных данных.

Различие между аналитической и имитационной моделями заключается в том, что в последней вместо явного математического описания взаимоотношения между входными и выходными переменными реальная система разбивается на ряд достаточно малых (в функциональном отношении) элементов или модулей [1]. Затем поведение исходной системы имитируется как поведение совокупности этих элементов, определенным образом связанных (путем установления соответствующих взаимосвязей между ними) в единое целое. Вычислительная реализация такой модели начинается с входного элемента, далее проходит по всем элементам, пока не будет достигнут выходной элемент модели.

Средства моделирования

На рынке информационных технологий существуют специальные, ориентированные на моделирование вычислительных сетей программные системы, которые позволяют упростить процесс моделирования. Такие программные системы генерируют модель сети на основе исходных данных о ее топологии и используемых протоколах, об интенсивностях потоков запросов между компьютерами сети, протяженности линий связи, о типах используемого оборудования и приложений.

Программные системы моделирования могут быть как узкоспециализированными, так и достаточно универсальными, позволяющими имитировать сети самых различных типов. Качество результатов моделирования в значительной степени зависит от точности исходных данных о сети, переданных в систему имитационного моделирования.

Приведем характеристики нескольких популярных систем моделирования различного класса - от простых программ, предназначенных для установки на персональном компьютере, до мощных систем, позволяющих в значительной степени автоматизировать исследование изучаемой сети (табл.1).

Система моделирования Modeler. Modeler от компании OPNET включает в себя широкий набор протоколов и технологий, а также среду разработки, позволяющую производить моделирование всех типов сетей и технологий.

Таблица 1.
Сравнительные характеристики систем
моделирования компьютерных сетей

Компания и продукт	Стоимость (долл.)	Требуемые ресурсы
Opnet, Modeler	20000	512 MB RAM, Windows (7, Vista, XP, Server 2008, Server 2003, 2000 Professional, 2000 Server)
ExtendSim, ImagineThat Inc.	995-4995	512 MB RAM, Windows (XP, Vista, 7 или 2000), Macintosh (OSX 10.4)
Arena, Rockwell	0-10000	1 GB RAM, Windows (Vista, Server 2003, XP Professional, XP Home)

Построение модели. Создание сетевой модели становится интуитивно понятным благодаря использованию иерархически спроектированных редакторов [4]:

1. Редактор проекта (Project Editor). Графически представляет топологии коммуникационных сетей. Существует возможность создавать узлы и объекты-ссылки, чтобы представить элементы, составляющие топологию сети.
2. Редактор узла (Node Editor). Отражает архитектуру сетевого устройства или системы, отображая обмен данными между функциональными элементами, называемыми "модулями". Модули обычно представляют сетевые протоколы или алгоритмы, и ассоциируются с моделями процессов (которые разрабатываются в редакторе процесса).
3. Редактор процесса (Process Editor). Использует мощный аппарат для поддержки подробных спецификаций протоколов, ресурсов, приложений и алгоритмов.

Визуализация модели. Визуализация в Modeler позволяет четко отображать передачу пакетов между любым источником и пунктом назначения. Мастер просмотра анимации позволяет повторять процесс моделирования для визуального анализа. Скорость анимации контролируется при помощи контроллера времени (Time Controller). Кроме того, модуль 3D Network Visualizer позволяет строить трехмерные модели сетей, которые могут включать топологию сети, узлы связи, и т.д.

Система моделирования ExtendSim. ExtendSim от компании Imagine That является последней разработкой в группе продуктов имитационного моделирования Extend. Первая среда моделирования этой серии была выпущена в 1988 г.[3]. Сейчас ExtendSlim является мощным инструментом моделирования, сочетая в себе многие понятия и особенности моделирования современных компьютерных сетей.

Построение модели. В ExtendSim модели строятся на основе библиотек блоков. Каждый блок

содержит описание шага процесса или расчет каких-либо данных. Построение модели включает в себя перемещение блоков из библиотек на рабочее пространство (простой механизм "drag-and-drop"), соединение блоков модели между собой, а также последующие настройки параметров блока.

Визуализация модели. По умолчанию модели в ExtendSim являются анимированными в 2D, что обеспечивает быстрый просмотр работы модели в процессе моделирования. Более сложные варианты анимации могут быть созданы посредством анимирования отдельных блоков и назначения определенных изображений соответствующим блокам. Кроме того, существует возможность создания 3D анимации в специальном режиме "Quick Mode".

Система моделирования Arena. Arena – семейство программных продуктов от компании Rockwell Software. Arena не является специализированной системой моделирования компьютерных сетей, и предназначена в основном для моделирования бизнес-процессов различных уровней сложности [2]. В то же время Arena предоставляет широкий набор возможностей и все необходимые инструменты для полноценного моделирования компьютерных сетей.

Выводы

В результате данной работы были изучены характеристики двух систем моделирования компьютерных сетей – Modeler (Opnet) и ExtendSlim (Imagine That), и системы имитационного моделирования Arena (Rockwell Software), а также возможности, предоставляемые данными системами в процессе моделирования.

В дальнейшем для моделирования будет использован программный продукт Арена, с целью проверки и апробации возможностей данного продукта для моделирования компьютерных сетей.

Литература

1. Klaus Wehrle, James Gross. Modeling and Tools for Network Simulation. Hardcover: 2010, 256 p.
2. Веб-сайт семейства программных продуктов Arena. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.arenasimulation.com/>
3. Веб-сайт семейства программных продуктов Extend. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.extendsim.com/>
4. Веб-сайт семейства программных продуктов Opnet. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.opnet.com/>

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАКЛОННЫХ ГРАНИЦ РАЗДЕЛЕНИЯ СРЕД

Ивашкина М.А., Рыбалка С.А., Вылегжанин О.Н.
Томский политехнический университет
maria--06@mail.ru

Сейсмическая разведка является ведущим методом геофизических исследований земной коры. Методы сейсморазведки различают по многим признакам: природе используемых волн, их физическому типу, пространству наблюдений, способу записи колебаний, объектам исследований, приемам обработки и др. [1].

Основными из этих признаков являются классы целевых волн. Имеются три основных метода сейсморазведки: метод отраженных волн, метод преломленных волн и метод проходящих волн. Лидирующее положение метода в разведочной геофизике обусловлено его большой глубиной при высокой детальности исследований. Одними из основных и наиболее информативных в комплексе геофизических методов являются метод общей глубинной точки (ОГТ) и метод вертикального сейсмического профилирования (ВСП).

Метод ОГТ основан на системе многократных перекрытий и отличающаяся суммированием отражений от общих участков границы при различных расположениях источников и приемников [2].

ВСП это метод околоскважинных и межскважинных исследований в сейсморазведочном диапазоне частот для решения геологических, методических и технологических задач на всех этапах геологоразведочного процесса. При ВСП используются системы наблюдений, состоящие, по крайней мере, из двух элементов: источника в пункте взрыва (ПВ) и приемников упругих волн в пунктах приема (ПП). Датчики размещаются в скважине, а источник на земной поверхности или в другой скважине. На рис. 1 изображена схема поведения отдельного луча в градиентной среде.



Рис. 1. Схема прохождения отдельного луча при ВСП в градиентной среде

ВСП позволяет исследовать околоскважинное и межскважинное пространства на значительных расстояниях для очень широкого круга геологических условий и задач и глубже забоя [2].

Рассмотрим основные преимущества и недостатки метода ВСП по сравнению с наземными методами. К преимуществам относят:

1. В отличие от наземных наблюдений, при которых изучается уже сформировавшаяся волновая картина, ВСП позволяет наблюдать и изучать сам процесс образования и распространения сейсмических волн в реальной среде и формирование волнового поля.
2. При ВСП границы раздела находятся как ниже, так и выше сейсмоприемников, и на вертикальном профиле могут регистрироваться не только волны, подходящие к сейсмоприемникам снизу, но и различные продольные и обменные волны, претерпевшие отражение или обмен на дневной поверхности или границах в верхней части разреза и распространяющиеся сверху вниз.
3. С удалением от дневной поверхности низкоскоростной фон помех, как правило, быстро убывает. Уменьшается также фильтрующее влияние верхней части разреза.
4. Особое значение в ВСП имеет не столько возможность «ухода» от дневной поверхности, сколько возможность изучения волн в непосредственной близости от границ раздела.
5. При ВСП направления подхода различных волн резко отличаются и сильно меняются не только с удалением источника, но и при одном пункте взрыва с изменением точки наблюдения вдоль вертикального профиля.
6. При наблюдениях во внутренних точках среды фон сейсмических помех убывает с глубиной [3].

Перечисленные особенности волновых полей во внутренних точках среды и метода ВСП определяют его эффективность и разведочные возможности. К недостаткам относят:

1. Скважинные сейсмоприемники располагаются в достаточно громоздком зонде, что приводит к искажению регистрируемых сейсмических сигналов.
2. Появляются дополнительные искажения в механической системе "зонд – скважина – порода" в том числе из-за трубных помех.
3. Для проведения ВСП нужно бурить дорогостоящие скважины.

Для нефтедобычи обычно характерны большие глубины и границы отражения, которые считаются условно горизонтальными. При добыче угля, или других исследованиях горных местностей и работ с осадочными горными породами, необходимо учесть наклон границ.

Постановка задачи. Дана наклонно-слоистая среда. Среда является латерально-однородной. То есть скорость распространения акустической волны вдоль слоя является константой. При распространении звуковой волны перпендикулярно

слоям изменение ее скорости происходит непрерывно, то есть по градиентному закону.

В этой среде также заданы: вертикальная скважина (то есть перпендикулярная линии горизонта); вдоль этой скважины получена скоростная модель среды $V(h)$; глубина начала отсчета скоростной модели Hnv ; глубина размещения приемника Hpr в скважине; угол наклона пластов β . Угол наклона отражающей площадки равен этому же углу β . На расстоянии L от устья скважины на глубине Hvz располагается пункт взрыва.

Необходимо найти: глубину отражения Hto и расстояние от устья скважины до точки отражения Lto (рис. 2).

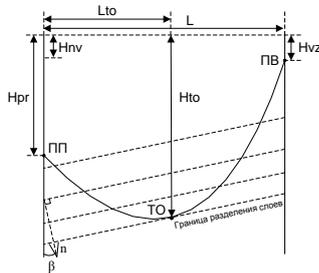


Рис. 2. Основные исходные и результирующие объекты

В этом случае если через приемник провести ‘виртуальную’ скважину перпендикулярно слоям, выбрать новый ‘виртуальный горизонт’ параллельно слоям, пересчитать скоростную модель в новой системе координат и пересчитать координаты всех объектов в новой системе координат, то задача может быть сведена к задаче с горизонтально-слоистой средой.

Координаты всех объектов ПВ, ПП и т.п. в исходной задаче заданы в системе координат z_0Ox_u . Для перехода к задаче с горизонтально-слоистой средой необходимо перейти в новую систему координат zOx . Координаты всех объектов пересчитываются в конечную систему координат с центром C_k с помощью известных формул поворота и перемещения. Также преобразованию подвергается скоростная модель в $V(z_k)$, так чтобы она корректно изменяла скорость распространения звука вдоль нормали к плоскости границ раздела сред.

Переход в новую систему координат zOx производится в два этапа: поворот и перемещение. Произвольная точка в исходной системе (z_u, x_u) изменит свои координаты следующим образом:

$$\begin{pmatrix} z \\ x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma \\ -\sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} z_u \\ x_u \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} Z_{Ck} \\ X_{Ck} \end{pmatrix},$$

где Z_{Ck} и X_{Ck} – координаты центра конечной системы координат в промежуточной системе z_1Ox_1 (рис. 3), γ – угол поворота.

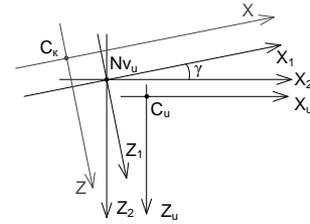


Рис. 3. Переход в новую систему координат zOx

Преобразованию подвергается и скоростная модель.

В горизонтально-слоистой среде для отыскания отдельной точки границы отражения достаточно проследить путь акустического луча от пункта до взрыва до приемника. Идея отыскания соответствующего луча заключается в прослеживании такого луча, характеризуемого параметром P , который, отразившись от границы на глубине H , приходит в приемник расположенного на глубине Hpr за указанное время Tr [4]. Общий снос луча описывается уравнением:

$$X_{снос}(P, Z_{to}) = \int_{Z_c}^{Z_{pr}} \frac{P \cdot V(z)}{\sqrt{1 - P^2 \cdot V^2(z)}} dz + 2 \cdot \int_{Z_{pr}}^{Z_o} \frac{P \cdot V(z)}{\sqrt{1 - P^2 \cdot V^2(z)}} dz$$

Время, за которое луч прошел от ПВ до ПП:

$$T(P, Z_{to}) = \int_{Z_c}^{Z_{pr}} \frac{1}{V(z) \cdot \sqrt{1 - P^2 \cdot V^2(z)}} dz + 2 \cdot \int_{Z_{pr}}^{Z_o} \frac{1}{V(z) \cdot \sqrt{1 - P^2 \cdot V^2(z)}} dz$$

Тогда решением системы

$$\begin{cases} X_{снос}(P, Z_{to}) - L = 0 \\ T(P, Z_{to}) - T_{pr} = 0 \end{cases}$$

является пара значений параметра луча P и глубины Zto , которые однозначно характеризуют интересующий нас луч. По этим значениям можно определить и расстояние до точки отражения Hto . Координаты этой точки пересчитываются в исходной системе координат можно найти по формуле:

$$\begin{pmatrix} Zto_u \\ Xto_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma \\ \sin \gamma & \cos \gamma \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Zto + Zb_1 \\ Xto + Xa_1 \end{pmatrix}$$

Литература

1. Г.Н. Боганик. Сейсморазведка : учебник для вузов / И.И. Гурвич. – Тверь : АИС, 2006. – 744 с.
2. Сейсморазведка. Кн.1 : Справочник: В 2-х книгах / Под ред. В.П. Номоконова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1990. – 336 с.
3. Е. И. Гальперин. Вертикальное сейсмическое профилирование. – М. : Недра, 1971. – 263 с.
4. Щелканов С.В., Терещенко А.Г., Григорьев В.П., Вылегжанин О.Н. Разработка конструктора и интерпретатора алгоритмов внутрилабораторного контроля качества результатов анализа //Известия ТПУ, 2010. - т.316 - № 5. - с. 162-168.

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА

В.С. Денисюк

Институт систем информатики им. А.П. Еришова Сибирского отделения РАН
denisyuk.victoria@gmail.com

Преобразование Хафа (Haugh transform) широко применяется в системах автоматизированного анализа изображений для определения фигур, описываемых аналитическими уравнениями [1]. Часто возникает проблема определения простых объектов, описываемых эллипсами или прямыми. В работе рассматриваются методы поиска и определения параметров объектов, форма которых описывается окружностью. Такими объектами могут являться газовые пузырьки в жидкой среде, контуры радужной оболочки глаза или зрачка, ядра клеток на изображении препарата под микроскопом.

Методы, применяемые при подготовке изображений к исследованию (предварительная фильтрация, устранение шумов) и при основной обработке используют довольно ресурсоёмкие вычисления, поэтому проблема оптимизации является актуальной для такого рода алгоритмов.

Сокращение времени нахождения результата может быть достигнуто с помощью распараллеливания алгоритма. При нахождении объектов с помощью преобразования Хафа используется метод, основанный на алгоритмической парадигме «разделяй и властвуй», что позволяет разделить вычисления между потоками. Суть подхода заключается в том, что каждому потоку отдается своя часть изображения или массив чисел, которые подвергаются обработке. Вычисления в разных потоках не зависят друг от друга, поэтому могут производиться одновременно и без синхронизации.

Также оптимизация может быть проведена с помощью доработки и улучшения самого алгоритма обнаружения объектов и нахождения их параметров.

Предобработка изображения

На первом этапе работы изображение из цветного переводится в черно-белое. Это позволяет сократить объем используемой памяти и хранить в три раза меньше информации о цвете точки.

Вторым шагом обработки становится проведение контрастирования и бинаризация изображения с использованием комбинаторного метода [2]. Как правило, при поиске контуров объекта используются операторы Собеля или Царра, но исследования, проведенные в рамках работы, показали, что метод, основанный на поиске локальных минимумов и максимумов в окрестности точки, дает меньше шумов и ложных границ.

Рассматривается две точки на изображении:

$p = (i, j)$ и $p' = (i', j')$, со значениями яркости b и b' . Цветовым расстоянием между этими точками называется модуль значений яркости

$$cd(p, p') = |b - b'|$$

Через $B_n(p) = B_n(i, j)$ обозначается квадрат размером n с центром в точке $p = (i, j)$, где n – нечетное. Задается $n=3$, и в пределах заданного квадрата находится минимальное и максимальное значения яркостей точек. Если значение цветового расстояния

$$cd[B_m(p)] = \max\{cd(p', p'') : p', p'' \in B_m(p)\}$$

превышает значение порога, то считается что через выбранную точку p проходит контур. В ходе экспериментов установлено, что оптимальный результат нахождения контура достигается при значении порога от 25 до 30 в зависимости от изображения. После завершения этого этапа обработки получается изображение с выделенными контурами объектов.

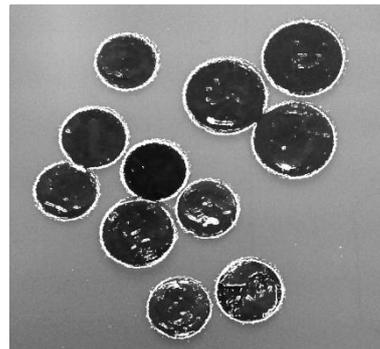


Рис.1. Результат применения комбинаторного метода выделения контуров объектов

Оптимизация и поиск информативных областей

В ходе экспериментов было установлено, что при уменьшении исходного изображения в 4 раза и удалении «мертвых областей», не содержащих объекты, достигается значительное сокращение временных затрат на нахождение центров круглых объектов. Уменьшение изображения проводится с помощью следующего алгоритма: берется

окрестность точки $B_n(p) = B_n(i, j)$, где $n=5$, а $p = (i, j)$ – точка, принадлежащая изображению с найденными контурами. Если число точек контура, лежащих внутри окрестности точки $p = (i, j)$, больше либо равно 6, то считается, что в соответствующей точке на уменьшенном изображении проходит контур.

К полученному изображению применяем преобразование Хафа для некоторого диапазона радиусов, и выбираем наиболее подходящее значение радиуса. Чем ярче точка в центре окружности, тем более точное совпадение радиуса объекта и параметра преобразования.

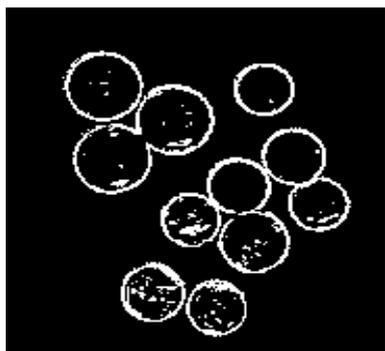


Рис.2. Результат уменьшения оконтуренного изображения

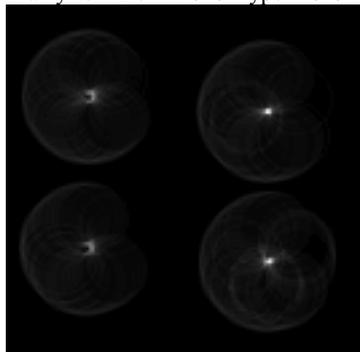


Рис.3. Результат применения оператора Хафа для одного из значений радиуса

К моменту завершения обработки уменьшенного изображения уже можно точно назвать число объектов, и назвать их примерные характеристики (в этом случае, радиус r). Так как для вычислений использовалось уменьшенное в четыре раза изображение, радиус R был найден неточно, но зная приближенное его значение r , можно провести дополнительный поиск по исходному полноразмерному изображению с

применением оператора Хафа, используя значения радиуса в рамках $R = 4r \pm \mathcal{E}$, где \mathcal{E} подбирается в соответствии с коэффициентом масштабирования.

Заключение

Предложенное алгоритмическое усовершенствование обработки изображений с помощью метода Хафа дает хорошие результаты при размерах объектов порядка 10-20% от размера изображения и позволяет избежать применения оператора Хафа для всего диапазона предполагаемых радиусов-параметров на полном изображении.

Планируется дальнейшее развитие и алгоритма с целью сокращения вычислительных затрат на обработку некоторых контурных точек, которые, в действительности, являются ложными (шумы) или избыточными.

Литература

1. «Detecting Coins with Different Radii based on Hough Transform in Noisy and Deformed Image», Mohamed Roushdy, GVIP Journal, Volume 7, Issue 1, April, 2007
2. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. . Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – С. 22-27.
3. Братцев С.Г., Мурзин Ф.А., Нартов Б.К., Пунтус А.А. Пунтус А.А. Конфликт сложных систем. Модели и управление. – Москва: Изд-во МАИ, 1995. – 120 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИКРОСТРУКТУРЫ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДЕРЕВЬЕВ

А. А. Ляпков

Томский Политехнический Университет
darthsidious@sibmail.com

Введение

Рост дерева в течение вегетационного периода обусловлен делением клеток камбия и образования сосудов у лиственных и трахеид у хвойных пород деревьев. За более светлой и мягкой древесиной в начале вегетационного периода следует слой более темной и крепкой поздней древесины. Этот процесс повторяется каждый вегетационный период (каждый год), таким образом, образуется четкая граница между слоями древесины различных периодов, то есть формируются годовые кольца дерева [1].

В зависимости от конкретных условий окружающей среды (продолжительности периода вегетации, почвенных условий, средней температуры, количества солнечных дней и осадков) в течение одного вегетационного периода ширина формирующихся годовых слоев дерева будет различна. По изменению ширины годовых слоев дерева можно судить об изменении климатических условий в различные периоды жизни дерева.

Составление математических моделей для анализа характеристик годовых колец и прироста дерева - наиболее важное направление развития дендрохронологии. Данными исследованиями занимаются как в России, в частности в Томске, так и зарубежом [2-4]. Существуют модели радиального сечения годовых колец, основывающиеся на представлении в виде колебания плотности древесины. Такое колебание имеет некоторую амплитуду и фазу, но при этом содержит ряд шумов. Восстановление амплитуды и фазы реализуется методами, применяемыми в теории колебаний и волн, в частности введением аналитического сигнала [3].

Однако наиболее актуальны модели, основывающиеся на данных полученных микроскопическими методами (электронная микроскопия), то есть математические модели на основе микроструктуры древесины. В таких моделях измеримыми данными становится изменения размеров трахеид в течение вегетационного периода.

Математическая модель микроструктуры годовых колец деревьев

Рассматриваемая в данной работе математическая модель микроструктуры годовых слоев деревьев основана на модели, разработанной в Томском Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН [3].

При помощи методов электронной микроскопии возможно получить изображение поперечного

сечения древесины на уровне трахеид. На рисунке 1 приведена микрофотография поперечного сечения трахеид дерева.

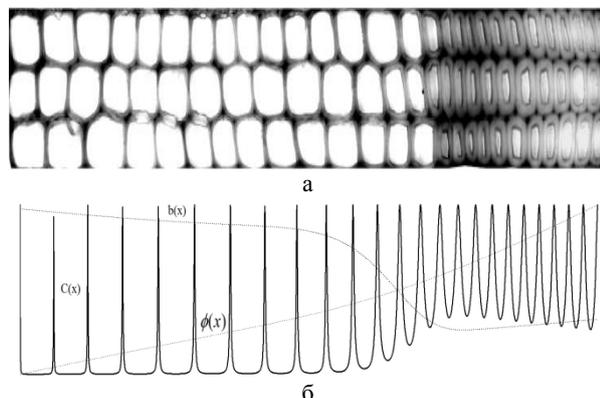


Рис. 1. Изменение размеров трахеид годовичного кольца в течении вегетационного периода: а). Микрофотография поперечного сечения трахеид; б). $C(x)$ – плотность вещества вдоль ряда трахеид, $b(x)$ – амплитуда, характеризующая толщину клеточной стенки, $\phi(x)$ – фаза, характеризующая радиальный размер трахеид.

Занимая порядка 90-95% общего объема древесины, трахеиды являются основным ее элементом у хвойных пород деревьев. На поперечном срезе трахеиды расположены правильными радиальными рядами и имеют форму, близкую к прямоугольнику. В начале периода вегетации формируются трахеиды большего радиального размера, имеющие тонкую клеточную стенку и большую внутреннюю полость для проведения восходящих потоков жидкости. К концу вегетационного периода трахеиды имеют меньшие радиальные размеры и значительно более толстую клеточную стенку, при этом маленькую полость. Такие клетки более приспособлены для выполнения механических функций. Длина поздних трахеид примерно на 10% больше ранних, а прочность примерно в 2,5 раза. Однако толщина оболочек трахеид при переходе в позднюю зону сначала увеличивается, достигая максимума, а затем около границы годовичного слоя уменьшается. Таким образом, самые толстостенные трахеиды находятся не у границы годовичных слоев, а в его третьей четверти [5].

На рисунке 1 можно наблюдать изменение оптической плотности трахеид при переходе от ранней древесины к поздней. При этом такое изменение плотности вещества соответствует процессам, происходящим в системах с отрицательной обратной связью. В биологических системах обратная связь является средством обеспечения регулирования протекания происходящих в ней процессов. Отрицательная

обратная связь обеспечивает поддержание системы в устойчивом равновесии. Физиологический смысл отрицательной обратной связи заключается в том, что увеличение некоторой величины (толщина клеточной стенки) сверх некоего предела приводит к уменьшению этой величины, за счет воздействия со стороны сопряжённой с нею подсистемы [6].

Исходя из рассмотренных естественных закономерностей роста древесины, можно сделать вывод, что плотность древесины зависит от толщины клеточной стенки трахеиды. Основное влияние на плотность оказывает отношение радиального размера трахеиды (диаметра) к величине ее клеточной стенки. Чем меньше этот показатель, тем больше плотность древесины, так как больше величина клеточной стенки трахеиды. При этом плотность древесины в целом зависит от процента поздних трахеид годичного слоя.

Таким образом, сигнал данной модели примет вид $1-b(x)$, где $b(x)$ – амплитуда (функция, связанная с толщиной клеточной стенки трахеиды). Причем толщина клеточной стенки уменьшается при увеличении значения $b(x)$ в интервале $(0, 1)$. Передаточная функция обратной связи примет вид $e^{i\phi(x)}$. Тогда функцию распределения плотности вдоль рассматриваемого ряда трахеид можно представить следующим образом:

$$C(x) = \left| \frac{1-b(x)}{1-b(x) \cdot e^{i\phi(x)}} \right|^2 = \frac{(1-b(x))^2}{|1-b(x) \cdot (\cos \phi(x) + i \sin \phi(x))|^2} = \frac{(1-b(x))^2}{1-2 \cdot b(x) \cdot \cos \phi(x) + b(x)^2}$$

где $\phi(x)$ – фаза (функция, определяющая радиальный размер трахеид). При этом радиальные размеры трахеиды уменьшаются при увеличении фазы.

Из рисунка 1б видно, что сезонные изменения трахеид, воспроизводимые моделью, соответствуют натуральному изображению.

Колебание $b(x) \cdot e^{i\phi(x)}$, стоящее в знаменателе выражения распределения плотности, является знакопеременным, так как в зависимости от значения фазы множитель $e^{i\phi(x)}$ может быть как положительным, так и отрицательным. Благодаря этому, под воздействием входных функций, обеспечивается переключение процессов роста, соответствующее переходу от образования ранней древесины к образованию поздней древесины. Данный переход характеризуется изменением радиального размера трахеид и толщины клеточной стенки [3].

При обработке микрофотографий поперечного сечения трахеид, по восстановленным функциям

$b(x)$ и $\phi(x)$ вычисляется плотность вещества вдоль ряда трахеид $C(x)$ и сравнивается с исходной плотностью, рисунок 2

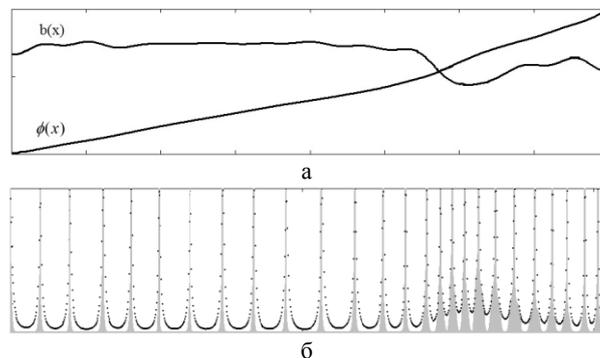


Рис. 2. Обработка микрофотографии трахеид: а). Восстановленные функции $b(x)$ и $\phi(x)$; б).

Экспериментальная плотность вещества трахеид $C(x)$ (серый тон), восстановленная плотность (точки).

Заключение

В данной математической модели параметры трахеид контролируются входными воздействиями $b(x)$, $\phi(x)$, которые в силу своей распределённости по всему сезону роста, наиболее удобны для исследований, так как несут наибольший объем полезной информации.

Литература

1. Микроструктура древесины // Большая Советская Энциклопедия, БСЭ. URL: <http://bse.sci-lib.com/article083233.html> (дата обращения: 8.11.2010).
2. Тартаковский В.А., Волков Ю.В., Исаев Ю.Н., Несветайло В.Д., Попов В.Н. Математическая модель радиального сечения годичных колец деревьев // Автотметрия. – 2003. – № 5. – С. 118–127.
3. Волков Ю.В., Тартаковский В.А. Математическая модель микроструктуры годичных колец деревьев // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 5
4. Schneuwly D. M., Stoffel M. Tree-ring based reconstruction of the seasonal timing, major events and origin of rockfall on a case-study slope in the Swiss Alps // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. – 2008. – № 8. – P. 203–211
5. Трахеида // Большая техническая энциклопедия, Технический словарь Том IV. [2010 – 2010]. URL: <http://www.ai08.org/index.php/term/9da4ab975b546c395b9.xhtml> (дата обращения: 10.11.2010).
6. Обратная связь // Технологии строительных работ. [2007 – 2010]. URL: <http://www.hidrotechnik.ru/derevo/derevo3.html> (дата обращения: 10.11.2010).

ПОДБОР НАБОРОВ ТЕСТОВ ДЛЯ WEB-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К НИМ ТРЕБОВАНИЙ

М.И.Бахарева

ГОУ ВПО «Омский государственный Институт Сервиса»

marifka-1102@ya.ru

Введение

На современном этапе создание и использование информационных систем является необходимым условием для развития различных сфер человеческой деятельности.

Для корректного функционирования информационных систем перед их внедрением необходимо проводить неоднократное тестирование. Тестирование определяет одну из важнейших характеристик информационных систем - качество, которое позволяет определить, насколько точно продукция удовлетворяет требованиям пользователей. [1] Качество определяется соответствием стандарту ГОСТ ИСО 9126-93.

В настоящее время не существует строго определённой системы сопоставления вида ИС и метода её тестирования. Следовательно, возникает необходимость проведения анализа выявления требований для отдельно взятой ИС.

Анализ web-ориентированных ИС и выявление основных требований

Любая ИС должна соответствовать ряду требований, предъявляемых к ней. [3] Эти требования можно разделить на два класса: требования, предъявляемые заказчиком и требования, на соответствие нормативным документам. В ходе исследовательской работы было выявлено отсутствие ГОСТов и стандартов, регламентирующих полный перечень этих требований.

В качестве примера рассмотрим web-ориентированные ИС. При тестировании web-ориентированных информационных систем, к каждому элементу данного класса, предъявляются свои требования, которые соответствуют определенным нормативным документам. Также был выявлен существенный недостаток материала по выбору метода тестирования ИС, поэтому возникла необходимость рассмотреть существующие методы качественного и количественного тестирования, проанализировать возможность использования рассмотренных методов для тестирования ИС на соответствие выделенным требованиям.

Анализ методов тестирования ИС

Все существующие методы тестирования делятся на четыре основных класса: тестирование в реальном масштабе времени, статическое тестирование, детерминированное тестирование и стохастическое. В отдельную группу можно выделить методы качественного и количественного

тестирования. В качественных методах основное внимание уделяется организации постановки задачи, новому этапу ее формализации, формированию вариантов, выбору подхода к оценке вариантов, использованию опыта человека, его предпочтений, которые не всегда могут быть выражены в количественных оценках. Примерами качественных методов являются методы типа мозговой атаки, методы типа сценариев, методы типа дерева целей, методы экспертных оценок и др.

Количественные методы связаны с анализом вариантов, с их количественными характеристиками корректности, точности и т.п. Примерами количественных методов являются теория вероятности и математической статистики, сравнительный анализ, методы, основанные на математической модели.

Анализ методов тестирования ИС является трудоёмким процессом, поэтому для его наглядности необходимо рассмотреть определенный тип ИС и соотнести его с наиболее подходящим методом тестирования. Например, частным случаем web-ориентированных ИС является web-сайт. Чтобы определить какие методы тестирования к нему применить, необходимо рассмотреть требования, которые предъявляются к сайту. Для оценки предлагался популярный сайт vkontakte.ru, относящийся к группе социальных сетей. Результаты анализа web-ориентированных ИС представлены в таблице 1.

Все требования, предъявляемые к web-сайту, являются качественными, т.е. к ним нельзя применить математическую модель, поэтому для тестирования сайта необходимо выбирать качественные методы, например, такие как методы экспертных оценок.

Наиболее распространёнными методами экспертных оценок являются метод ранжирования и метод балльных оценок.

Тестирование web-сайта с помощью метода ранжирования

Экспертам предлагается провести ранжирование, позволяет выбрать из исследуемой совокупности факторов наиболее существенный. При этом каждому явлению (фактору) присваивается свой ранг в общей последовательности факторов. При этом ранг 1 присваивается наиболее значимому фактору. [1]

Далее по каждому явлению подсчитывается сумма рангов, проставленных каждым экспертом. Явлению (фактору), который получил наименьшую сумму рангов, присваивается соответственно ранг 1 и т.д. Получение рангов позволяет произвести

дальнейшие расчеты весовых коэффициентов, сумма которых должна равняться 1.

Таблица 1

Нормативный док-т	Требования к ИС
Стандарт WAI-WCAG	1. Требования к представлению главной страницы сайта 1.1 главная страница сайта должна содержать графическую часть 1.2 навигационное меню сайта 1.3 краткая контактная информация (телефон и e-mail компании) 1.4 поле поиска (для выполнения полнотекстового поиска по сайту) 1.5 поле выбора языка (русский/английский)
ГОСТ 34.602-89 (п.2.6.3.2)	2. Требования к составу, структуре и способам организации данных в системе 2.1 все данные сайта должны храниться в структурированном виде под управлением реляционной СУБД. 2.2 файлы данных, предназначенные для просмотра и скачивания (изображения, видео, документы и т.п.) должны храниться в файловой системе, а в БД размещаться ссылки на них.
ГОСТ 24.104-85 (п.1.6.9)	3. Требования к лингвистическому обеспечению 3.1 исходный код должен разрабатываться в соответствии со стандартами W3C (HTML 4.0). 3.2 для реализации динамических страниц должен использоваться язык PHP. 4. Требования к эргономике и эстетике сайта 4.1 сайт должен быть оптимизирован для просмотра при разрешении 1024*768, 1280*1024 без горизонтальной полосы прокрутки и без пустых (белых) полей для основных типов разрешения. 4.2 элементы управления должны быть сгруппированы однотипно (горизонтально либо вертикально – на всех страницах) [2]
Стандарт W3C, ГОСТ 34.602-89 (п.2.6.3.3)	5. Требования к интерфейсу 5.1 Шрифты, используемые в текстовых материалах сайта, должны соответствовать стандартным шрифтам браузеров: Helvetica/Arial, Times New Roman, Courier. 5.2 Размер (кегель) шрифтов должен обеспечивать удобство восприятия текста при минимально допустимом размере экрана. 5.3 Все рисунки и фото объемом более 1 kb (кроме элементов дизайна страницы) должны быть выполнены с замещающим текстом и в формате gif или jpg. 6. Требования к структуре сайта 6.1 Сайт должен иметь «карту сайта», на которой располагаются ссылки на все существующие страницы сайта 6.2 На любой странице сайта должно отображаться текущее "местоположение" пользователя 6.3 Доступ к любым разделам сайта должен осуществляться при помощи не более чем 2-3 кликов. 7. Требования к текстовому наполнению сайта 7.1 заголовки web-страниц должны быть максимально информативны; 7.2 текст любой web-страницы разбивается на логические блоки (абзацы); 7.3 абзацы должны быть 3 – 4 предложения;

Однако окончательный вывод о возможности использования коллективного мнения экспертов, возможно, сделать только после определения согласованности мнений экспертов. Проверку согласованности мнений осуществляют с помощью коэффициента конкордации (согласия). Чем ближе значение коэффициента к 1, тем выше согласованность. После опроса экспертов были произведены необходимые расчеты в MS Excel.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Среднеарифметическое	39,78
Число экспертов	10
Количество вопросов	48
Коэффициент конкордации	0,00528
Сумма рангов	1989
Сумма квадратов отклонения ср. арифметического	4864,58

Тестирование web-сайта с помощью метода балльных оценок

Процедура шкалирования, основанная на балльных оценках, наиболее популярна в силу своей простоты.

Суть процедуры заключается в следующем: экспертам предлагается провести оценку сайта, ответив на поставленные вопросы «да» или «нет». При этом ответ «да» соответствует 1 баллу, ответ «нет» - 0 баллов. Далее по каждому явлению подсчитывается сумма баллов, которым соответствуют ответы экспертов. Получение суммированных баллов позволяет произвести дальнейшие расчеты весовых коэффициентов. Проверку согласованности мнений экспертов осуществляют с помощью коэффициента конкордации (согласия).

Основные результаты метода балльных оценок представлены в таблице 3.

Таблица 3

Среднеарифметическое	8,82
Число экспертов	10
Количество вопросов	48
Коэффициент конкордации	0,23
Сумма баллов	441
Сумма квадратов отклонения ср. арифметического	21,38

Метод балльных оценок более понятен и легок в применении, чем метод ранжирования. Значит выводы, сделанные из расчетов, могут быть вполне компетентными.

В итоге оба тестирования показали практически одинаковый результат, что говорит о правильном выборе методов тестирования для информационных систем типа web-ориентированных приложений.

Заключение

Проведенный анализ позволил выделить наиболее общие показатели, характеризующие web-ориентированные системы, несмотря на полученный перечень требований, он является неполным.

Данное исследование является только частным случаем, поэтому планируется дальнейшая разработка рекомендаций по созданию наборов тестов для наиболее часто встречающихся видов информационных систем.

Литература

1. Басовский Л.С., Протасьев В.Б. Управление качеством. - М., Инфра. 2000, стр. 149.
2. Круг С. Веб-дизайн: 2-е издание. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2008. – 224 с.: цв. ил.
3. Лучко О.Н., Маренко В.А. Введение в информационный консалтинг. - учебное пособие – Омск : Омский государственный институт сервиса, 2006. – 114 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ПРИСУТСТВИИ ДАТЧИКА НАПРЯЖЕННОСТИ

Е.В. Щербинина, руководитель С.В. Бирюков
Омский государственный технический университет
k06ka@mail.ru

Введение

Существует ряд проблем, связанных с возникновением электрических полей техногенной природы. Эти поля воздействуют на человека, оборудование и окружающую среду.

Электрические поля характеризуются такими параметрами, как напряженность, электрический потенциал, электрический заряд, плотность заряда на поверхности и многими другими. Наиболее информативным параметром можно считать напряженность электрического поля.

Однако в отличие от других физических величин, напряженность низкочастотных электрических полей не обеспечена как методами, так и средствами измерения, несмотря на то, что она является фундаментальной характеристикой [1].

В настоящее время на кафедре САПР ОмГТУ существует определенная база исследований, направленных на выявление физических эффектов, пригодных для построения средств измерения напряженности электрического поля и установление общих закономерностей взаимодействия этих средств с источниками поля. Это позволило сформулировать методы измерения и разработать структурные схемы, а также конструкции датчиков.

В настоящий момент актуально создание виртуальной модели трехкоординатного сферического датчика напряженности электрического поля. Очевидно, что первоочередной задачей при этом является моделирование эквипотенциальных (силовых) линий электрического поля.

Графическое представление электрического поля

Графически электрическое поле принято изображать при помощи эквипотенциальных (силовых) линий. Такой способ описания поля был введен еще Фарадеем.

Эквипотенциальными называют непрерывные воображаемые линии. Такая линия проходит через точки поля, в которых потенциал одинаков, а каждой отдельно взятой линии соответствует свое значение потенциала. Эквипотенциальные линии не пересекаются, а густота их увеличивается с увеличением напряженности поля, то есть напряженность поля прямо пропорциональна количеству эквипотенциальных линий, проходящих через единицу площади поверхности [2].

В однородном поле при отсутствии возмущающих факторов все эквипотенциальные линии параллельны друг другу.

Для виртуальной модели важно было найти верный алгоритм, который позволит рассчитать возмущение поля, вызванное внесением измерительной сферы.

Поскольку рассматривается случай однородного электрического поля, систему эквипотенциальных линий можно рассчитать для плоскости, проходящей через центр сферы.

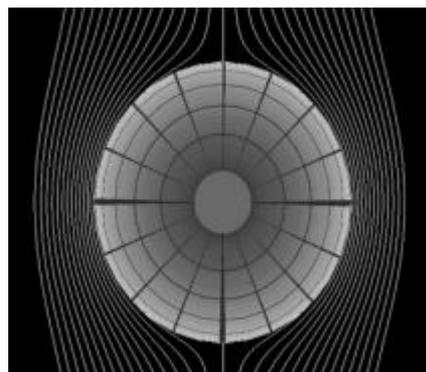


Рис. 1. Возмущение поля, вызванное внесением измерительной сферы.

В основу алгоритма для расчета возмущения поля был положен метод, описанный Е. Хагенмайером [3].

В плоскости по оси X нанесены эквипотенциальные линии

$$\varphi = const.$$

Для более наглядного представления произведена следующая нормировка:

$$\xi = \frac{x}{R}, \quad \zeta = \frac{z}{R},$$

где x, z – координаты прямоугольной системы в плоскости сечения, а R – радиус измерительной сферы.

Эквипотенциальные линии построены в новой системе координат (ξ, ζ) . Для расчета потенциалов предлагается следующая формула:

$$\varphi_i = \xi \left[\frac{1}{(\xi^2 + \zeta^2)^{3/2}} - 1 \right].$$

При помощи ЭВМ рассчитано значение потенциала φ в каждой точке координатной сетки (ξ, ζ) . Используя этот массив данных, не составляет труда отыскать множества точек, для которых значения потенциала одинаковы. Соединив точки с равными потенциалами между собой, мы получаем наглядное изображение картины поля.

Моделирование картины поля, проведенное данным методом при помощи ЭВМ, показало также, что разность потенциалов от линии к линии остается одинаковой. При внесении датчика в поле, густота линий возрастает вблизи его поверхности и, напротив, на удалении от поверхности датчика искажение силовых линий сводится к минимуму.

Однако нетрудно заметить существенный недостаток данного метода. Метод позволяет наглядно изобразить поле, однако провести реальные расчеты с его использованием не представляется возможным, поскольку потенциал поставлен в зависимость от единственной величины – радиуса сферы. Поскольку целью создания виртуальной модели является измерение напряженности заданного поля, то важна не только наглядность, но и точные числовые значения всех физических величин.

В связи с этим в метод расчета системы эквипотенциальных линий электрического поля было внесено следующее изменение. Потенциал поля будем моделировать, суммируя две величины: потенциал однородного поля без возмущающих факторов и отклонение потенциала при внесении сферы датчика, рассчитанное по методу Хагенмайера.

$$\varphi = \varphi_{\text{о.п.}} + \varphi_{\text{х}},$$

где $\varphi_{\text{о.п.}}$ – потенциал однородного поля без возмущений, $\varphi_{\text{х}}$ – отклонение потенциала, рассчитанное по методу Хагенмайера.

Теперь расчет картины поля происходит в двух системах координат. Первая из них неподвижна, эквипотенциальные линии в ней параллельны друг другу и значения потенциалов зафиксированы. Центр второй системы координат помещен в центр измерительной сферы, следовательно, эта система перемещается в пространстве вместе с датчиком и в координатах именно этой системы рассчитывается возмущение, вносимое датчиком. Наложением двух координатных сеток получаем новый массив значений потенциалов электрического поля и вновь находим множества точек с равными значениями потенциалов.

После такого усовершенствования при движении датчика в поле его чувствительные электроды будут приходиться на силовые линии с различными значениями потенциалов. Эти значения уже не будут зависеть только лишь от радиуса датчика, а напротив, будут являться реальной характеристикой поля. Также становится возможным наблюдать динамическое изменение картины электрического поля, вызванное перемещением сферического датчика в нем.

Заключение

После того как будет верно смоделировано электрическое поле, станет возможным дальнейшее развитие виртуальной модели датчика напряженности.

Поскольку значение напряженности электрического поля напрямую связано с

потенциалом [4], то верный расчет системы эквипотенциальных линий, а также верное определение координат чувствительных элементов датчика в пространстве и сопоставление этих данных дает нам возможность с минимальной погрешностью определять значение напряженности электрического поля.

Помимо однородных полей существуют поля другой природы: неоднородные электрические поля, создаваемые точечным зарядом. Для таких полей также важно уметь определять значение напряженности.

На данный момент успешно смоделировано однородное поле.

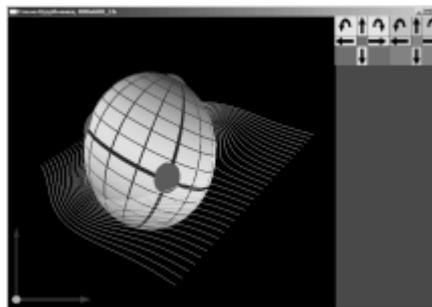


Рис.2. Виртуальная модель датчика напряженности в однородном поле

В ближайшем будущем планируется моделирование систем эквипотенциальных линий для случаев неоднородного электрического поля и поля, создаваемого точечным зарядом, расчет напряженности таких полей, а также анализ пригодности виртуальной модели для дальнейших научных исследований.

Литература

1. Бирюков С.В. Физические основы измерения параметров электрических полей: монография. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2008. – 112 с.
2. Электрическое поле. Напряженность электрического поля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://edu.m7a.ru>, свободный.
3. Хагенмайер Е. Измерения напряженности постоянных электрических полей: Дис... кандидата техн. наук. – Новосибирск, 1979. – 156 с.
4. Бирюков С.В. Математическое моделирование электроиндукционных датчиков напряженности электрического поля // Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления (Датчик-2001): Сб. матер. XIII науч.-техн. конф. с участ. зарубеж. специалистов / под ред. В.Н. Азарова. – М.: МГИЭМ, 2001. – С. 32–33.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ С СУЩЕСТВЕННЫМИ НЕЛИНЕЙНОСТЯМИ С ПОМОЩЬЮ КОНКУРИРУЮЩИХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

К. В. Богданов

*Сибирский Государственный Аэрокосмический Университет им. ак. М.Ф. Решетнева
K_Bogdanov@rambler.ru*

Моделирование и анализ работы электронного оборудования – весьма сложная задача, для решения которой активно используется специализированное программное обеспечение – EDA-системы. Развитие таких систем идёт, по большей части, экстенсивным путём, начиная от систем, созданных в 70-ых годах прошлого столетия. Как правило, улучшаются пользовательские интерфейсы, расширяются базы данных электронных компонентов и т.п., в то время как основные вычислительные алгоритмы остаются прежними. Чаще всего всё сводится к решению получившейся системы линеаризованных дифференциальных уравнений, являющейся математической моделью моделируемого устройства. Численные методы решения при этом позволяют получать весьма точные результаты, но проблемы возникают при моделировании систем с большим количеством электронных компонентов, что приводит к усложнению математической модели, и при моделировании систем, в которых имеются существенные нелинейности, которые значительно огрубляют результаты моделирования, либо вообще приводят к тому, что вычислительный процесс расходится [1,2].

В связи с этим предлагается диаметрально противоположный подход: каждый блок либо компонент устройства должен быть смоделирован отдельно. Полученные модели будут выполняться внутри отдельных вычислительных процессов. При этом если мы рассматриваем моделирование в диапазоне времени, то каждый из таких вычислительных процессов должен получать на один или несколько своих логических входов некоторые параметры (например, мгновенное значение напряжения относительно принятой «земли»). Также этот процесс должен выдавать результаты обработки входных параметров в качестве выходных данных.

Основные проблемы, связанные с такой схемой работы заключаются в том, что необходимо обеспечить высокую степень взаимной изолированности вычислительных процессов, сохраняя возможность синхронизированного обмена данными. Можно провести аналогию с современными вычислительными сетями, где каждая вычислительная машина максимально «самостоятельна», но имеет возможность обмениваться данными, разбитыми на пакеты, с любой другой машиной в сети в произвольный момент времени. Однако, существенным отличием здесь будет являться то, что каждый процесс должен выдавать и принимать порцию информации строго по синхронизирующему сигналу. В том случае, если процесс не успевает по каким-либо

причинам это сделать, возможны два подхода: ожидание и уничтожение. В первом случае ни одна порция данных от других процессов не будет принята, и не будет передана, пока от всех процессов модели не будет получен ответ. Во втором случае, процессы, данные от которых не получены по истечении установленного времени, будут уничтожены либо перезапущены, а недостающие значения данных будут заменены на нулевые либо заранее принятые. Возможна и гибридная стратегия, когда процесс уничтожается после некоторого ожидания.

Реализация асинхронного обмена сообщениями, как это сделано, например, в вычислительных сетях на основе технологии Ethernet, может повлечь за собой серьёзную проблему: результаты моделирования будут зависеть от производительности системы, и без предварительного профилирования реализовать модель не получится.

Как при асинхронном, так и при синхронном обмене необходим отдельный процесс-маршрутизатор. В его функции входит сбор данных от остальных процессов, уничтожение процессов, не выславших данные в течение отведённого времени, рассылка данных по процессам в соответствии с таблицей взаимосвязей. Наглядно потоки данных представлены на DFD диаграмме в нотации Гейна-Сарсона на рис. 1.

Техническая реализация в этом случае требует наличия среды, в которой способны одновременно (параллельно) исполняться большое количество легковесных вычислительных процессов, которые будут реализовывать атомарные блоки системы, и поддерживающей обмен сообщениями между этими легковесными процессами.

Наиболее подходящей для реализации средней представляется Erlang (Эрланг) – функциональный язык программирования, позволяющий разрабатывать программное обеспечение для разного рода распределённых систем. Разработан и поддерживается компанией Ericsson. Язык включает в себя средства порождения параллельных процессов и их коммуникации с помощью послышки асинхронных сообщений. Программа транслируется в байт-код, исполняемый виртуальной машиной, что обеспечивает переносимость. Функциональная парадигма позволяет Erlang избежать таких традиционных для императивных языков проблем распределённых приложений, как необходимость синхронизации, опасность возникновения тупиков и гонок [3].



Рис. 1. Функционирование модели на основе независимых процессов. Диаграмма потоков данных (DFD).

Процессы, моделирующие каждый отдельный элемент схемы, смогут обмениваться сообщениями (кортежами) вида: {<имя корневого процесса>, <номер элемента>, <номер вывода>, <тип сигнала 1>, <величина сигнала 1>..., <тип сигнала n>, <величина сигнала n>}.

Количество рассылаемых сообщений будет зависеть исключительно от топологии моделируемой системы, в примере показан простой случай без множественных соединений типа «один выход – много входов».

Очевидно, что для функционирования системы необходимо иметь несколько различных типов элементов:

1. Обычный процесс (передаточная функция, пример реализации приведён выше). Обеспечивает преобразование входного потока данных в выходной. В каждый момент синхронизации обязан принять и передать одну порцию (кортеж) данных;
2. Маршрутизатор. Обеспечивает перераспределение сигналов по нескольким выходным каналам в зависимости от соотношения количества входов и выходов. Маршрутизатор, по сути, является совокупностью всех узлов цепи.
3. Источник. Обеспечивает выдачу сигналов. Входов не имеет.

4. Выход. Псевдоблок, необходимый для получения текущих значений параметров для анализа. Является адаптером между моделью и пользовательским интерфейсом. Имеет один вход, выходов нет.

Одной из важнейших процедур при создании подобной модели является построение таблицы маршрутизации по пользовательской модели (к примеру, по принципиальной электрической схеме). На основе этой информации также должны создаваться процессы-коммутаторы.

После запуска все элементы начнут передавать сообщения маршрутизирующему процессу (серверу), который будет их распределять, опираясь на заданную топологию моделируемой системы.

В целом, программный продукт, построенный на основе данной схемы, будет состоять из следующих компонентов:

1. Ядро системы. Виртуальная машина Erlang. Основные функции – моделирование.
2. Библиотека компонент. Хранилище процедур на декларативном языке Erlang.
3. Построение модели. Приложение на императивном языке высокого уровня (например, C#), формирующее в автоматическом режиме матрицу взаимосвязей для маршрутизатора и исходный Erlang-код всех процессов модели.
4. Графический интерфейс. Приложение на императивном языке высокого уровня, обеспечивающее ввод и вывод информации для пользователя.

Реализация системы, основанной на описанной архитектуре, позволит улучшить точность и скорость моделирования больших систем с существенными нелинейностями, а также позволит проводить моделирование на длительных отрезках времени без риска потерь данных.

Литература

1. Хайнеман, Р. PSpice. Моделирование работы электронных схем / Р. Хайнеман. - Пер. с нем. - М.: ДМК Пресс, 2001. - 336 с.
2. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования / И. П. Норенков. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
3. Armstrong, J. Programming Erlang: Software for a Concurrent World / Joe Armstrong. - Pragmatic Bookshelf, 2007. – 440с.

СРАВНЕНИЕ СХЕМ АППРОКСИМАЦИИ ПО ВРЕМЕНИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАДАЧ ФИЛЬТРАЦИИ

*Н. М. Афанасьева, руководитель Васильев В.И.
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К.Аммосова
af_nadya@mail.ru*

Введение

Математическое моделирование течений многофазной жидкости в пористых средах имеет важное прикладное значение при добыче нефти и газа. Математическая модель многофазной фильтрации представляет собой связанную систему нелинейных уравнений в частных производных, которые выражают законы сохранения массы и количества движения.

В данной работе рассматривается течение двухфазной несжимаемой жидкости, состоящей из нефти и воды. Работа посвящена исследованию схем аппроксимации по времени системы уравнений для этой модели. Проведен сравнительный анализ и представлены результаты численного исследования этих схем на модельных задачах в одномерном и двумерном случаях.

Численная реализация проводится с использованием библиотеки для научных вычислений PETSc, проведены расчеты на вычислительном кластере СКЦ ИМИ СВФУ, работа выполнена при финансовой поддержке гранта ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013г.г. (гос.контракт №02.740.11.0041).

Постановка задачи

Рассмотрим изотермическую задачу фильтрации двухфазной жидкости, состоящей из нефти и воды. Предполагаем, что фазы не смешиваются и несжимаемы, пористая среда однородная недеформируемая и двухфазная жидкость занимает все поровое пространство. Система уравнений, описываемого процесса, включает себя уравнения неразрывности для каждой из фаз, уравнения движения каждой фазы по закону Дарси и сумму насыщенных равной единице [1], [2]. Исходную систему уравнений, путем алгебраических преобразований, приводим к системе из двух уравнений:

$$-\nabla(k\lambda_T \nabla p) = q_T - \nabla(k(\lambda_w \nabla p_c + (\lambda_w \rho_w + \lambda_n \rho_n)g \nabla z)), \quad (1)$$

$$\phi \frac{\partial S}{\partial t} + \nabla(f_w \mathbf{u}_T + k f_w \lambda_n (\nabla p_c + (\rho_n - \rho_w)g \nabla z)) = q_w, \quad (2)$$

где k – абсолютная проницаемость среды; λ_T – суммарная подвижность; p – давление в пласте; q_T – сумма объемных источников и стоков; λ_w, λ_n – подвижности воды, нефти; p_c – капиллярное давление; ρ_w, ρ_n – плотности воды, нефти; g – ускорение свободного падения; z – ось,

направленная против силы тяжести; ϕ – пористость среды; s – насыщенность воды; $f_w = \lambda_w / \lambda_T$; u_T – суммарная скорость;

Для этой системы задаем начальные и граничные условия.

Модель представляет собой начально-краевую задачу для определения полей давления из уравнения (1) и насыщенности из (2). Для численного решения будем использовать метод конечных разностей.

Выбор наиболее эффективной схемы для аппроксимации по времени зависит от двух основных факторов. Во-первых, от объема вычислений, необходимого для получения решения разностного уравнения на одном временном шаге, который в свою очередь зависит от размеров сетки, самой схемы и алгоритма, используемого для решения системы алгебраических уравнений, а также, от эффективной распараллеливаемости. Во-вторых, от предела устойчивости шага по времени, используемого для данной схемы. Заметим, что требования к точности также могут ограничивать максимальный временной шаг.

Аппроксимации по времени

Рассмотрим уравнения (1), (2) с учетом и без учета капиллярных сил. Получаем две тестовые задачи для исследования. В обоих случаях уравнение для давления эллиптического типа и аппроксимируется чисто неявной схемой. В первой задаче получим гиперболическое уравнение для определения насыщенности и для него уместны неявные и явные аппроксимации [1], [2]. Схема с явной аппроксимацией насыщенности называется схемой IMPES, эта схема широко используется для решения задач двухфазной фильтрации. А при аппроксимации неявной схемой уравнения насыщенности, получаем чисто неявную схему для системы, обозначим ее как SEQ (последовательное решение неявными схемами).

Во второй задаче уравнение для насыщенности будет параболического типа. Здесь применяем и сравниваем чисто неявную и частично неявную (когда коэффициенты при производных с насыщенностью берутся с предыдущего временного слоя) схемы.

Аппроксимация переменных по пространству проводится стандартными конечными разностями.

Результаты исследования

Расчеты проводились со следующими входными данными: $L_x = 1000$ м, $L_y = 1000$ мм, $k = 10^{-13} \text{ м}^2$, $\phi = 0.2$, $\mu_0 = 1.793$ Па·с, $\rho_w = 1000$ кг/м³, $\rho_n = 900$ кг/м³. Относительные проницаемости определяются по модели Брукс-Корей с параметрами $sgw = 0.2$, $stn = 0.15$, $\theta = 2$, $pe = 104$. В

начальный момент времени $t = 0$ давление, насыщенность распределены равномерно: $p_0 = 10\text{МПа}$, $s_0 = 0.2$. Для решения системы нелинейных уравнений применялся метод Ньютона и для системы линейных уравнений применили метод GMRES с мультигрид преобуславливателем [4].

Приведем результаты численного моделирования в одномерном случае для первой задачи (рис.1) - (рис.3).

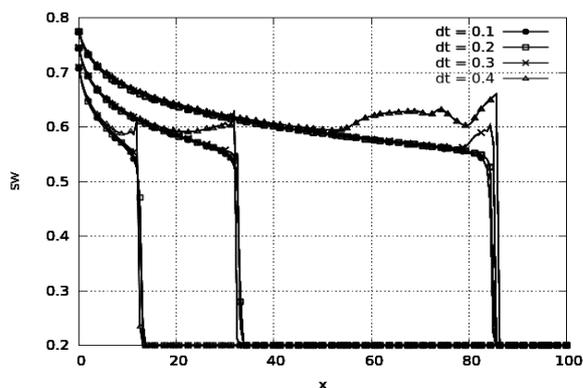


Рис.1. Устойчивость схемы IMPES в моменты времени 10, 30, 70 суток на сетке $nx = 161$

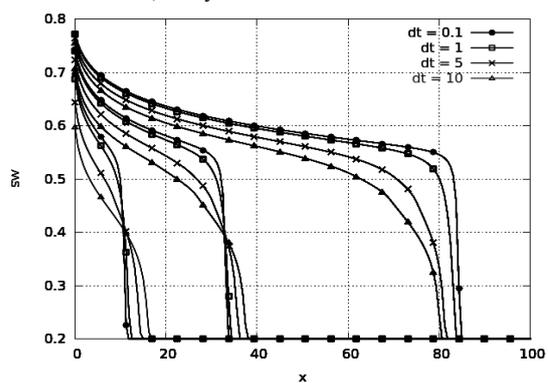


Рис.2. Устойчивость схемы SEQ в моменты времени 10, 30, 70 суток на сетке $nx = 161$

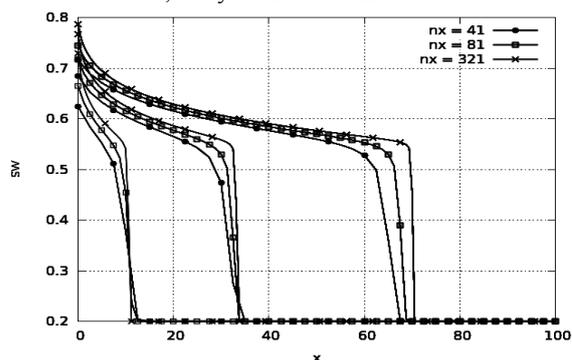


Рис.3. Устойчивость схемы SEQ в моменты времени 10, 30, 70 суток на разных сетках

Явное вычисление насыщенности дает большое ограничение на временной шаг. Например, на сетке

$nx = 41$ максимально возможной шаг 1 день, на сетке $nx = 161$ максимально возможной шаг 0.2 дня. Следовательно, при расчетах на большее количество неизвестных dt будет довольно малым, и приведет к увеличению количества временных итераций. Применение неявной схемы показывает устойчивость и при большом шаге по времени dt . (рис. 2)., но при увеличении размерности расчетной сетки, увеличивается погрешность решения (рис. 3).

В таблице 1 приведены результаты исследования времени счета

Таблица 1. Сравнение времени счета (сек.) при разных dt на сетке 321×321 , на $t = 80$ суток

nr	IMPES, dt=0,05	SEQ, dt=0,5	SEQ, dt=1	SEQ, dt=2
1	4005.61	5677.79	3249.96	1864.86
2	2705.2	3005.41	1680.24	941.74
4	1594.22	1640.09	1062.52	629.091
8	1245.64	1141.66	621.125	372.731

При увеличении dt схема SEQ начинает считать быстрее, чем IMPES (nr – количество процессов). Для IMPES $dt=0.05$ – максимально возможный устойчивый шаг.

Оценку и сопоставление различных вариантов аппроксимации по времени для задач, приведенных здесь, нельзя считать окончательными. Но можно сделать выводы, что для большинства одномерных и двумерных задач пригодна схема IMPES, благодаря ее быстрдействию могут быть проведены расчеты на более мелких сетках. В случае трехмерной фильтрации схема SEQ становится экономичнее, поскольку IMPES дает слишком большое ограничение на временной шаг.

Литература

1. Chen Z., Guanren H., Yuanle M. Computational Methods for Multiphase Flows in Porous Media. Society for Industrial and Applied Mathematic, 2006.
2. Aziz K., Settary A. Petroleum Reservoir Simulation. Elsevier Applied Science Publisher. Amstertam. 1979.
3. Balay, S., Buschelman, K., Gropp, W.D., Kaushik, D., Knepley, M.G., McInnes, L.C., Smith, B.F., Zhang, H. PETSc Web page. <http://www.mcs.anl.gov/petsc>
4. Saad Y. Iterative Methods For Sparse Linear Systems, Second Edition. Cambridge University Press, 2003.
5. Вабищевич П.Н. Явно-неявные вычислительные алгоритмы для задач многофазной фильтрации// Математическое моделирование. 2010. Т. 22, No 4, С. 118–128.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Иванова В.В.

Константинова Л.И., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет
verun4ik007@bk.ru

В медико-биологическом приложении исследователь, как правило, оперирует большим количеством показателей, откуда возникает необходимость снижения количества обрабатываемой информации, ее структурного анализа, классификации сообразно целям исследования. Чаще всего перечисленные задачи решаются экспертом-исследователем на основании содержательных рассуждений, и при большом количестве признаков это вызывает серьезные затруднения. В связи с этим становится актуальным применение математических методов для поиска решения данных задач.

Целью данной работы является выделение наиболее информативных показателей из всего спектра получаемых данных и на основе этих данных классификация состояний здоровья.

Для выделения информативных показателей, был выбран метод построения диаграммы Парето, ключевыми достоинствами которого являются:

простота и доступность для понимания врачами, что, с одной стороны, вызывает их доверие, а с другой – снижает вероятность ошибок при его использовании;

сохранение исходных показателей в неизменном виде, что позволяет легко интерпретировать получаемый результат; хорошая достоверность выделения информативных показателей.

Использование диаграммы Парето дает возможность разделить факторы, влияющие на качество изучаемого процесса, на два типа: существенные и несущественные.

Диаграмма Парето представляет собой столбиковую диаграмму, в которой каждый столбик отражает относительный вклад каждого элемента в изучаемую проблему, причем все они расположены в убывающем порядке по степени вклада слева направо. [1]

Согласно правилу построения диаграммы Парето, по исходным данным определяется частота отклонений каждого показателя от нормы:

$$a_i = \begin{cases} 0, & \text{если } x_i \in (x_{in}, x_{iv}); \\ 1, & \text{если } x_i \notin (x_{in}, x_{iv}); \end{cases} \quad b_i = \sum_{j=1}^m a_{ji},$$

где b_i – число отклонений i -го показателя, x_i – значение i -го показателя конкретного пациента; (x_{in}, x_{iv}) – нижняя и верхняя граница нормы i -го показателя; $i = 1, \dots, n$; n – количество показателей.

Из диаграммы можно выделить показатели, вносящие основной вклад в данное заболевание. В нашем случае по согласованию с медиком-

экспертом за наиболее информативные показатели принимались те, что дают около 80% кумулятивного вклада.

После выбора наиболее информативных показателей перед нами встает задача оценки состояния здоровья. Так как имеется три различных состояния здоровья, следовательно, для каждого большого нужно выбрать подходящий для его состояния здоровья метод лечения. Т.е. перед нами стоит задача классификации.

Описание различных неопределенностей с применением математического аппарата нечетких множеств позволит создать высокоэффективную систему по прогнозированию, координировать решения, применяемые на каждом шаге лечения, и получить четкие решения.

Для построения модели оценки состояния организма принимаем следующую классификацию: нормальное, средней тяжести и тяжелое состояние. Как правило, каждое состояние соответствует вполне определенному характеру изменения параметров, т.е. каждый класс содержит в себе некоторые показатели, по значениям которых можно судить о состоянии пациента.

Для описания нечетких значений параметра состояния выбираем экспоненциальную функцию принадлежности с ограниченной областью значений в виде:

$$\mu(x) = \exp[-k(x - r)^2],$$

где k, r – коэффициенты определяющие степень нечеткости и положение экспоненты на числовой оси. [2]

При определении числового значения показателей, эксперты указывают интервал соответствующих степеней неопределенности. Например, минимальное давление больного задается экспертом так: «оно принимает значение от x_1 до x_2 с 5% шириной границ неопределенности». За значение параметра r принимаем среднюю точку нечеткого интервала.

Если обозначить уровень значимости α , процент s шириной значимого диапазона неопределенности β , то для каждой нечеткой границы интервала коэффициент k определяется следующей формулой:

$$k = -\frac{\ln \alpha}{(\beta r)^2}$$

Тогда функция принадлежности для высказывания «давление принимает значение от x_1 до x_2 с 5% шириной границ неопределенности» представляется следующей формулой:

$$\mu(x) = \begin{cases} \exp[k_1(x - x_1)^2], & x \leq x_1; \\ 1, & x_1 < x < x_2; \\ \exp[k_2(x - x_2)^2], & x \geq x_2. \end{cases}$$

Если показатель выражается нечетким термом с лингвистическим значением, то для построения функции принадлежности используется «параметрический подход к построению функции принадлежности» [3]. Необходимость использования этого метода обуславливается нечетким высказыванием эксперта при оценке показателя. Для этого эксперту предлагается на 100%-ной шкале указать три точки, из которых две крайние точки, по его мнению, не принадлежат описываемому лингвистическому значению, а другая, определено, принадлежит данному терму. Задача состоит в том, чтобы, используя параметры основных термов описать переход к не основному терму с помощью упорядоченного отношения «меньше». Как показано в [3], для решения этой задачи используется аппарат автоморфных функций:

$$v \rightarrow \frac{\alpha x + \beta}{\gamma x + \beta}.$$

Неизвестные коэффициенты α , β , γ , δ определяются, если известны три значения основного терма (z_1, z_2, z_3) и модифицированного терма (w_1, w_2, w_3):

$$\begin{aligned} \alpha &= z_1 z_2 (w_1 - w_2) + z_1 z_3 (w_3 - w_1) \\ &\quad + z_2 z_3 (w_2 - w_3); \\ \beta &= w_1 w_2 z_3 (z_1 - z_2) + w_1 w_3 z_2 (z_3 - z_1) \\ &\quad + w_2 w_3 z_1 (z_2 - z_3); \\ \gamma &= z_2 (w_1 - w_3) + z_1 (w_3 - w_2) + z_3 (w_2 - w_1); \\ \delta &= w_1 w_2 (z_1 - z_2) + w_1 w_3 (z_3 - z_1) \\ &\quad + w_2 w_3 (z_2 - z_3). \end{aligned}$$

Используя эти коэффициенты, можно определить обратный переход от основного терма к модифицированному. [1]

Для распознавания ситуаций на начальном этапе нужно создать базу знаний, при создании которой используется общетеоретическая информация и суждения экспертов о рассматриваемом объекте в виде описания классов. При этом классы описываются такими высказываниями экспертов, как: «Если А и Б, то это класс С». В этой записи А и Б - условия, налагаемые на значения параметров; С - наименования классов. [2]

Высказывания могут формулироваться с применением лингвистических переменных, нечетких значений параметров, нечетких

отношение и нечетких логических связей. Для описания одного класса может быть использовано несколько подобных высказываний, которые связаны между собой логикой связкой «ИЛИ». При этом используются правила операции объединения и пересечения нечетких множеств соответственно: для логической связки «И»

$$\mu(x) = \min[\mu_1(x), \mu_2(x)];$$

для логической связки «ИЛИ»

$$\mu(x) = \max[\mu_1(x), \mu_2(x)],$$

где $\mu_1(x)$ и $\mu_2(x)$ - функции принадлежности условий, налагаемых на значения параметров.

Если описание классов сформулировано в виде множества сочетаний высказываний по всем параметрам, то любая ситуация может быть отнесена к тому или иному классу. С этой целью для распознавания предъявленной ситуации вводим степень принадлежности. Кроме того, определяем функцию принадлежности по каждому высказыванию. При этом используем указанное выше правило операции над нечеткими параметрами. Степень принадлежности ситуации к тому или иному классу определяем по следующей формуле:

$$\pi_k = \max_i \left\{ \min_j \left[\sup_{x \in X_j} \left(\min(\mu_j(x), \mu_{kij}(x)) \right) \right] \right\},$$

где k - номер класса; π_k - степень принадлежности ситуации классу с номером k ; i - номер высказывания; j - номер параметра; X_j - область значений j -го параметра; $\mu_j(x)$ - функция принадлежности j -го параметра; $\mu_{kij}(x)$ - функция принадлежности i -го высказывания по j -му параметру внутри k -го класса.

По предлагаемой методике в зависимости от характера базы знаний можно решать задачи по выбору метода лечения. Преимущества данной методики по сравнению с другими заключается в том, что она не требует более строго обоснования порогового значения и может быть применена при отсутствии точной информации о значениях параметров. [1]

Литература

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2007, 352 с.
2. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Рига: Зинатне, 2000. 184 с.

КОГНИТИВНАЯ ГРАФИКА В АНАЛИЗЕ МНОГОМЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

А.Е. Дзюра, А.С. Чуклин
Томский политехнический университет
dzyura_nastya@sibmail.com

Введение

Как известно, когнитивная компьютерная графика (ККГ) – это графика, которая помогает с помощью некоего изображения получить новое, т.е. еще не существующее даже в голове специалиста знание или, по крайней мере, способствовать интеллектуальному процессу получения этого знания.

Когнитивная графика — это совокупность приемов и методов образного представления условий задачи, которое позволяет либо сразу увидеть решение, либо получить подсказку для его нахождения [2].

Методы когнитивной графики используются в искусственном интеллекте в системах, способных превращать текстовые описания задач в их образные представления, и при генерации текстовых описаний картин, возникающих во входных и выходных блоках интеллектуальных систем, а также в человеко-машинных системах, предназначенных для решения сложных, плохоформализуемых задач.

Д.А. Поспелов [2] сформулировал три основных задачи когнитивной компьютерной графики:

1. создание таких моделей представления знаний, в которых была бы возможность однообразными средствами представлять как объекты, характерные для логического мышления, так и образы-картины, с которыми оперирует образное мышление;
2. визуализация тех человеческих знаний, для которых пока невозможно подобрать текстовые описания;
3. поиск путей перехода от наблюдаемых образов-картин к формулировке некоторой гипотезы о тех механизмах и процессах, которые скрыты за динамикой наблюдаемых картин.

С возрастанием количества накапливаемых данных, даже при использовании сколь угодно мощных и разносторонних алгоритмов Data Mining, становится все сложнее "переваривать" и интерпретировать полученные результаты. А, как известно, одно из положений Data Mining - поиск практически полезных закономерностей. Закономерность может стать практически полезной, только если ее можно осмыслить и понять.

Лица Чернова

Из всех зрительных навыков у человека сильнее всего развита способность к восприятию лиц других людей. Особый участок коры головного мозга узнает лицо, определяет направление взгляда и т.д. Другие части мозга (миндалевидное тело и островковая доля) анализируют выражение лица, а участок в префронтальной зоне лобной доли и

система мозга, отвечающая за чувство удовольствия, оценивают его красоту. Лица Чернова (Chernoff Faces) — это схема визуального представления мультивариативных данных в виде человеческого лица. Каждая часть лица: нос, глаза, рот — представляет собой значение определенной переменной, назначенной для этой части.

Основная идея в том, что для человека очень естественно смотреть на лица, ведь все люди делают это каждый день. Поэтому анализ данных получается «натуралистичным». Легко делать сравнения и легко выявлять отклонения. Даже блондинки смогут производить мультивариативный анализ значительного количества данных.

Для каждого наблюдения рисуется отдельное "лицо", где относительные значения выбранных переменных представлены как формы и размеры отдельных черт лица (например, длина носа, угол между бровями, ширина лица). Таким образом, наблюдатель может идентифицировать уникальные для каждой конфигурации значений наглядные характеристики объектов.

В 1981 году Бернард Флури и Ханс Ридвил (Bernhard Flury and Hans Riedwyl) улучшили концепцию и добавили «Лицам Чернова» асимметрию, что позволило количество переменных увеличилось вдвое — до 36.

Итак, каждое лицо — это массив из 18 элементов, каждый из которых принимает значение от 0 до 1. Значению соответствует внешний вид соответствующей части лица. Параметры исследуемых объектов приводятся к этим значениям. Экстремумы реальных данных будут приняты как 0 и 1. Все остальное — лежащим в этом промежутке. По полученному массиву конструируется лицо по следующим параметрам:

1. Размер глаза
2. Размер зрачка
3. Позиция зрачка
4. Наклон глаза
5. Горизонтальная позиция глаза
6. Вертикальная позиция глаза
7. Изгиб брови
8. Плотность брови
9. Горизонтальная позиция брови
10. Вертикальная позиция брови
11. Верхняя граница волос
12. Нижняя граница волос
13. Обвод лица
14. Темнота волос
15. Наклон штриховки волос
16. Нос
17. Размер рта
18. Изгиб рта

Сложность заключается в правильном сопоставлении исследуемых переменных с частями лица. При ошибке важные закономерности могут остаться незамеченными.

Флури в [3] приводит пример удачного анализа с помощью лиц. Он проанализировал 100 реальных и 100 поддельных банкнот по параметрам размера границ, отступов и диагоналей (рис.1).

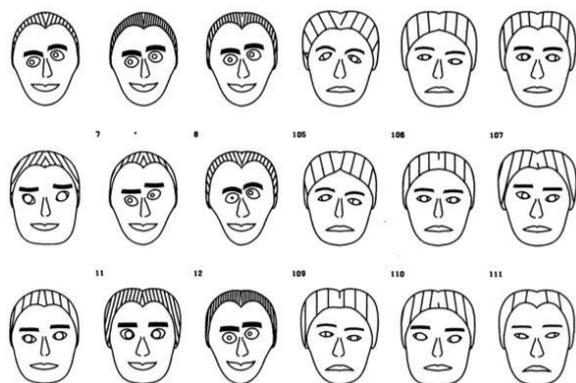


Рис. 1 Анализ банкнот при помощи метода «лица Чернова»

Поддельные банкноты четко выделились в отдельную группу.

В последнее время появились работы по использованию асимметрии в «Лицах Чернова» для оценки динамики состояния многомерных объектов. В [3] рассматривается применение данного подхода для сравнения состояния пациентов до и после лечения (рис.2). Левая сторона лица построена по значениям параметров «до лечения», а правая — «после лечения».

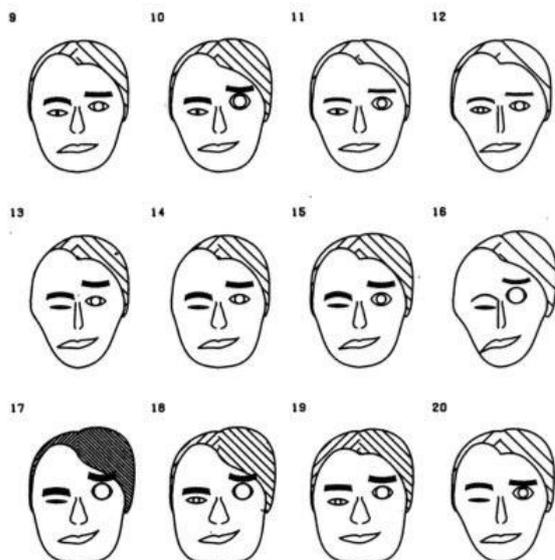


Рис.2 Анализ состояния пациентов при помощи метода «лица Чернова»

Пиктографики применяются, как правило, в двух случаях: 1) когда нужно выявить характерные зависимости или группы наблюдений и 2) когда необходимо исследовать предположительно сложные взаимосвязи между несколькими переменными. В первом случае пиктографики используются для классификации наблюдений аналогично кластерному анализу.

Предположим, было проведено анкетирование артистов с целью изучения их личных качеств. Пиктографики помогут определить, существуют ли естественные группы артистов, отличающиеся определенными закономерностями полученных баллов за ответы на различные вопросы. Например, может оказаться, что некоторые артисты — чрезвычайно творческие личности, при этом они недисциплинированы и независимы, в то время как представители второй группы хорошо образованы, дисциплинированы и уделяют большое внимание успеху у публики.

Второй тип применений — исследование связей между несколькими переменными — больше напоминает факторный анализ, то есть его можно использовать при исследовании вопроса о зависимости переменных.

Пиктографики «Лица Чернова» были использованы авторами в задачах анализа социально-психологических и медицинских данных. Полученные результаты представлены в докладе.

Заключение

Заметим, что метод «Лиц Чернова» довольно сложен, а его использование требует проведения большого числа экспериментов по сопоставлению черт лица с исходными данными. Вместе с тем, он является одним из наиболее эффективных методов когнитивной графики при выявлении скрытых закономерностей в разнотипных данных.

Литература

1. Интернет – университет информационных технологий [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department>, свободный.
2. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика / ред. Поспелов Д.А.. — М: Наука, 1991. — С. 192.
3. Graphical Representation of Multivariate Data by Means of Asymmetrical Faces (by Bernard Flury and Hans Riedwyl) [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.jstor.org/pss/2287565>, свободный
4. Учебник по STATISTICA [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.hr-portal.ru/statistica/gl8/gl8.php>, свободный.

ОБРАБОТКА ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ МЕТОДАМИ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

Каскарган К.Е., Марченко В.В.
Томский политехнический университет,
kaskarsonic@mail.ru

Одним из основных методов анализа деятельности мозга является изучение биоэлектрической активности различных структур, сопоставление записей, одновременно отводимых от различных участков мозга, как в случае спонтанной активности этих структур, так и в случае электрических реакций на кратковременные одиночные и ритмические афферентные стимулы.

Метод вызванных потенциалов давно является одним из ведущих в экспериментальной нейрофизиологии; с помощью этого метода получены убедительные данные, раскрывающие сущность ряда важнейших механизмов мозга. Регистрация вызванных потенциалов мозга является объективным и неинвазивным методом тестирования функций ЦНС человека.[1]

Математические методы анализа ЭЭГ являются наиболее результативными и объективными по сравнению с визуальными. Одним из таких методов является корреляционный анализ, который позволяет судить о параметрах периодичности процессов и степени связи между ними.

Метод корреляционного анализа сводится к вычислению авто- и кросскорреляционных функции двух ЭЭГ, одновременно отводимых от разных точек поверхности головы пациента. Использование автокорреляционной функции позволяет находить числовые величины, характеризующие гармонические колебания в случайном процессе:

1. средняя частота (средний период);
2. периодичность процесса - коэффициент отношения мощности периодической (квазипериодической) составляющей к мощности случайной составляющей;
3. устойчивость периодики - время затухания автокорреляционной функции.

Средний период колебаний на коррелограмме определяется путем подсчета времени задержки между вершинами волн и определения среднего значения. Эту величину также можно представить в виде средней частоты колебаний.

$$T_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N},$$

где N – количество вершин волн;

t_i – время задержки между соседними волнами.

Коэффициент периодичности процесса определяется следующим образом:

1. вычисляется средняя величина амплитуды колебания:

$$A_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N}$$

2. определяется половина от этой средней амплитуды, которая представляется как средняя амплитуда периодической составляющей на данной коррелограмме:

$$A_{П} = \frac{A_{CP}}{2}$$

3. определяется разница между максимальным значением автокорреляционной функции (оно определяется при нулевом значении времени $\tau=0$) и средним значением амплитуды периодической составляющей, - эта разница отражает амплитуду случайной составляющей:

$$A_C = A\Phi(0) - A_{П}$$

4. вычисляется отношение средней амплитуды периодической составляющей к амплитуде случайной составляющей. Эта количественная величина характеризует выраженность периодики на данной ЭЭГ:

$$K_{П} = \frac{A_{П}}{A_C}$$

Не менее важна при анализе ЭЭГ и кросскорреляционная функция. Она позволяет определить такие показатели, как степень связности, корреляции ЭЭГ двух разных точек мозга, выделить периодические составляющие, общие для обеих ЭЭГ, четко идентифицировать наличие амплитудной или частотной асимметрии левого и правого полушария.

При кросскорреляционном анализе ЭЭГ используются следующие параметры:

1. степень кросскорреляционной связи - отношение максимального значения кросскорреляционной функции к величине максимума автокорреляционной функции каждого из исследуемых процессов при $\tau = 0$);
2. временной сдвиг максимума кросскорреляционной функции, характеризующий временные отношения двух процессов.[2]

С помощью вышеперечисленных параметров можно получить количественную оценку сигналов ЭЭГ.

Рассматриваемый в данной статье метод был применен для обработки вызванных потенциалов

ЭЭГ группы детей и подростков обоего пола в возрасте от 7 до 15 лет численностью 36 человек, набранной в Томском НИИ Курортологии и физиотерапии. Состояние детей оценивалось при поступлении ребенка на лечение и по окончании курса реабилитации. Для исследований пациенты были поделены на две группы в соответствии с диагнозом: ожирение (19 человек), аутоиммунный тиреоидит (АИТ, 17 человек).

Для анализа выбирался сигнал вызванного потенциала ЭЭГ с височно-теменного отведения, не содержащий артефактов. После подсчета вышеуказанных параметров построены доверительные интервалы для каждой группы больных. Для наглядности построены графики:

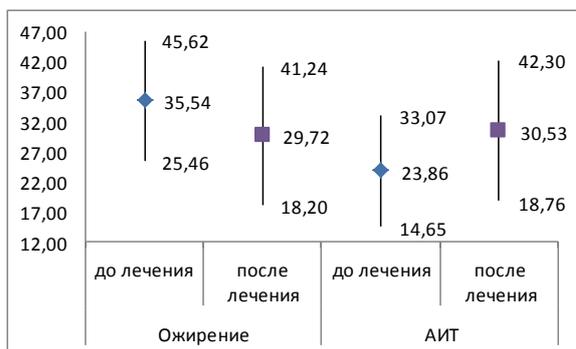


Рис. 1. Устойчивость периодики(левое отв.)

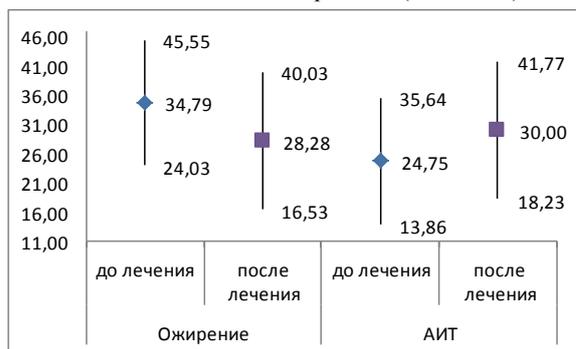


Рис. 2. Устойчивость периодики(правое отв.)

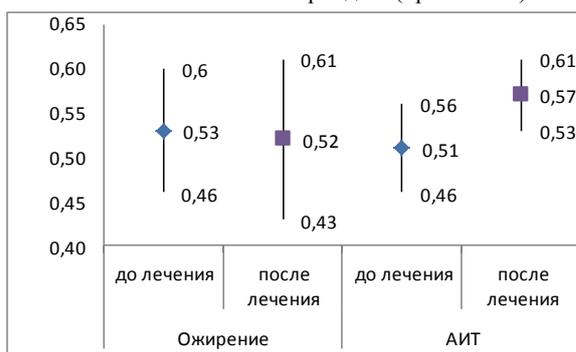


Рис. 3. Степень кросскорреляционной связи

Из графиков хорошо видны различия между параметрами больных как из разных групп, так и

внутри групп до и после лечения. Причем визуальная разница проявляется как в величине средних значений, так и в размере доверительных интервалов, что говорит о действии лечения.

Используя критерий Вилкоксона [3] выявлены значимые (0.05%) различия между группами больных. Результаты занесены в таблицу, символ «●» показывает значимые различия параметра внутри группы до и после лечения; «▲» - значимые различия параметра между группами до лечения; «■» - значимые различия параметра между группами после лечения; пустая ячейка – отсутствие значимых различий.

Таблица 1. Значимость различий между параметрами ЭЭГ

Параметр	Ожирение	АИТ
Средняя частота периодических колебаний (лев)		
Средняя частота периодических колебаний (прав)		
Коэффициент периодичности процесса (лев)		
Коэффициент периодичности процесса (прав)	▲	▲■
Устойчивость периодики (лев)	▲	▲
Устойчивость периодики (прав)		
Временной сдвиг максимума кросскорреляционной функции	●	
Степень кросскорреляционной связи	■	●■

Из таблицы видно, что самыми информативными параметрами являются: коэффициент периодичности процесса и степень кросскорреляционной связи.

В заключении следует отметить, что в ходе исследований была продемонстрирована возможность количественной оценки ЭЭГ корреляционными методами. Предложенный подход позволяет врачу доказательно судить об изменениях в состоянии здоровья пациента, основываясь на результатах математического анализа.

Литература

1. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. Таганрог: ТРТУ, 1997.
2. Сахаров В.Л., Андреев А.С. Методы математической обработки электроэнцефалограмм: Учебное пособие.– Таганрог: “Антон”.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. Изд. 7-е, стер. – М.: Высш. шк., 2000

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

*Нгуен С. Х, Берестнева О. Г.
Томский политехнический университет
xuanhung@sibmail.com*

Введение

Среди многообразных направлений международной деятельности российских университетов важное место традиционно занимает обучение иностранных студентов. По данным ЮНЕСКО, образовательные услуги по обучению иностранных граждан предоставляют 130 государств мира. Россия занимает восьмое место по количеству обучающихся иностранных граждан после США (586.000 человек), Великобритании (233.000), Германии (200.000), Франции (160.000), Австралии (157.000), Испании (124.000), Канады (100.000). Всего в настоящее время в вузах Российской Федерации обучаются около 90 000 иностранных граждан.

Проблемы обучения иностранных студентов изучают во всём мире, однако подходы зарубежных и российских исследователей заметно отличаются. На сегодняшний день в Национальном исследовательском Томском политехническом университете учатся студенты из более 30 стран мира, поэтому проблема оценки качества обучения иностранных студентов актуальна и для НИ ТПУ.

Концепция качества образования

Процесс образовательной деятельности можно описать по схеме



Рис. 1. Схема процесса образования

Что же такое качество образования? Понятие «качество образования» многомерно и объективно. Под качеством образования можно понимать качественные изменения в учебном процессе и в образовательной среде, которые можно зафиксировать как улучшение их знаний, умений и ценностей (по мнению международного института планирования образования). Качество можно трактовать в категориях совершенства или соответствия целевым установкам «Качество образования выпускников – определенный уровень знаний и умений, умственного, физического и нравственного развития, которого достигли выпускники образовательного учреждения в соответствии с планируемыми целями обучения и воспитания» – по мнению В. М. Полонского.

С точки зрения системного подхода качество образовательного процесса можно представить как композицию следующих составляющих:

Качества образовательной программы;
Качества кадрового и научного потенциалов, задействованных в учебном процессе;
Качества студентов (на входе – качества абитуриентов);
Качества средств образовательного процесса: материально – технической базы, учебно – методического обеспечения, используемых учебных аудиторий и др.;

Качества образовательных технологий.

Кроме этого, на обучение иностранных студентов в России (и в НИ ТПУ) значительно влияют адаптация и уровень русского языка.

Адаптация - это неотъемлемый элемент существования всех живых систем и нередко равноценна понятию «жизнь». В самом широком и общем смысле под адаптацией понимается приспособление человека к климатогеографическим и социально-производственным условиям существования, если быть точнее - это приспособление строения, функций и социально-психологических характеристик человека. Реакция отдельных систем и органов человека на различные внешние воздействия неоднозначны, но в совокупности они составляют единый механизм адаптации. Адаптация организма человека к различного рода психологическим, социальным и климатическим факторам являет собой диалектически противоположный процесс приспособления к комплексному воздействию. Приспособление человека в этом плане есть приспособление человека, как биологической структуры и человека, как представителя социальной среды. Можно выделить следующие виды адаптации:

Профессиональная адаптация.

Психофизиологическая адаптация.

Социально-психологическая адаптация.

Санитарно-гигиеническая адаптация. и т.д.

Все эти виды адаптации влияют на способность воспринимать знание иностранных студентов, т.е. на качество обучения.

Для решения задачи «оценка качества обучения» мы оценим каждый из вышесказанных показателей. Модель оценки качества обучения имеет следующий вид.



Рис. 2. Модель оценки качества обучения

Реализация модели

Для реализации этого модели была выбрана Система управлений базами данных (СУБД) Microsoft Access.

СУБД (Система управления базами данных) – комплекс программных средств, предназначенных для создания баз данных, хранения и поиска в них необходимой информации.

Microsoft Access является настольной СУБД реляционного типа, которая имеет все необходимые средства для выполнения перечисленных выше функций. Достоинством Access является то, что она имеет очень простой графический интерфейс, который позволяет не только создавать собственную базу данных, но и разрабатывать простые и сложные приложения.

В этом модели, каждая таблица содержит некоторую информацию. Например, таблица «Студент» содержит информацию студентов (фамилия, имя, отчество, гражданство). Эти таблицы связываются друг с другом.

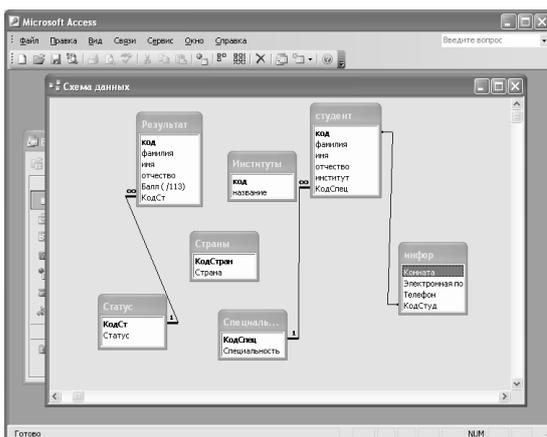


Рис. 3. Связь между таблицами

код	фамилия	имя	отчество	институт	КодСпец
1	Нгуен	Суан	Хуанг	ИК	
	Комната	Электронная почта	Телефон		
	64В	thichthizo_nxh@yahoo.com	8(952) 887-7623		
3	Нгуен	Ван	Нган	ИК	
	Комната	Электронная почта	Телефон		
	86Г				
4	Нгуен	Бао	Хынг	ИК	
5	Нгуен	Ван	Чунг	ИК	
6	Нгуен	Ван	Фан	ИТР	

Рис. 4. Таблица «Студент»

Данные получают с помощью анкет по разным темам для студентов. Пример, анкета с утверждениями:

- | |
|---|
| 1. Учебники слишком трудные. |
| 2. Сложный способ объяснения материала. |
| 3. На уроке не хватает объяснений. |
| 4. В учебниках мало простых текстов. |
| 5. ... |

Если на эти утверждения получается много ответов «Да», то это значит качество средств образовательного процесса (материалы, учебники.) или качество образовательной программы не очень хорошее. На основе полученных результатов определяются показатели для оценки качества обучения.

Заключение

В рамках работы была выяснена актуальность оценки качества обучения иностранных студентов и в России и в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, определены показатели качества обучения иностранных студентов, также построен модель для оценки качества обучения и ход реализации этого модели с помощью системы управлений базами данных Microsoft Access.

Литература

1. Берестнева О.Г. Качество обучения в техническом университете: методы оценки и результаты исследований.- Томск, 2004. – 192 с.
2. Керри Н. Праг, Майкл Р. Ирвин. Access 2002. Библия пользователя. : Пер. с англ. – М. : издательский дом «Вильямс», 2003. – 1216 с. : ил. – Парал. тит. англ.
3. Лаврентьев Г.В., Лаврентьева Н.Б., Неудахина Н.А.. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов. Изд. Алтайского государственного университета. – Барнаул, 2002.
4. Берестнева О.Г., Муратова Е.А., Уразаев А.М. Компьютерный анализ данных.- Томск, 2003. - 204с.

УЧЕТ УКЛОНА В АЛГОРИТМЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ РОТЕРМЕЛА И КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

М.А. Солодовниченко
Томский политехнический университет
maniak_dobrii@list.ru

Введение

Ежегодно в зависимости от погодных условий в Российской Федерации возникает от 10 до 40 тыс. лесных пожаров на площади от нескольких сот до 10 миллионов гектаров. Только в субъектах Сибирского федерального округа лесные пожары ежегодно угрожают примерно 4 тыс. населенных пунктов, в которых проживают более 2 млн. человек, насчитывается более 600 тыс. жилых построек [1]. Существует острая необходимость работы противопожарных служб, контроля над соблюдением пожарной техники безопасности.

В результате анализа литературы предложен алгоритм для моделирования поведения распространения лесного пожара с применением вероятностного правила КА и основных формул модели Ротермела с учетом степени горючести горючего материала, скорости ветра, направления ветра, уклона поверхности и влажности воздуха.

Алгоритм распространения лесного пожара

Область ландшафта, на которой необходимо произвести моделирование разбивается прямоугольной сеткой на $R_n \times C_n$ (R_n по ширине и C_n по высоте) равных квадратных блоков и создаются матрицы $R_n \times C_n$, содержащие значения, соответствующие этим блокам. Каждый блок характеризуется парой чисел (x, y) , x – номер столбца, самый левый 0, принимает значения от 0 до $R_n - 1$; y – номер строки, принимает значения от 0 до $C_n - 1$, самая верхняя – 0.

Для каждого такого блока, необходимо предоставить значения уклона поверхности. Буду считать, что имеются данные о высоте поверхности в узлах сетки, разделяющей поверхность на блоки. Значения указаны в метрах, точка отсчета высоты не важна. Необходимо учитывать длину ребра блока a_{block} , выраженного в тех же единицах, что и высота поверхности. Предполагается формировать матрицу высоты M_{rawh} размерности $R_n \times C_n$, элементами которой будут является массивы, содержащие значения высоты поверхности в вершинах блока $h_{00}^{x,y} \dots h_{11}^{x,y}$.

Необходимо составить две матрицы размерности $R_n \times C_n$, каждая ячейка которых будет соответствовать блоку ландшафта:

1. матрицу максимального уклона M_{as} значения элементов матрицы вычисляются по формуле:

$$M_{as}(x, y) = \frac{\max(h_{00}^{x,y} \dots h_{11}^{x,y}) - \min(h_{00}^{x,y} \dots h_{11}^{x,y})}{a_{block}}$$

2. матрицу средней высоты M_{ah} значения элементов матрицы вычисляются по формуле:

$$M_{ah}(x, y) = \frac{h_{00}^{x,y} + h_{01}^{x,y} + h_{10}^{x,y} + h_{11}^{x,y}}{4}$$

Также необходимы следующие входные данные:

1. H , влажность воздуха в процентах
2. φ_w , плоский горизонтальный угол направления ветра в градусах, на Север 0°
3. v , скорость ветра в м/с
4. Матрица горючести горючего материала M_{I_b} размерности $R_n \times C_n$. Предполагается, что данные о горючести горючего материала предварительно рассчитаны и выражены в единицах кВт/м. Подробное описание можно найти в [3, 2].
5. I_{b0} , порог возгораемости, ячейки со значением горючести горючего материала $I_b \geq I_{b0}$ способны гореть, остальные – не способны.
6. I_{bmax} , значение выбирается экспериментально, важно чтобы ни одно из значений M_{I_b} не было больше I_{bmax} .

Принцип моделирования заключается в использовании при формировании правил функционирования КА вероятности распространения пожара. Представим область моделирования в виде квадратной матрицы $I(R_n - \text{число строк}, C_n - \text{число столбцов})$, значением элементов которой будет целое число. Каждый КА можно определить как $M_{KA} = [c_{ij}]$, порядка d . Каждый КА формируется из матрицы I наложением на неё скользящего окна [3] такой же размерности, как и у M_{KA} . Определим 3 состояния ячейки:

1. «Не горит», в матрице I определяется числом 1.
2. «Горит», в это состояние из состояния 1 ячейка переходит в случае превышения вероятности $P_{рез}$ над расчетной. Если $I(x, y) \geq 20$, то считается, что ячейка в состоянии «Горит», это значение интерпретируется как расчетное время выгорания ячейки, увеличенное на 20 ($t_{burn} + 20$). Диапазон $I(x, y)$ [0, 3..19] зарезервирован для использования в будущем.
3. «Выгорела», в это состояние из состояния 2 ячейка переходит по истечении расчетного времени горения горючего материала, к которому принадлежит ячейка. В матрице I определяется числом 2.

Таким образом, для всех ячеек в состоянии «Не горит» (если $M_{I_b}(x, y) \geq I_{b0}$) вычисляется вероятность распространения пожара, обозначаемая как $P_{рез}$.

Результирующую вероятность перехода центрального элемента КА, учитывающую степень горючести горючего материала, скорость ветра, направление ветра, уклон поверхности и влажность воздуха на основе модели Ротермела предлагается определить как

$$P_{рез} \sim P(I_b, Q) + P_h(H), \text{ где}$$

$P_{рез}$ – вероятность центрального элемента клеточного автомата перейти в состояние «горит», $P_{рез} \in [0..1]$.

$P(I_b, Q)$ – вероятность распространения пожара в зависимости от коэффициента Q , зависящего в свою очередь от значения уклона, соответствующего центральному элементу КА, количества «горящих» ячеек и ветра в рассматриваемом «окне» а также от горючести горючего материала I_b .

$P_h(H)$ – вероятность распространения пожара с учетом влажности H воздуха, вычисляется по формуле (2).

В случае если некоторый класс имеет значение горючести I_b больше пороговой величины I_{b0} (выбирается согласно модели Ротермела, но для упрощения выбрано среднее значение $I_{b0} = 45$ кВт/м), ячейка принадлежащая такому классу может быть переведена в состояние отличное от состояния «Не горит».

Вероятность распространения может быть найдена как:

$$P(I_b, Q) = \frac{Q \times (1 + \frac{I_b}{I_{bmax}})}{d^2},$$

I_{bmax} в данном случае принято значение 200 (кВт/м) т.к. в частных случаях $I_b < I_{b0}$ и $Q = 0$, тогда $P(I_b, Q)$ принимает значение 0, т.е. распространение пожара невозможно.

В зависимости от скорости ветра, направления ветра и особенности рельефа, соответствующего данной ячейке, Q предлагается вычислять так:

$$Q = \sum_{i,j=0}^{2d} a_{ij} (1 + K_{cil} K_{ij}^{dir} + k_s \times \sin \varphi_{i,j}),$$

$$\varphi_{i,j} = \text{atan} \left(\frac{M_{ah}(x,y) - M_{ah}(i,j)}{a_{block}} \right), \quad (1)$$

где K_{cil} вычисляется по формуле $K_{cil} = v/v_{max}$, v_{max} в данном случае принята 15(м/с) – максимальная возможная скорость ветра; a_{ij} – принимает значение 1, если ячейка в состоянии «горит», иначе («не горит» или «выгорела») значение 0; K_{ij}^{dir} – коэффициент влияния направления ветра. k_s – коэффициент влияния уклона, принят равным 1.0, $\sin \varphi_{i,j}$ – синус угла уклона, соответствующего текущей, относительно каждой окружающей ячейки. Угол $\varphi_{i,j}$ предлагается вычислять по формуле (1).

Согласно модели Ротермела, скорость распространения пожара выше в сторону увеличения уклона(подъем) и ниже в сторону его уменьшения(спуск) [2], поэтому, чтобы внести в уравнение коэффициента Q , от которого зависит вероятность $P(I_b, Q)$, и $P_{рез}$ меру влияния угла уклона $\varphi_{i,j}$, была выбрана тригонометрическая функция синус(sin), для которой при $x \in (-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$, $\sin(x) \in (-1,1)$. Чтобы обеспечить гибкость

настройки модели был введен коэффициент влияния уклона k_s .

Таким образом, особенность рельефа уклон поверхности влияет на горючесть горючего материала I_b и на поведение распространения пожара, влияя на коэффициент Q , от которого зависит вероятность $P(I_b, Q)$, и $P_{рез}$. Большой угол уклона при других равных параметрах соответствует большему значению вероятности $P_{рез}$ и наоборот. Чем выше вероятность $P_{рез}$, тем вероятнее ячейка, для которой рассчитано данное значение вероятности, из состояния «не горит» перейдет в состояние «горит».

Параметры и правила построения матрицы направления ветра K_{ij}^{dir} описаны в [3].

Вероятность возникновения пожара в зависимости от значения влажности предлагается учитывать для простоты по формуле:

$$P_h(H) = \frac{10}{H}, \quad (2)$$

где H – влажность воздуха (в процентах) от 10 до 100.

Особенности смены состояния ячеек и критерий останова описаны в [3].

Заключение

Предложенный алгоритм не требует специфического способа задания особенностей рельефа, что упрощает сбор входных данных для модели. Использование КА удобно для реализации на ЭВМ, существует возможность распараллелить вычисления для наилучшего использования вычислительных ресурсов. Так как в модели Ротермела учитывается рельеф поверхности, необходимо разработать способ визуализации геоинформационных данных. Для этого будет использоваться 3D рендеринг и, возможно, техника переменной детализации для уменьшения требований к аппаратному обеспечению. В дальнейшем планируется реализация предложенного алгоритма, модификация применяемой модели, внедрение сценариев изменения параметров среды и горючего материала, применение генетического алгоритма для увеличения точности результата моделирования.

Литература

1. Доррер Г.А., Якимов С.П., Васильев С.А., Прогнозирование параметров распространения лесных пожаров в условиях неполноты информации // Центр НИОКР Сибирского филиала Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России, г.Красноярск. URL: http://science-bsea.narod.ru/2009/les_komp_2009/dorrrer_prognoz.htm
2. Rothermel, R. C. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Res. Pap. INT-115. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 40 p.
3. Солодовниченко М.А. 2011, Алгоритм распространения лесного пожара с учетом уклона, Томский политехнический университет

ПРОГНОЗ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД В МЕЖСКВАЖИННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

А.И. Черникова, Д.Ю. Степанов
Томский политехнический университет
cheran@tpu.ru

Среди современных актуальных задач сейсморазведки выделяют задачу прогноза фильтрационно-емкостных свойств геологической среды (ФЕС). Фильтрационно-емкостные свойства, иначе коллекторские свойства среды, это способность геологической среды пропускать через себя жидкие и газообразные флюиды и аккумулировать их в пустотном пространстве. Обычно ФЕС характеризуют тремя параметрами: проницаемостью, пористостью и трещиноватостью пород.

Пористостью называется общий объем всех пустот в породе. Количественно пористость описывает коэффициент пористости, равный отношению объема пор ко всему объему породы

$$k_n = \frac{V_{пор}}{V_{породы}} \cdot 100\%.$$

Проницаемостью называют способность пород пропускать флюиды. Подобно пористости проницаемость количественно выражается коэффициентом проницаемости, за единицу которого принимается проницаемость такой пористой среды, при фильтрации через образец которой площадью 1 м^2 , длиной 1 м в перепаде давления $0,1 \text{ МПа}$ расход жидкости вязкостью $1 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ составляет $1 \text{ м}^3/\text{с}$ [1].

Очевидно, чем выше пористость и проницаемость геологической среды, тем вероятней наличие залежи в ней, и, напротив, мелкодисперсная непроницаемая среда не может вмещать флюиды. Именно коллекторские свойства среды дают возможность выделить наиболее перспективные для эксплуатации зоны.

Наиболее точный прогноз ФЕС получается при исследовании керна, взятого из скважин. При таком методе исследования есть возможность исследовать непосредственно образец среды и оценить его пористость и проницаемость. Очевидно, геологические исследования скважин (ГИС) наиболее предпочтительный метод прогноза коллекторских свойств. Но у этого метода есть ряд недостатков. Во-первых, данный метод предполагает бурение скважин, что стоит немалых денег. Во-вторых, этот метод дает точные значения лишь в уже пробуренных скважинах, а вопрос о коллекторских свойствах межскважинного пространства остается открытым.

Существуют инверсионные методы прогноза ФЕС, которые основаны на анализе амплитуд сейсмического поля [2]. Недостатком этих методов является неустойчивость - методы хорошо работают лишь с идеальными сигналами без помех.

Другой путь прогноза ФЕС предлагается проводить, опираясь на анализ энергии сейсмического поля. Для решения задачи прогноза предложено использовать свойство монолитных сплошных участков среды обеспечивать сейсмическую прозрачность для распространения упругих волн. При этом зоны диффузной кавернозности и трещиноватости создают противоположный эффект, формируя в сейсмическом поле зону с рассеянной энергией. Фактически это означает многофазность, интерференционность и прерывистость осей синфазности волновой картины [3]. Таким образом, неоднородная среда, способная вмещать флюиды, должна характеризоваться большим разбросом значений энергии в соответствующем ей участке волнового поля.

Ранее показано, что строить прогностическую модель ФЕС по результатам основной обработки данных наземной сейсморазведки невозможно из-за высокого уровня помех. Необходимо предварительно применять процедуры специальной обработки. В первую очередь, сейсмическую запись необходимо очистить от регулярных помех (рефрагированных, поверхностных и других типов волн). Для этого применяют процедуры веерной фильтрации. Далее применялись процедура спектральной балансировки поля амплитуд и процедура дифференцирования, чтобы повысить разрешение волновой картины. После применения всех выше перечисленных способов обработки сейсмическое поле стало пригодно для прогнозирования коллекторских свойств тонкослоистого геологического разреза. Далее рассчитывалась энергия и оценка дисперсии энергии в скользящих окнах.

Очевидно, что энергетические параметры волнового поля носят относительный характер. Их взаимосвязь с ФЕС можно установить, исследовав статистическую зависимость на основе данных ГИС.

Математическая постановка задачи исследования связи дисперсии энергии и ФЕС поставим следующим образом. Волновое поле, зарегистрированное методом 3D МОГТ, можно представить функцией двух координат и времени - $A(x, y, t)$. Расчет дисперсии энергии тоже есть функция координат и времени: $D(x, y, t) = F\{A(x, y, t)\}$. Пусть на исследуемом участке задано множество скважин $\{W_i\}_{i=1}^N$ следующими параметрами $W_i = (x_i, y_i, k_{np}^i(t), k_n^i(t))$, где (x_i, y_i) -

координаты устья скважины; $k_{np}^i(t)$ и $k_n^i(t)$ - коэффициенты проницаемости и пористости, соответственно. Скважины предполагаются вертикальными.

Далее будем анализировать связь дисперсии энергии и ФЕС в точках определения скважин и в некотором горизонтальном срезе, т.е. в фиксированный момент времени $t = t_j$. Зададим набор исследуемых величин как $\{d_{ij}\}, \{k_{np}^{ij}\}, \{k_n^{ij}\}$, где $d_{ij} = D(x_i, y_i, t_j)$, $k_{np}^{ij} = k_{np}^i(t_j)$, $k_n^{ij} = k_n^i(t_j)$.

Для исследований использовались материалы 3D МОГТ площадью более 25 км² и результаты ГИС, проведенные в 27 скважинах, одного из месторождений углеводородов Томской области.

Первоначально проводился регрессионный анализ, в основе которого лежит предположение о линейной зависимости величин: $k_{np} = a_{np} + b_{np} d$, $k_n = a_n + b_n d$. Анализ множества срезов показал некорректность использования регрессионной модели (пример на рис.1). Очевидно, что в данном эксперименте среда обладает существенной неоднородностью и связь дисперсии энергии и ФЕС не может быть выражена простыми линейными соотношениями. Такой подход может быть оправдан только для небольших участков, внутри которых может быть принята гипотеза об однородности среды.

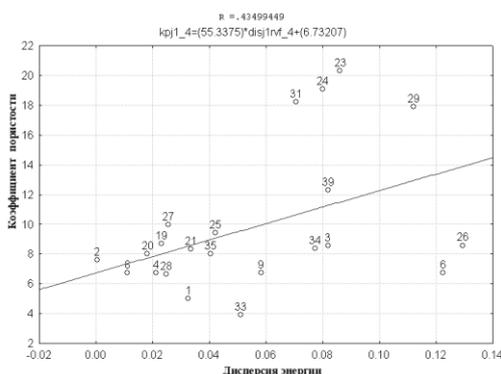


Рис.1 Результат построения регрессионной модели на реальных материалах.

Не пренебрегая возможной линейной связью, примем модель зависимости ФЕС от дисперсии энергии в срезе ($t = t_j$) в виде:

$$\begin{aligned} k_{np}(x, y) &= b_{np}(x, y) \cdot D(x, y), \\ k_n(x, y) &= b_n(x, y) \cdot D(x, y), \end{aligned}$$

где $b(x, y)$ - коэффициенты пропорциональности, на которые наложим условие совпадения параметров ФЕС с соответствующими заданными параметрами в скважинах:

$$k_{np}(x_i, y_i) = k_{np}^{ij} \text{ и } k_n(x_i, y_i) = k_n^{ij}, \quad \forall i, \text{ иначе } b_{np}(x_i, y_i) = k_{np}^{ij} / d_{ij}, \quad b_n(x_i, y_i) = k_n^{ij} / d_{ij}.$$

Определение коэффициента пропорциональности $b(x, y)$ в точках, не определенных параметрами скважин – задача аппроксимации функции двух переменных, заданной своими значениями на неравномерной сетке. Задача аппроксимации в такой постановке может быть решена одним из известных численных методов (МНК, Kriging, Сплайн-интерполяция и т.п.).

Предложенная методика реализована на ЭВМ с использованием современных программных продуктов:

- программный комплекс Coscad 3D, предназначенный для обработки 3D сейсмической информации, осуществлял расчет дисперсии.
- пакет построения и анализа поверхностных карт GoldenWareSurfer. Использовался при определении коэффициентов пропорциональности и расчете срезов кубов пористости и проницаемости.

В результате моделирования были получены кубы пористости, проницаемости, которые далее были использованы при прогнозировании нефтегазоносности. На рис.2 приведено сечение результирующего куба пористости:

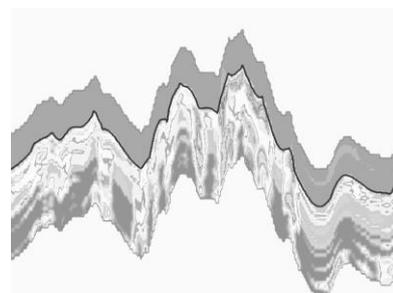


Рис.2 Сечение куба пористости.

Таким образом, разработана, реализована и апробирована методика прогнозирования ФЕС геологических сред, использующая дополнительные признаки для построения более точной модели распределения параметров среды в межскважинном пространстве.

Литература

1. Физика нефтяного и газового пласта: учебник / Ш. К. Гиматулинов. - 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Недра, 1971. — 309 с.
2. Основы трехмерной сейсморазведки : учебное пособие / А. К. Урупов. — М. : Нефть и газ, 2004. — 584 с.
3. Левянт В.Б., Антоненко М.Н., Антонова И.Ю. Исследование метода численного моделирования сейсмического поля, обусловленного рассеиванием на зонах диффузнойкавернозности и трещиноватости. Геофизика №2, 2004, с 8-20.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТЕКТОРА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОРОДЕ В ПАКЕТЕ COMSOL MULTIPHYSIC

Нгуен Ван Нган, Огородников .А.С
Томский политехнический университет
daibangxanh23706@gmail.com

Введение

Нефть и природный газ являются одними из основных полезных ископаемых, которые необходимы для жизни человека. Значение нефтегазовой отрасли в народном хозяйстве страны огромно. Практически все отрасли промышленности, сельское хозяйство, транспорт, медицина и просто население страны на современном уровне развития потребляют нефть, природный газ и нефтепродукты. При этом, потребление их внутри страны из года в год возрастает.

Бурное развитие ядерной физики, которым знаменуется начало и середина 20 века, привело к появлению новых сложных установок, позволяющих определять состав различных пород. В основу создания подобных установок положены методы нейтронно – активационного анализа.

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

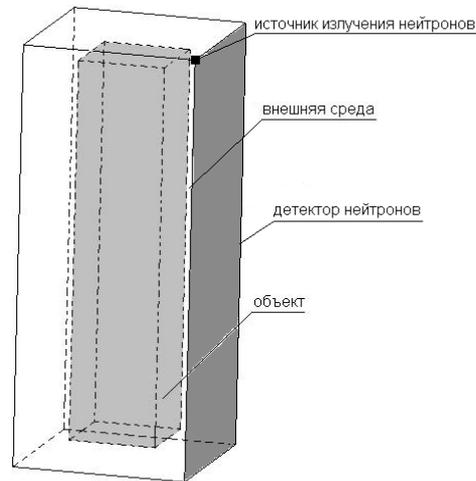


Рис. 1. Упрощенная схема детектора предметов

Модель состоит из источника излучения нейтронов, детектора, окружающей среды и двух параллелепипедов, один внешний и один внутренний. Источник излучения нейтронов из изотопических веществ плутониево – бериллиевый Pu-Be находится во внешней среде. Окружающая среда представляет собой в многогрупповом приближении. Детектор нейтронов занимает область одной грани внешнего параллелепипеда. Внешний параллелепипед высотой 200 см, длиной и шириной 100 см, а внутренний – 160 – 80 – 80 см.

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

Среда I

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

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

.....

$$D_{10}^I \nabla^2 \Phi_{10}^I - \Sigma_{a10}^I \Phi_{10}^I + \Sigma_{s9}^I \Phi_9^I = 0$$

Среда II

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

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

.....

$$D_{10}^{II} \nabla^2 \Phi_{10}^{II} - \Sigma_{a10}^{II} \Phi_{10}^{II} + \Sigma_{s9}^{II} \Phi_9^{II} = 0$$

где D_j^I, D_j^{II} - коэффициенты диффузии [см];
 ∇^2 - оператор Набла [см⁻²]; Φ_n^I, Φ_n^{II} -

плотности нейтронного потока $\left[\frac{n}{\text{см}^2 \text{с}} \right]$; Σ_{aj}, Σ_{sj} - полное сечение поглощения, полное сечение рассеяния $[\text{см}^{-1}]$; $Q\delta(x, y, z, E)$ - источник излучения $\left[\frac{n}{\text{см}^3 \text{с}} \right]$.

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 σ – сечение [барн] = 10^{-24}см^2 , $\Sigma_t(E)$ - полное поперечное сечение $[\text{см}^{-1}]$, $\Sigma_a(E)$ - полное сечение поглощения $[\text{см}^{-1}]$, $\Sigma_s(E)$ - полное сечение рассеяния $[\text{см}^{-1}]$, N – число атомов в 1см^3 [атом/см³], ρ – плотность вещества [г/см³], 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], Σ_{tr} – транспортное сечение $[\text{см}^{-1}]$, $\overline{\cos \mathcal{G}_0}$ - средний косинус угла рассеяния.

$$D = \frac{1}{3\Sigma_a};$$

Т.к. $\Sigma_{tr} = 0$, то

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

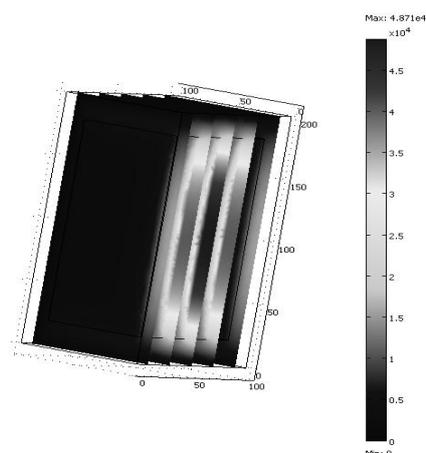


Рис. 2. Распределение плотности нейтронного потока

Получены плотности нейтронных потоков по 10 группам энергий нейтронов в различных областях пространства, в том числе и на поверхности детектора.

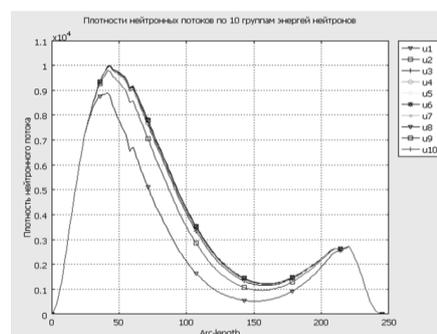


Рис. 3. Плотности нейтронных потоков по 10 группам энергий нейтронов

Созданная имитационная модель в последующем будет использована 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/>

МОДЕЛИРОВАНИЕ GPS СИГНАЛА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Е.В. Третьякова, Е.Ю. Лобода
Юго-западный государственный университет
r3w-151@sporadic.ru

Введение

Данная работа выполняется в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы

Целью данной работы является моделирование GPS сигнала для разработки системы навигации малых космических аппаратов.

Для определения характеристик приемников используется набор испытательных тестов, в которых, к примеру, измеряется скорость установления своего местоположения приемником после включения, потребленная при этом мощность и точность вычисления позиции. Особую важность задача тестирования приобретает при испытаниях навигационного оборудования в производственной среде.

На стадии разработки навигационного оборудования малых космических аппаратов, использование реального цифрового сигнала со спутников является не рациональным решением. Главной причиной этого является сложность, а зачастую и невозможность отслеживания характеристик всех принимаемых сигналов.

Для выполнения этой задачи необходимо имитировать генерацию высокочастотного сигнала, т.е. моделировать спутниковые сигналы. Простым решением этой задачи является программная симуляция тестового сигнала[2].

Общее описание модели

Разработанная модель может быть довольно просто изменена под ГЛОНАС, но по причине неполной работы этой навигационной системы в данный момент модель не используется под этот вариант.

Сигнал GPS для всех навигационных спутников имеет общие настраиваемые параметры (промежуточная частота и частота дискретизации) и индивидуальные параметры для каждого спутника:

- псевдослучайная последовательность, необходимая для генерации уникальных кодов - идентификаторов номера спутника;
- доплеровский сдвиг, связанный с траекторией движения спутника относительно приемника;
- фаза псевдослучайной последовательности, характеризующая положение этой последовательности в текущем потоке данных;
- P(Y)-код, модулирующий несущую частоту в качестве квадратурной компоненты;
- C/A-код, модулирующий несущую частоту в качестве синфазной компоненты;

- навигационные данные (информационные биты с частотой следования 50 Гц, модулирующие несущую частоту)[1].

Длинный путь распространения сигнала в совокупности с маломощным передатчиком на спутнике дает очень слабую мощность сигнала. Уровень сигнала задается отношением сигнал/шум.

Таким образом, в симуляторе должны быть заданы псевдослучайная последовательность, доплеровский сдвиг и фаза C/A-кода. P(Y)-код не влияет на алгоритмы обнаружения и сопровождения по C/A-коду, поэтому он в модели представлен в упрощенном виде как случайная последовательность биполярных импульсов с частотой 10,23 МГц.

Навигационная информация (данные) также не влияет на алгоритмы обнаружения и сопровождения сигнала, поэтому её представление также упрощено, но алгоритм её генерации при необходимости может быть модифицирован и приведен в полное соответствие спецификациям интерфейса GPS. Навигационная информация представлена в виде биполярных импульсов с частотой следования 50 Гц[3].

Симулятор сигнала GPS может быть реализован в любой среде разработки, в которой можно реализовать простой доступ к изменению параметров симуляции и возможность записи сигнала в файл, который легко интерпретируется программой обработки.

В данной работе в качестве среды разработки модели был использован программный продукт MATLAB (MathWorks) с пакетом Simulink.

В данной работе используется двухуровневое представление модели. Верхний уровень представляет собой модели спутников и формирование результирующего сигнала. На этом уровне записывается выходной файл с данными. Нижний уровень представляет собой генерацию сигналов GPS для каждого спутника.

Сигналы включают в себя пять компонент:

- C/A-код;
- навигационные данные;
- P(Y)-код;
- несущая частота;
- шум[1].

Для генерации C/A-кода в работе используются генератор опорной частоты и счетчик периода C/A-кода[2,3]. Генератор опорной частоты является первым блоком в схеме формирования GPS сигнала (Pulse generator). Он формирует прямоугольные импульсы с частотой 1023 кГц, равной чиповой скорости C/A-кода.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ГЛУБИНЕ МИШЕНИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПУЧКОМ УСКОРЕННЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

То Тху Уиэн. Огородников.А.С
Томский политехнический университет
cattrang_nbyk@yahoo.com.vn.

Введение

Взаимодействие мощных импульсных пучков заряженных частиц с твёрдым телом активно исследуется на протяжении последних трех десятилетий. Первые публикации на эту тему появились практически сразу после создания импульсных ускорителей. В них было показано, что при переходе от непрерывного к высокоинтенсивному импульсному режиму облучения происходит качественное изменение природы радиационно-стимулированных процессов. Особенно это заметно для микро – и наносекундных пучков. Данное обстоятельство помимо чисто научных задач породило значительные надежды на возможность технологического применения импульсных ускорителей заряженных частиц для модификации физико-химических свойств материалов и изделий.

Одна из наиболее важных задач в разработке радиационных технологий - прогноз изменения структурно-фазового состояния облученной поверхности. Оно зависит как от физических параметров вещества, так и от интенсивности источника излучения. В определенном диапазоне интенсивностей излучения твердое тело плавится, испаряется, в нем образуются термомеханические напряжения, усиливается миграция атомов и т.д. Применяется это явление для обработки материалов плазменно-лазерными пучками. Например: обработка поверхности стекла ионным пучком приводит к изменению его прозрачности в различном диапазоне волн облучения.

Таким образом, при облучении пучком ускоренных заряженных частиц происходит изменение физических и химических свойств материалов. С помощью облучения твердого тела пучками можно получить новые материалы, которые имеют широкое применение в жизни, в науке, в промышленности. Однако теплофизические характеристики этих материалов зависят от температуры и обратно. Поэтому определение температурного поля в области облучения твердого тела является актуальным.

Отсюда, целью данной работы является исследование пространственно-временного распределения температуры по глубине мишени в условиях облучения пучком ускоренных заряженных частиц с учетом потерь тепла на фазовый переход.

Постановка задачи

Пучки заряженных частиц высокой энергии

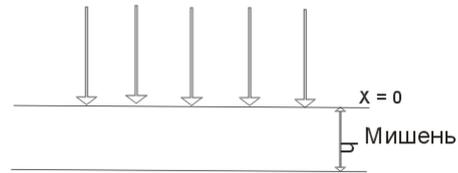


Рис. 1. Мишень при облучении пучком заряженных частиц

Распределение температурного поля в конденсированной среде при облучении потоком ускоренных заряженных частиц описывается уравнением теплопроводности:

$$\rho C_p \frac{\partial T(\vec{r}, t)}{\partial t} = \lambda \cdot \Delta T(\vec{r}, t) + W(\vec{r}, t), \quad (1)$$

где ρ – плотность среды, C_p – её теплоёмкость, $T(\vec{r}, t)$ – температура, λ – коэффициент теплопроводности, $W(\vec{r}, t)$ – функция энерговыделения.

Для проверки возможностей среды COMSOL Multiphysics упростим эту задачу: будем использовать одномерное приближение. Но введем поправку на скрытую теплоту плавления через уточнение теплоемкости, используя дельта-функцию Дирака. В этом случае уравнение (1) примет вид (2):

$$\rho [C_p + L_m \delta(T - T_m)] \frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = \lambda \cdot \frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2} + W(x, t). \quad (2)$$

Здесь L_m – скрытая теплота плавления материала мишени, T_m – температура плавления, $\delta(T - T_m)$ – дельта-функция.

Начальные и граничные условия задачи:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=h} = 0, \quad T(x, t=0) = T_0. \quad (3)$$

Тепловой источник $W(x, t)$

$$W(x, t) = \frac{1}{e} \cdot Q(x) \cdot J(t), \quad (4)$$

Где $Q(x)$ – пространственное распределение линейных потерь энергии заряженной частицы при прохождении через конденсированную среду,

$J(t)$ – временная развёртка плотности тока в пучке:

e – заряд электрона.

Таким образом, входными данными для расчета тепловых полей является распределение линейных потерь энергии по глубине мишени $Q(x)$, временная развертка плотности тока $J(t)$ и теплофизические характеристики материала мишени: плотность ρ , теплоёмкость C_p , скрытая теплота плавления L_m , температура плавления T_m и коэффициент теплопроводности λ .

Ниже на примере арсенида галлия, облучаемого мощным импульсным пучком ускоренных ионов аргона, рассмотрена процедура моделирования фазовых переходов первого рода в конденсированных средах с использованием одного из модулей программного пакета COMSOL Multiphysics.

Расчёт выполнен для начальных энергий ионов аргона 100, 300 и 500 кэВ. Развертка плотности тока для всех трёх случаев не менялась, максимальное значение J было равно 40 А/см^2 .

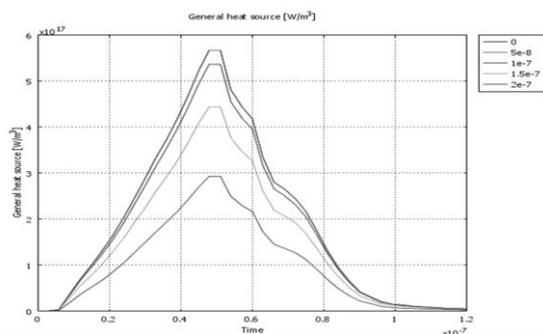


Рис.2. Функция источника энерговыделения для ионов аргона с энергией 300 кэВ и в зависимости от времени для различных значений координаты x .

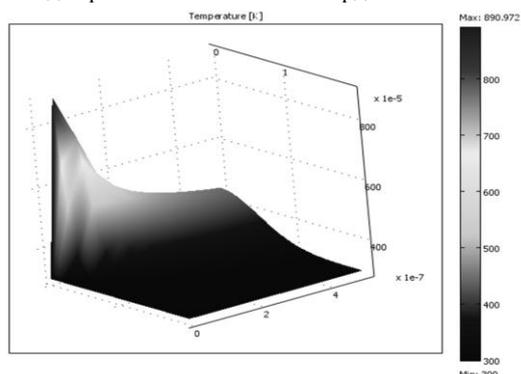


Рис. 3. Распределение температуры в арсениде галлия при облучении импульсным пучком ионов аргона с $E_0 = 100$ кэВ в течение 100 нс.

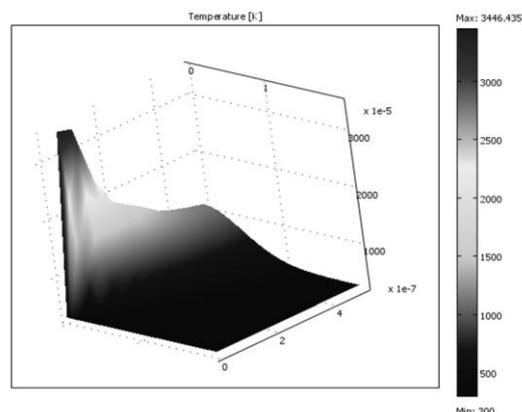


Рис. 4. Распределение температуры в арсениде галлия при облучении импульсным пучком ионов аргона с $E_0 = 500$ кэВ в течение 100 нс.

Заключение

В работе продемонстрированы возможности программного пакета COMSOL Multiphysics для моделирования фазовых переходов в твёрдых телах и вычисления пространственно-временного поля температуры с учетом потерь тепла на плавление.

Машинное время при выполнении расчетов в одномерном приближении с очень мелким временным шагом ($2e-11$ с) составило около 8 минут. Количество степеней свободы при этом было равно 961. С уменьшением на порядок шага по времени затраты для получения того же результата снизились до 7 секунд.

Литература

1. Блейхер Г.А., Кривоногов В.П., Пашенко О.В. Теплоперенос в твердом теле под действием мощных пучков заряженных частиц. – Новосибирск: Наука, 1999. – 176 с.
2. Егоров В.И. Применение ЭВМ для решения задач теплопроводности. Учебное пособие. – СПб: СПб ГУ ИТМО. – 2006. – 77 с.
3. Linhard J., Scharff M., Schiott H.E. Range concept and heavy ion range // Mat. Medd. Dan. Vid. Selsk. – 1963. – Vol. 33, No. 14. – P. 1 – 42.
4. Жвавый С.П., Ивлев Г.Д., Садовская О.Л. Моделирование фазовых переходов, инициируемых в арсениде галлия комбинированным воздействием лазерного излучения // Журнал технической физики. – 2001. – Том 71, вып. 1. – С. 62 – 65.
5. Ремнёв Г.Е., Исаков И.Ф., Опекунов М.С., Матвиенко В.М. Ускорители заряженных частиц и другие излучательные установки и их применение // Известия ВУЗов. Физика. – 1998. – № 4. – С. 92 – 111.

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ

Нгуен Бао Хынг, Берестнева О.Г.
Томский политехнический университет
lnhh27@gmail.com

Введение

Адаптация иностранных студентов является важным фактором международной политики и экономики. Целостной концепции социально-психологической адаптации на сегодняшний день не разработано, чаще всего под ней понимают личностную адаптацию, т.е. адаптацию личности к социальным проблемным ситуациям, привыкание индивида к новым условиям внешней среды с затратой определенных сил, взаимное приспособление индивида и среды.

Проблемы адаптации студентов изучают во всём мире, однако подходы зарубежных и российских исследователей заметно отличаются. На сегодняшний день проблема оценки адаптации иностранных студентов актуальна и для Национального исследовательского Томского политехнического университета (НИ ТПУ).

Для реализации этапов технологического процесса оценивания используется инструментарий информационной технологии, которая должна включать:

- формирование (на основе анализа литературных источников и мнений экспертов) набора методик для оценки адаптации;
- сбор экспериментальных данных;
- создание базы данных, содержащей сведения об иностранных студентах, обучающихся в НИ-ТПУ;
- методы анализа данных и визуализацию результатов (в виде графиков и диаграмм); реализация двух последних пунктов предполагает создание информационной системы, схема которой представлена на рис. 1:



Рис. 1. Схема информационной системы

В качестве компьютерного пакета, в котором разработаются инструментарии социально-психологических исследований для оценки адаптации студентов с сохранением результатов, была выбрана система управления базами данных (СУБД) Microsoft Access (MSAccess). Microsoft

Access является настольной СУБД реляционного типа, которая имеет все необходимые средства для выполнения перечисленных выше функций. Достоинством Access является то, что она имеет очень простой графический интерфейс, который позволяет не только создавать собственную базу данных, но и разрабатывать простые и сложные приложения. В ее состав входят конструкторы таблиц, форм, запросов и отчетов.

Важный момент в разработке инструментарии занимает сохранение информации о студентах и результатов тестов, которые проводятся над студентами и преподавателями. Для этого в MSAccess используются таблицы, количество которых не ограничено. Прежде чем заносить данные в таблицы, нужно определить структуру этих таблиц, чтобы в базе сохранялись только необходимую информацию и возможно составить схему данных между таблицами.

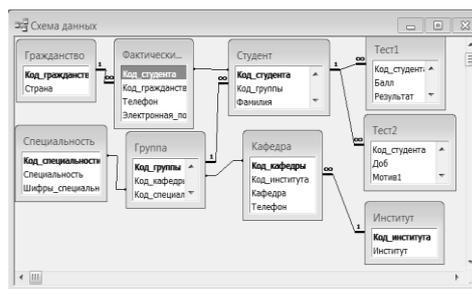


Рис. 2. Структура таблиц и схема данных в Access

Данные можно вводить прямо в таблицы или через запросы. Запросы используются для просмотра, анализа и изменения данных одной или нескольких таблиц. Запросы могут служить источником данных для форм и отчетов Access. Сам запрос не содержит данных, но позволяет выбирать данные из таблиц и выполнять над ними операции.

Для удобства пользователя в СУБД Access поддерживается создание форм. Формы предназначены для работы только с одной записью и могут содержать не все поля исходной таблицы. Объект Форма является дополнением к соответствующей таблице и позволяет более удобно работать с данными этой таблицы. С помощью форм и языка программирования Visual Basic for Applications (VBA) и языка структурированных запросов (SQL – Structured Query Language) возможно создать сложные приложения. VBA и SQL необходимы тому, чтобы отработать начальную информацию и промежуточные результаты перед хранением их в базу данных.

Одним из способов определения адаптации студентов является использование психологических тестов, разработанных специалистами-экспертами. В качестве этих тестов были разработаны тест для

опросника нервно–психического напряжения (НПН) и тест для оценки мотивационной структуры, связанной с уровнем притязания.

НПН является особым видом психического состояния, развивающегося у человека в сложных условиях его жизни и деятельности. Оно протекает как системный процесс, вовлекающий в себя различные уровни нервно–психической и соматофизиологической организации человека, сопровождается как положительно, так и отрицательно окрашенными переживаниями, существенными сдвигами в организме человека и изменениями его работоспособности.

Опросник НПН, предложенный Т. А. Немчиным, представляет собой перечень признаков нервно–психического напряжения, составленный по данным клинико–психологического наблюдения, и содержит 30 основных характеристик этого состояния, разделенных на три степени выраженности. Для данного опросника используется форма с 30 выборочными вопросами. Ее результаты сохраняются в отдельной таблице, включающей в себя коды студентов.

Рис. 3. Форма для выполнения опросника НПН

Под уровнем притязаний человека понимают его потребности, мотивы или тенденции, проявляющиеся в степени трудности целей, которые он ставит перед собой. В любой деятельности, независимо от ее специфики, у каждого человека будет формироваться характерный для него уровень притязаний. Для

оценки уровня притязаний человека в 1990 году В.К. Гербачевский разработал опросник мотивационной структуры, реализации которого показывается на рис 4.

Рис. 4. Форма субъективной оценки недомоганий.

Опросник включает в себя 42 высказывания соответствующие различным мотивам.

Заключение

MSAccess позволяет создать базу данных для сохранения информации и реализовать компьютерное тестирование по психологии для проверки состояния студентов по принципу БД, с помощью которой быстро и легко получить и оценить результаты. На этой основе можно создать другие виды тестирования по разным признакам для оценки напряжения, трудности, желания и способности студентов. Полученные результаты служат для оценки их адаптации.

Литература

1. Тимошок, Т.В. Microsoft Access — М.: Диалектика, 2005. — 315 с
2. Под ред. Крылова А.А., Маничева С.А. Практикум по общей экспериментальной и прикладной психологии – Питер 2–е, 2000 – 559с.
3. Абунавас Х.А., Берестнева О.Г. Исследование проблемы адаптации иностранных студентов на примере Томского политехнического университета. //Материалы всероссийского семинара – Томск, 21-23.10.2008 – Томск: ТПУ 2008. – Т: 2, с. 7-12.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОЛНОВОДЕ С НЕОДНОРОДНЫМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЗАПОЛНЕНИЕМ В ПАКЕТЕ COMSOL MULTYPHISICS

Неуен Тхи Динь, Огородников А.С.
Томский политехнический университет
chobanchotoi_1610@sibmail.com

Введение

Переходное излучение в узком смысле - это излучение, возникающее на резкой границе двух сред, а в широком смысле переходное излучение - это излучение, возникающее в случае прямолинейного равномерного движения заряда в неоднородных средах, изменяющихся во времени или при движении вблизи таких сред [6].

Актуальность данной работы обусловлена тем, что в развитии теории переходного излучения существует проблема для случая пересечения зарядом границы раздела диэлектрических сред на основе введения электромагнитного поля переходного излучения для удовлетворения граничным условиям.

Целью данной работы является моделирование переходного излучения заряженного сгустка с помощью метода решения уравнений Максвелла и пакета COMSOL Multyphysics.

Рассмотрим полубесконечный цилиндрический волновод с идеально проводящими стенками, закрытый с одного конца идеально проводящей пластинкой. Радиус волновода примем равным $R = 10^{-2}$ м. Будем считать вначале в волноводе вакуум, а другая часть - полупроводник GaAs, для которого $\epsilon_0 = 12.53$. Образующая волновода направлена вдоль оси oz . Начало отсчета координаты z будем привязывать к поверхности идеально проводящей торцевой пластинки со стороны волновода. Область волновода $0 < z < 0.05$ м заполнена диэлектриком с постоянной ϵ_d , а область $0.05 \text{ м} < z < 0.2 \text{ м}$ - полупроводником с диэлектрической проницаемостью ϵ_s . Через отверстие в торцевой пластинке будем инжектировать в волновод (вдоль его оси) моноэнергетические электронные сгустки, имеющие форму эллипсоидов вращения с осью вращения, направленной вдоль оси волновода, движущиеся со скоростью $v = 0.1c$, где $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ -

скорость света. Геометрические размеры сгустка: $a=b=10^{-5}$ м, $c=5 \cdot 10^{-5}$ м. На границе диэлектрик - полупроводник внутри волновода в результате переходного излучения сгустков возникают объемные и поверхностные волны [1]. Последние имеют вид стоячих волн с дискретным спектром и локализованы вблизи границы раздела диэлектрик-полупроводник.

Для того, чтобы учесть граничные условия в области открытого торца, к волноводу подводится камера большого сечения.

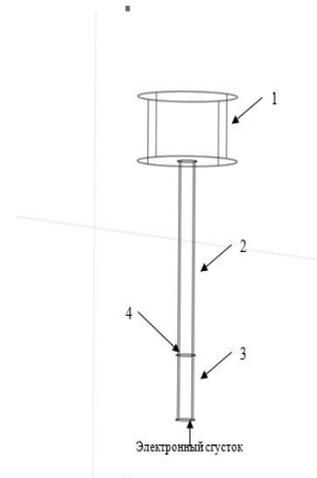


Рис. 1. Графическое представление модели переходного излучения; 1-камера большого сечения, 2-среда с диэлектрической проницаемостью ϵ_d , 3- среда с диэлектрической проницаемостью ϵ_s , 4- граница раздела сред с различными диэлектрическими проницаемостями

Таким образом, с математической точки зрения необходимо решить систему дифференциальных уравнений в частных производных с нулевыми начальными условиями и граничными условиями 1 и 2 рода (граничные условия Дирихле и Неймана).

Для решения данных уравнений, которые являются нестационарными дифференциальными уравнениями в частных производных, можно использовать такие численные методы, как метод конечных элементов, конечноразностный метод.

Алгоритм метода конечных элементов очень сложно реализовать, поэтому большой интерес представляет программа COMSOL Multyphysics, в основе которой уже заложен метод конечных элементов.

Система COMSOL Multyphysics - первый инженерный инструмент, позволяющий выполнять моделирование мультифизики на основе уравнений математической физики в интерактивной среде.

В окне настройках необходимо выбрать тип решателя. Так как процесс нестационарный, то подойдет решатель Time Dependent.

После задания всех необходимых данных запускаем задачу на расчет и получаем решение в графической форме (рис. 2., рис. 3, рис. 4.).

Решение представляется в виде z -составляющей векторного потенциала \vec{A} .

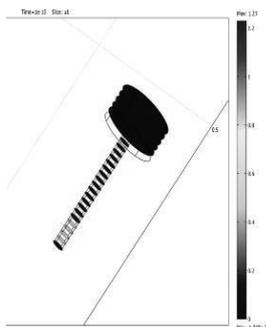


Рис. 2. Генерация переходного излучения для модели сгустка за время $t = 10^{-15}$ с

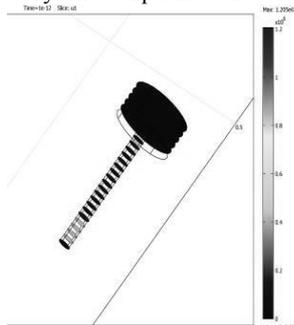


Рис. 3. Генерация переходного излучения для модели сгустка за время $t = 10^{-12}$ с

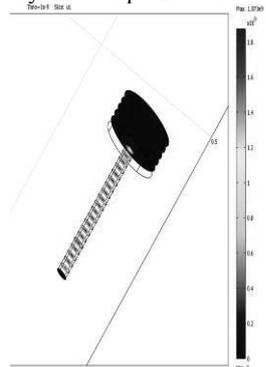


Рис. 4. Генерация переходного излучения для модели сгустка за время $t = 10^{-9}$ с

Покажем графическое представление решения в разных точках области, где ищется решение и измеряется векторный потенциал z-составляющей, генерирующей сгустком.

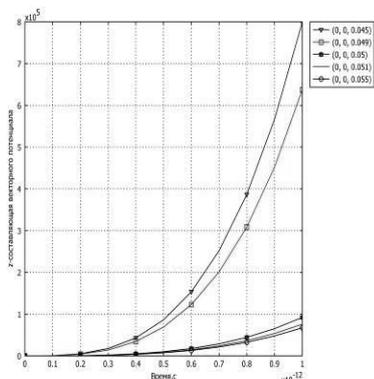


Рис. 5. Графическое представление решения зависимости z-составляющей векторного потенциала от времени в разных точках.

Из рисунка 5. видно что электронным сгустком возбуждается переходное излучение, которое экспоненциально нарастает.

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

Моделями электронных сгустков возбуждается переходное излучение, которое экспоненциально нарастает. Волна распространяется и растет по амплитуде.

Изменение формы и плотности сгустка влияют на возбуждаемое излучение. Увеличение плотности приводит к увеличению интенсивности излучения. То есть, с уменьшением размеров электронного сгустка увеличивается плотность и, соответственно, интенсивность излучения растет. Из этого следует, что нет смысла увеличивать размеры модели сгустка, так как это не дает никаких преимуществ.

Литература

1. Аверков Ю.О.// ЖТФ. 2005. Т 75. Вып. 8. С. 1-4.
2. Гинзбург В.Л., Франк И. Излучение равномерно движущегося электрона, возникающее при его переходе из одной среды в другую. ЖЭТФ. 1946. Т. 16. Вып. 1.
3. Гинзбург В.Л., Цытович В.Н. Переходное излучение и переходное рассеяние. М.: Наука, 1984. - 360 с.
4. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. - М.: Мир, 1986. - 318 с.
5. Киреев В.И., Пантелеев А.В. Численные методы в примерах и задачах: Учебное пособие. - М. Высш. Шк., 2004. - 480 с.: ил.
6. Платонов К.Ю., Флейшман Г.Д.// УФН. 2002. Т. 172. Вып. 3. С.242-299.

SYNTHESIS OF LOW-ORDER CONTROLLERS FOR UNSTABLE OBJECTS

Schelkanova T.A., Yakovlev A.S.,

Scientific supervisor: Voronin A.V., associate professor

Language supervisor: Pichugova I.L., senior teacher

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia

3ene4ka@sibmail.com

The method of modal synthesis for a full state vector is one of the methods which deals with object instability without any problems. However, it is necessary to measure the full vector of object state which is not always possible. Besides, the general order of a closed system is twice as big as an object order. This result is usually unacceptable for difficult objects, as it is known that satisfactory quality of controlling can be received with the help of more simple controllers, for example, PID controllers. One of the ways of applying modal synthesis method in combination with decreasing a controller order below an object order is to use dynamic compensators of low order including the viewer of low-order. Let us consider the possibilities of the similar approach to control an unstable object – the inverted pendulum.

The control object represents the homogeneous steel core 1 fixed on a support 2 by means of one-sedate hinge (fig. 1). The support is set in motion by the engine 3. Pendulum and support rotation angles are measured by sensors. The work of stabilizing the inverted pendulum is the following: every time when the pendulum deviates, the support starts to move in order to return the pendulum to equilibrium position. For small deviation angles of the pendulum we can suppose that all its movements occur in one plane.

Let us characterize the movement of the pendulum axis at the time moment t is by function $x(t)$, and an angular deviation of the pendulum by function $\varphi(t)$. We will designate the pendulum weight by m , the resulted moment of inertia - J_0 . We also consider that the pendulum length - L and its centre of weights are found in the geometrical centre of the pendulum. The pendulum weight is enclosed in its centre of weights and equal P . Basis length (distance between the basis rotation axis and the suspension pendulum point) is L_0 . The kinematic scheme of the pendulum is shown in Figure 1.

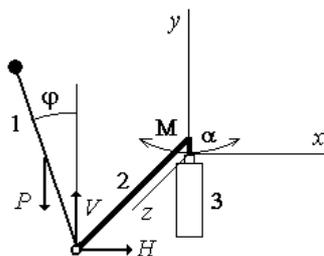


Fig.1. Inverted pendulum kinematic scheme

Using the second Newton's law, we could write the following equations for the basis and pendulum movement:

$$\begin{aligned} \left(\frac{J_0}{L_0} + L_0 m \right) \ddot{x} &= M + \frac{LL_0}{2} m \ddot{\varphi} \cos \varphi - \frac{LL_0}{2} m \dot{\varphi}^2 \sin \varphi; \\ \frac{mL^2}{3} \ddot{\varphi} - \frac{mL}{2} \ddot{x} \cos \varphi - P \frac{L}{2} \sin \varphi &= 0. \end{aligned}$$

Taking into account the fact that the full order static regulator cannot be realized since the system does not have the speed sensors, it is necessary to synthesize the system with a lower-order viewer and a modal regulator. Then we "folded" a complex "observer-regulator" into one regulator in feedback chains. This problem can be solved as for the whole system, as separately for a control contour of the pendulum and control contour of the basis. Using the second way of the specified ways, we could consider the simplified variant of the pendulum with operating influence of suspension point acceleration. In that case it is possible to consider the simplified model describing only the pendulum:

$$\ddot{\varphi} = \frac{3}{2L} g \varphi + \frac{3}{2L} \ddot{x}$$

Coefficients of the regulator are equal to $k_1 = 20,75$; $k_2 = 2,28$ for the desired position of systems poles on the complex plane in dots $s_{1,2} = -10$ and present pendulum and basis parameters.

We could write the following equations of conditions for a simplified model of the pendulum:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 82.41 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 8.24 \end{bmatrix} u; \quad y = [1 \ 0] x.$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 82.41 & 0 \end{bmatrix} - \text{state matrix of system,}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 8.24 \end{bmatrix} - \text{input matrix, } C = [1 \ 0] - \text{output matrix.}$$

Input variable u is linear velocity of basis.

Since in this system of the second order only one variable is measured, we can realize the $n-1=1$ order viewer. This viewer will value variable $x_2 = \dot{\varphi}$. As a result, static modal regulator will work on two variables – on dimension x_1 and on measure \hat{x}_2 . Having used the technique mentioned above [1], we can get the first order viewer, which is described by two equations:

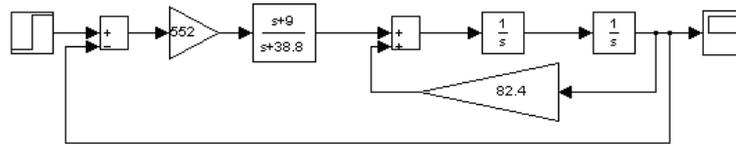


Fig.2. System scheme with consequent regulator

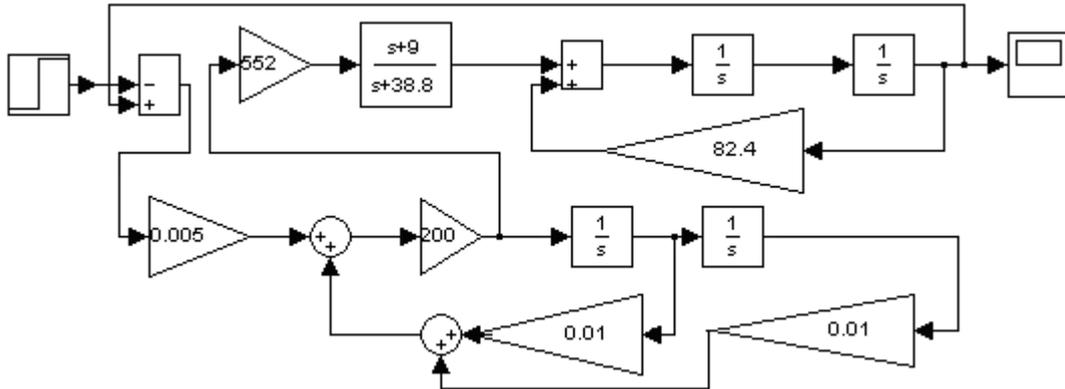


Fig.3. Model of system "inverted pendulum – a regulator" with contour of the basis

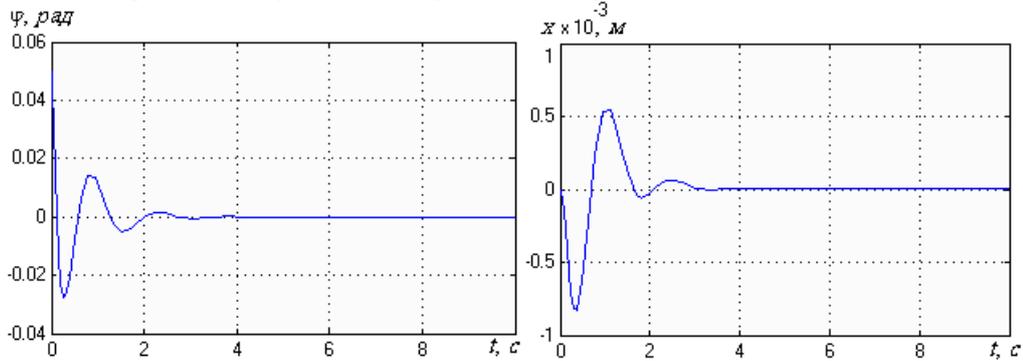


Fig. 4. The process of working of the deviation angle in 0.05 radian:
a – on the slope angle of the pendulum, b – on position of the base

1. differential equation:
 $\dot{z} = -20z = y - 0.0255u,$
2. algebraic equation:
 $\hat{x}_2 = 20.32y - 322.6z.$

The received complex modal regulator is cascade connection of viewer of lowered order and static modal regulator. It can be “folded” in united dynamic regulator. The result of such transformation is shown in figure 2 in the form of the model in package Simulink.

However, acceleration of the attachment point of the pendulum serves as control. But, in fact, the voltage at the input of the electric motor serves as control for the given mechanical system. Control of electric motor can be observed as outer duct of control to pendulum. It is meant for providing the required change of acceleration of point of the holder the pendulum. The scheme with the additional contour, which takes basis persistence into account, is presented in figure 3. The process of working out the

deviation angle by 0.05 radian by this system is presented in Figure4.

Conclusion

In conclusion in research a method of the synthesis of controllers for unstable objects was designed. The advantage of this method is applicability it for stable and unstable objects. Research was conducted for simple unstable object, for the inverted pendulum. In result unstable system was come over stable system, so developed method can be available for calculating controllers for different unstable objects.

References

1. Kvakernaak H.,Sivan R. Linear optimal systems of control. M.: Мир, 1977.
2. Fedosov B.T. Control unstable object. Inverted pendulum. [Electronic resource] Access mode: <http://model.exponenta.ru/>. 2010.

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗА КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ ВЗАИМНЫХ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

М.А.Покровская, В.П.Иванченков
Томский политехнический университет
sunpingvin@mail.ru

Повышение эффективности разведки месторождений нефти и газа в сложных сейсмологических условиях обуславливает необходимость разработки новых методов прогноза геологического разреза (ПГР) на основе наиболее информативных параметров регистрируемых сейсмических волн. В настоящее время предложен ряд методов, в которых в качестве информативных признаков используются амплитудные и энергетические характеристики сейсмических отраженных волн [1]. Однако до последнего времени практически не привлекались для решения задач прогноза фазочастотные характеристики (ФЧХ) сейсмических волн. Между тем, как показывают исследования, в фазовых спектрах сейсмических волн заложена важная информация о местоположении отражающих границ, поглощающих и дисперсионных свойствах анализируемых геологических сред [2]. В докладе на основе анализа принятой модели слоистых поглощающих сред рассмотрены основные предпосылки применения взаимных фазовых спектров волн, отраженных от кровли и подошвы исследуемой толщи. На базе проведенного анализа предложен спектральный алгоритм прогноза коллекторских свойств пород и приводятся отдельные результаты его исследования.

Формирование модели слоистых поглощающих сред происходит в рамках принятого подхода, который связан с представлением среды в виде линейной системы (линейного фильтра), вносящей определенные изменения в проходящие через нее колебания [2].

В лучевом приближении при нормальном падении волны процесс отражения от кровли и подошвы линейно - неупругого слоя II можно представить в виде эквивалентной системы (рис.1)

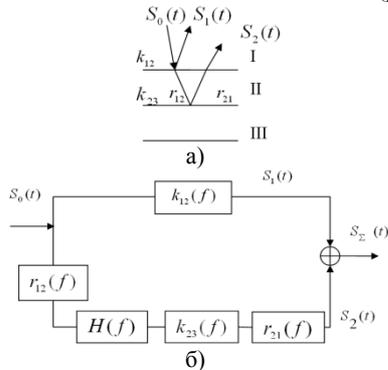


Рис.1. Модель плоско-параллельной слоистой поглощающей толщи

На основании информационной модели поглощающей среды, будем считать, что поглощающий слой II заключен между однородными покрывающей и подстилающей толщами. В первом

приближении считая, что сигналы $S_1(t)$ и $S_2(t)$ детерминированные, взаимную спектральную плотность можно записать в виде:

$$Q_{12}(f) = [S_1^*(f) \cdot S_2(f)] = |Q_{12}(f)| \cdot e^{i\varphi_{12}(f)} \quad (1)$$

где $S_1(f)$ и $S_2(f)$ комплексные спектры отраженных волн $S_1(t)$ и $S_2(t)$;

$|Q_{12}(f)|$ – взаимный энергетический спектр;

$\varphi_{12}(f)$ – взаимный фазовый спектр.

Как следует из рис.1, взаимный энергетический и фазовый спектры соответственно запишутся:

$$|Q_{12}(f)| = |S_0(f)|^2 \cdot |k_{12}(f)| \cdot |k_{23}(f)| \cdot |H(f, l)| \cdot |r_{12}(f)| \cdot |r_{21}(f)|, \quad (2)$$

$$\varphi_{12}(f) = \varphi_{k_{23}}(f) - \varphi_{k_{12}}(f) + \varphi_H(f) + \varphi_{r_{12}}(f) + \varphi_{r_{21}}(f), \quad (3)$$

где $k_{12}(f)$ и $k_{23}(f)$ – коэффициенты отражения от кровли и подошвы II слоя, $r_{12}(f)$ и $r_{21}(f)$ – коэффициенты преломления на кровле II слоя, $H(f)$ – частотная характеристика поглощающего слоя; $\varphi_{k_{12}}(f)$, $\varphi_{k_{23}}(f)$ – фазовые набеги, вносимые при отражении волны от кровли и подошвы слоя соответственно; $\varphi_{r_{12}}(f)$, $\varphi_{r_{21}}(f)$ – фазовые набеги, связанные с преломлением волны; $\varphi_H(f)$ – фазовый набег, обусловленный прохождением волны в поглощающем слое.

При этом исходя из [3], аргументы и модули коэффициентов отражения и преломления можно представить в следующем виде:

$$|k(f)| = \sqrt{\frac{4\pi^2(1-\gamma_{12}(f))^2 + (\delta_1(f) - \delta_2(f)\gamma_{12}(f))^2}{4\pi^2(1+\gamma_{12}(f))^2 + (\delta_1(f) + \delta_2(f)\gamma_{12}(f))^2}} \quad (3)$$

$$|r(f)| = 2\gamma_{12}(f) \sqrt{\frac{4\pi^2 + \delta_2^2(f)}{4\pi^2(1+\gamma_{12}(f))^2 + (\delta_1(f) + \delta_2(f)\gamma_{12}(f))^2}} \quad (4)$$

$$\varphi_k = \arctg \frac{4\pi\gamma_{12}(f)(\delta_2(f) - \delta_1(f))}{4\pi^2(1-\gamma_{12}^2(f)) + (\delta_1^2(f) - \delta_2^2(f)\gamma_{12}^2(f))} \quad (5)$$

$$\varphi_r = \arctg \frac{2\pi(\delta_1(f) - \delta_2(f))}{4\pi^2 + \delta_1(f)\delta_2(f) + \gamma_{12}(f)(4\pi^2 + \delta_2^2(f))} \quad (6)$$

$$\text{где } \gamma_i(f) = \rho_i V_i(f), \quad i = 1, 2; \quad \gamma_{12}(f) = \frac{\rho_1 V_1(f)}{\rho_2 V_2(f)} -$$

отношение акустических жесткостей в средах I и II.

Принимая для поглощающего слоя минимально-фазовую модель среды, выражение для модуля и аргумента $H(f)$ можно представить [3]:

$$|H(f)| = e^{-\alpha(f)2h}, \quad (7)$$

$$\varphi_H(f) = 4\pi fh \left[\frac{1}{V(f_0)} - \frac{\alpha(f)}{\pi^2} \ln \frac{f}{f_0} \right] \quad (8)$$

где $V(f_0)$ - скорость распространения волны на опорной частоте f_0 , $\alpha_i(f)$ - коэффициент поглощения в i -ой среде.

Как видно из (3-8) взаимные энергетические и фазовые спектры напрямую связаны с петрофизическими параметрами среды. В качестве дополнительного энергетического параметра можно ввести:

$$M_{12}(f) = \frac{|Q_{12}(f)|}{Q_1(f)} = \frac{|k_{23}(f)| \cdot |G(f, L)| \cdot |r(f)|}{|k_{12}(f)|} \quad (9)$$

где $Q_1(f)$ – спектральная плотность волны, от кровли и подошвы поглощающего слоя.

В соответствии с рассмотренными свойствами взаимных энергетических и взаимных фазовых спектров волн, отраженных от кровли и подошвы исследуемых толщ, разработан алгоритм прогноза коллекторских свойств пород (рис.2).

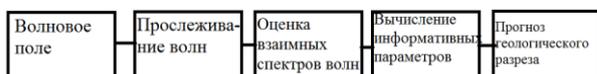


Рис. 2. Алгоритм прогноза коллекторских свойств пород

Исходными данными для реализации алгоритма является сейсмическое волновое поле. При помощи алгоритма фазочастотного прослеживания определяются оси синфазности для заданных отражающих границ [4]. Далее в соответствии с определенными осями синфазности и для заданных отражающих границ осуществляется установка окон анализа, которые по временной длительности равны протяженности импульсов выделяемых сигналов. Затем определяются комплексные спектры волн $S_1(f)$ и $S_2(f)$.

После вычисления комплексных спектров выделенных сигналов находится оценка спектральной плотности для волн, отраженных от кровли и подошвы исследуемой толщи, и определяется нормированный взаимный энергетический спектр $M_{12}(f)$ и взаимный фазовый спектр $\varphi_{12}(f)$. В заключение по полученным значениям $M_{12}(f)$ и $\varphi_{12}(f)$ вычисляются прогнозные параметры, по которым делаются выводы о коллекторских свойствах изучаемых толщ.

Исследование алгоритма проводилось на типовых моделях поглощающих сред, которые состоят из трех толщ, где толща II – песчаный коллектор (продуктивная толща), а толща I и III (покрывающая и подстилающая толщи) – слои аргиллитов (рис.3). Продуктивная толща рассматривалась для четырех случаев. В первом случае песчаный слой является газом, во втором нефтью, в третьем – водой, в четвертом – карбонизированный песчаник. Модели формируются в пакете KMedium.

Для заданных волновых полей по разработанному алгоритму были рассчитаны прогнозные параметры для указанных моделей сред. Среднее значение взаимного фазового спектра.

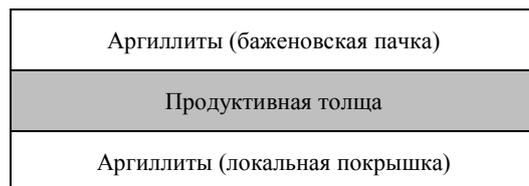


Рис. 3. Модель геологических сред

$$\bar{\varphi}_{12}(f) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_{12}(f_i) \quad (10)$$

Центральный момент 2-го порядка взаимного фазового спектра.

$$\sigma_{\varphi}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\varphi_{12}(f_i) - \bar{\varphi}_{12}(f))^2}{n-1} \quad (11)$$

Среднее значение фазовой задержки.

$$\bar{\tau}_{\varphi} = \sum_{i=1}^n \tau_{\varphi}(f_i) \quad (12)$$

Центральный момент 2-го порядка взаимной фазовой задержки.

$$\sigma_{\tau}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\tau_{\varphi}(f_i) - \bar{\tau}_{\varphi})^2}{n-1} \quad (13)$$

Нормированная взаимная энергия сигналов.

$$M = \int_{f_H}^{f_B} M_{12}(f) df \quad (14)$$

На принятых моделях поглощающих геологических сред проведены предварительные исследования алгоритма прогноза коллекторских свойств. В результате выявлен наиболее информативный параметр: центральный момент второго порядка для взаимной фазовой задержки. В дальнейшем планируется продолжение исследования алгоритма прогноза коллекторских свойств пород на более широком спектре моделей слоистых поглощающих сред.

Литература

1. Гурвич И.И., Боганик Г.Н., Сейсморазведка. Учебник для вузов. Тверь: Издательство АИС, 2006. 774с.
2. Иванченков В.П., Кочегуров А.И. Определение временного положения сейсмических сигналов по оценкам их фазочастотных характеристик / Геология и геофизика, 1988, №9, с. 77 – 83
3. Авербух А.Г., Трапезникова Н.А. Отражения и преломления плоских волн при нормальном падении на границы// Физика земли, №9, 1972.
4. Иванченков В.П., Кочегуров А.И., Орлов О.В. Фазочастотные характеристики сейсмических волн и основные предпосылки их применения для решения задач прогноза геологического разреза/ Известия ТПУ, 2008, №5, с. 132 – 137.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ ВСП НА ОЦЕНКУ СКОРОСТНОГО ЗАКОНА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД

М.С. Жукова, Д.Ю. Степанов
Томский политехнический университет
semeikaju@mail.ru

Вертикальное сейсмическое профилирование которое является одним из видов скважинной сейсморазведки. Основной задачей сейсморазведки является задача изучения строения геологических сред, а в основные задачи ВСП входят задачи: изучения скоростей распространения волн в среде, стратиграфической привязки отражающих горизонтов, изучения околоскважинного пространства [1]. Данная работа связана с решением первой задачи, которая является актуальной, так как основе её решаются все последующие задачи ВСП и наземной сейсморазведки.

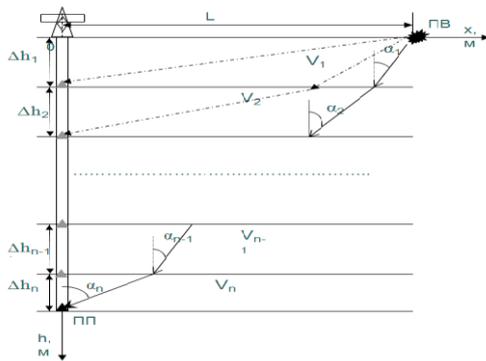


Рис. 1. Модель наблюдения ВСП в горизонтально-слоистой среде

На рисунке 2 представлена схема наблюдения ВСП в горизонтально-слоистой среде. Модель наблюдаемого времени можно записать формулой

$$t^{\text{набл}}(h) = t(h) + \Delta t(h), \quad (1)$$

где $t^{\text{набл}}(h)$ – наблюдаемое время, $t(h)$ – теоретическое время прихода, $\Delta t(h)$ – величина, обусловленная помехами и ошибками измерений, имеет случайный характер, представим в виде

$$\Delta t(h) = \tau(h) + \delta(h), \quad (2)$$

где $\tau(h)$ – ошибки ввода статической поправки, $\delta(h)$ – случайная величина с нулевым математическим ожиданием, обусловленная ошибками измерений. [2]

Для расчета теоретического времени прихода волны в каждом слое, применяется система уравнений

$$\begin{cases} t_n = \sum_{k=1}^n \frac{\Delta h_k}{V_k \sqrt{1-p^2 V_k^2}} \\ L = \sum_{k=1}^n \frac{p V_k \Delta h_k}{\sqrt{1-p^2 V_k^2}} \end{cases}, \quad (3)$$

где t_n – время прихода прямой продольной волны в точку, удаленную от ПВ по латерали на L и на глубине $h = \sum_{k=1}^n \Delta h_k$, Δh_k – толщина (мощность)

k -го слоя V_k – скорость волны в k -ом слое ($k = \overline{1, n}$), p – параметр луча, определяемый согласно закону Снеллиуса [3]:

$$\frac{\sin(\alpha_1)}{V_1} = \frac{\sin(\alpha_2)}{V_2} = \dots = \frac{\sin(\alpha_n)}{V_n} = p, \quad (4)$$

где α_i – угол падения луча на подошву i -го слоя. [3,4]

Нестационарность наблюдений ВСП определяется многократностью возбуждения колебаний. Чтобы урвать условия наблюдений, в модель наблюдаемого времени вводится статическая поправка – постоянная величина, однако, различия теоретического и наблюдаемого времени все равно имеют место. В данной работе рассмотрена погрешность при вводе статической поправки, линейно возрастающая с глубиной

$$\tau(h) = k \cdot h + b, \quad (5)$$

$$\tau(h_k) = \frac{\Delta T}{H_{\text{max}}} \cdot h_k, \quad k = \overline{1, M} \quad (6)$$

Формула (6) показывает погрешность в каждом слое.

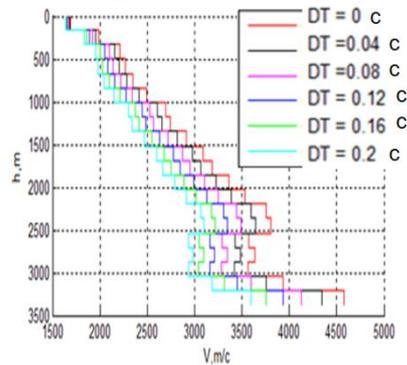


Рис. 2. График зависимости оценок скоростного закона от коэффициента DT – максимальной задаваемой погрешности ввода стат. поправки.

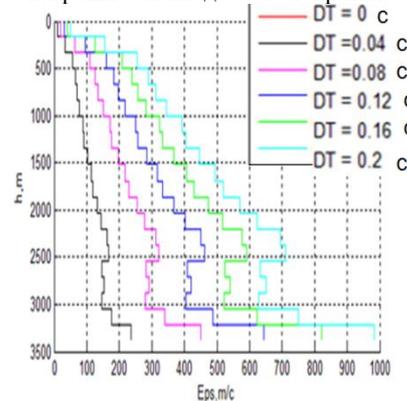


Рис. 3. График зависимости отклонений оценок скоростного закона от коэффициента DT

Так же в работе представлены результаты исследований, связанных с выявлением погрешностей в оценке скоростного закона при неточно заданной инклинометрии. Пусть погрешность данных инклинометрии составляет угол α , тогда выражения:

$$L_{\text{инкл}} = L - H \cdot \sin(\alpha), \quad (7)$$

$$H_{\text{инкл}} = H \cdot \cos(\alpha) \quad (8)$$

определяют расстояние от пункта приема до пункта взрыва наклоненной скважины по горизонтали и вертикали соответственно.

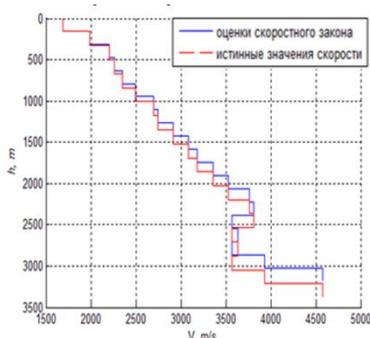


Рис. 4. Оценки скоростных законов наклонной и вертикальной скважины. Угол отклонения составляет $\alpha = 20$

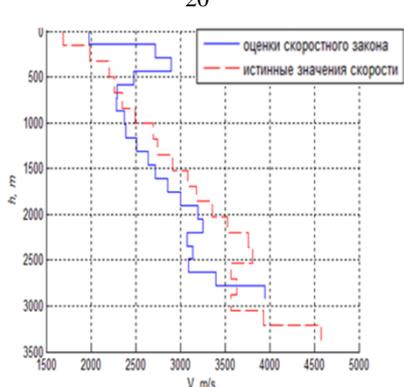


Рис. 5. Оценки скоростных законов наклонной и вертикальной скважины. Угол отклонения составляет $\alpha = 20$

Пусть имеется N годографов полученные с различных ПВ. Допущение об однородности в верхнем слое оказалось нарушено, тогда для этих годографов, соответственно имеется N разных скоростей ВЧР (верхних частей разреза). Становится необходимым исследовать поведения годографов, изучить отклонения годографов, в зависимости от значений скорости в верхней части разреза.

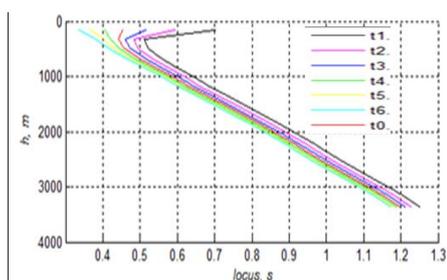


Рис. 6. Годографы. $L = 750$ м

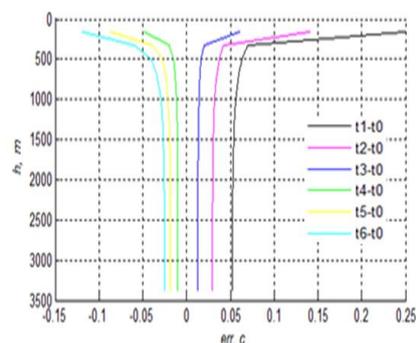


Рис. 7. Отклонения годографов. $L = 750$ м

На основе моделей в среде MatLab проведены исследования алгоритма оценки скоростного закона. В результате сделаны следующие выводы о влиянии нестационарности условий возбуждения колебаний и погрешностей в определении ПП на оценку скоростного закона при проведении ВСП.

- Линейная погрешность в статической поправке, возрастающая с глубиной, приводит к росту отклонения оценок скоростного закона от истинных значений с глубиной, при этом характер скоростного закона не меняется.
- С увеличением коэффициента k , отклонения оценок скоростного закона от истинных значений увеличивается.
- Если положение ствола скважины (положение ПП) задано с погрешностью, оценки скоростных законов, полученные по данным с ПВ, расположенных в различных направлениях от скважины, будут значительно отличаться. Это различие может служить признаком для уточнения положения ПП.
- Постоянное отклонение теоретического годографа от наблюдаемого является следствием изменения скорости в ВЧР.

Литературы

1. Сейсморазведка. Г.Н. Боганик, И.И. Гурвич. Учебник для ВУЗов. Тверь, АИС, 2006.- 744с.
2. Гальперин Е. И. Вертикальное сейсмическое профилирование: опыт и результаты. – М., Наука, 1994. – 320с.
3. Жукова М. С. Principle of optimization methods for velocity law estimating with the help of vertical seismic profiling data. XVI Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» - Томск, 12-16 апреля 2010г., [в печати].
4. Речкин М. С. Алгоритм оценки скоростного закона по данным ВСП // МиСИТ Сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Томск, 25 – 27 февраля 2009 – 4.1. – Томск: Изд-во «Санкт-Петербург Графикас», 2009. – с. 179-180.

РАЗЛОЖЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДВУМЕРНОГО ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХААРА

Буй Т.Т.Ч., Спицын В.Г.
Томский политехнический университет
trangbt.084@gmail.com

Введение

Простота использования и экономическая эффективность способствовали растущей популярности цифровых систем обработки изображений. Однако низкое пространственное разрешение относительно традиционных пленочных фотоаппаратов все еще является недостатком. Главной задачей в каждом виде обработки изображения является нахождение эффективного представления, которое позволяет выразить его в компактной форме. В современной теории и практике сигналов активно используются сигналы специального вида – вейвлеты. Они показали свою эффективность в спектральном анализе сигналов [1].

В работе [2] можно ознакомиться с теорией и практическими применениями различных вейвлетов. Практически важные вейвлеты традиционно определяются как функции одной вещественной переменной с вещественными значениями. В зависимости от математической модели (структуры области определения, структуры области возможных значений и вида преобразований) различают дискретные и непрерывные вейвлеты. Так как, разложение сигналов в базисе вейвлетов осуществляется с использованием арифметики с плавающей точкой, то возникают ошибки, величина которых зависит от степени приближения сигнала.

Двухмерное дискретное вейвлет-преобразование (2D) – один из самых важных инструментов. 2D основано из 1D вейвлет-преобразования, которое не зависит от числа столбцов и строк изображения.

Вейвлеты Хаара представляют собой кусочно-постоянные функции, принимающие два значения $\{-1; +1\}$, и заданные на конечных интервалах различных масштабов. Вейвлет Хаара единичного масштаба и нулевого смещения (материнский вейвлет Хаара) – это функция, равная $+1$ на интервале $[0; 1/2)$ и -1 на интервале $[1/2; 1)$. Вейвлеты Хаара хорошо зарекомендовали себя в практических задачах обработки дискретных сигналов, таких, как массивы отсчетов аудиосигналов и цифровые фотографии. Самая отличительная особенность преобразования Хаара заключается в том, что оно является разделимым и легко вычисляется.

Преобразование Хаара и быстрое преобразование Хаара

Преобразование Хаара (ПХ) является одним простейших и базисным вейвлет-преобразованием. Пусть имеется одномерный дискретный сигнал $f = (f_1, f_2, \dots, f_N)$. ПХ разлагает каждый сигнал на два компонента, один из них называется средним, а другой известен как различие. Точная формула для первого среднего значения подсигнала, $a^1 = (a_1, a_2, \dots, a_{N/2})$, на первом уровне для одного

сигнала длины N , т.е. $f = (f_1, f_2, \dots, f_N)$ вычисляется по формуле [3]:

$$a_n = \frac{f_{2n-1} + f_{2n}}{\sqrt{2}}, \quad n = 1, 2, 3, \dots, N/2,$$

и первый подробный подсигнал, $d^1 = (d_1, d_2, \dots, d_{N/2})$, на таком же уровне представляется как:

$$d_n = \frac{f_{2n-1} - f_{2n}}{\sqrt{2}}, \quad n = 1, 2, 3, \dots, N/2.$$

Эти значения формируют два новых сигнала $a = \{a_n\} \quad n \in Z$ и $d = \{d_n\} \quad n \in Z$, один из которых является огрубленной версией исходного сигнала (каждой паре элементов f соответствует их среднее арифметическое), а другой содержит информацию (будем называть ее детализирующей), необходимую для восстановления исходного сигнала. Действительно:

$$\begin{aligned} f_{2n-1} &= a_n + d_n, \\ f_{2n} &= a_n - d_n, \quad n \in Z. \end{aligned}$$

К сигналу a можно применить аналогичную операцию и так же получить два сигнала, один из которых является огрубленной версией a , а другой содержит детализирующую информацию, необходимую для восстановления a .

Чтобы понять, как вейвлет-преобразование работает, рассмотрим простой пример. Предположим, что:

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 5 & 6 & 7 \\ 8 & 9 & 1 & 2 \\ 3 & 4 & 5 & 6 \end{pmatrix}.$$

В случае применения 1D ПХ вдоль первой строки, коэффициенты аппроксимации и различия следующие:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(1+2) \text{ и } \frac{1}{\sqrt{2}}(3+4), \quad \frac{1}{\sqrt{2}}(1-2) \text{ и } \frac{1}{\sqrt{2}}(3-4).$$

То же самое преобразование применяется к другим строкам I . Располагая аппроксимации части каждой строки преобразования в первые два столбца и соответствующие части в последних двух столбцах, получим следующие результаты:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 5 & 6 & 7 \\ 8 & 9 & 1 & 2 \\ 3 & 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \xrightarrow[\text{строках}]{1D \text{ ПХ на}} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 3 & 7 & : & -1 & -1 \\ 9 & 13 & : & -1 & -1 \\ 17 & 3 & : & -1 & -1 \\ 7 & 11 & : & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

в которых аппроксимация и подробные части отделяются точками в каждой строке. Применяя на следующем шаге 1D ПХ к столбцу результирующей

матрицы, находим, что результирующая матрица на первом уровне имеет вид:

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 3 & 7 & : & -1 & -1 \\ 9 & 13 & : & -1 & -1 \\ 17 & 3 & : & -1 & -1 \\ 7 & 11 & : & -1 & -1 \end{pmatrix} \xrightarrow{\text{1D ПХ на столбцах}} \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 12 & 20 & : & -2 & -2 \\ 24 & 14 & : & -2 & -2 \\ \dots & \dots & : & \dots & \dots \\ -6 & -6 & : & 0 & 0 \\ 10 & -8 & : & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Таким образом, имеем:

$$A = \begin{pmatrix} 12 & 20 \\ 24 & 14 \end{pmatrix}, H = \begin{pmatrix} -2 & -2 \\ -2 & -2 \end{pmatrix}, V = \begin{pmatrix} -6 & -6 \\ 10 & -8 \end{pmatrix} \text{ и } D = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

У каждой части, показанной в примере 1, есть размерность (число строк/2) × (число столбцов/2) и эти области называются А, Н, V и D соответственно. А (область приближения) включает информацию о глобальных свойствах проанализированного изображения. Удаление спектральных коэффициентов от этой области приводит к самому большому искажению в исходном изображении. Н (горизонтальная область), включает информацию о вертикальных строках скрытых (скрытых) в изображении. Удаление спектральных коэффициентов от этой области исключает горизонтальные детали из исходного изображения. V (вертикальная область) содержит информацию о горизонтальных строках скрытых (скрытых) в изображении. Удаление спектральных коэффициентов от этой области устраняет вертикальные детали из исходного изображения. D (диагональная область) охватывает информацию о диагональных деталях, скрытых в изображении. Удаление спектральных коэффициентов от этой области приводит к минимуму искажения в исходном изображении. Таким образом, ПХ подходит для приложения, когда матрица изображения имеет число строк и столбцов, кратное числу 2.

Быстрое преобразование Хаара (БПХ) включает сложение, вычитание и деление на 2, благодаря чему оно становится быстрее и сводит работу вычисления к сравнению с ПХ. Для разложения изображения сначала применяем 1D БПХ к каждой строке пиксельных значений ввода отображающей матрицы. Потом применяется 1D БПХ к каждому столбцу. Получающимися значениями является все коэффициенты детали за исключением отдельного общего среднего коэффициента.

Двумерное вейвлет-преобразование

Двумерное вейвлет-преобразование состоит из поочередного одномерного вейвлет-преобразования строк и столбцов этой матрицы. Сначала выполняются одномерные вейвлет-преобразования каждой строки в отдельности, преобразованная строка записывается на прежнее место. Далее вейвлет-преобразования применяются ко всем столбцам. В результате изображение разбивается на четыре равные части, как показано на рис.1, а. На рисунке также показано стандартное обозначение каждого из квадрантов. На изображении показаны принятые стандартные обозначения квадрантов

преобразованного изображения: LL, LH, HL, HH. Квадрант LL соответствует низкочастотным вейвлет-коэффициентам, HH—высокочастотным вейвлет-коэффициентам (буква L означает Low, H—High).

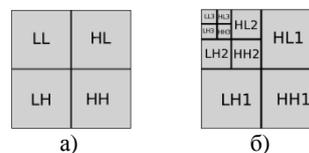


Рис. 1. Применение двумерного вейвлет-преобразования к квадратному изображению: а) однократное; б) трёхкратное

Если не оговорено противное, под *N*-кратным двумерным вейвлет-преобразованием понимается применение *N* раз двумерного вейвлет-преобразования, причём очередное двумерное вейвлет-преобразование применяется к младшей четверти матрицы (в обозначениях Рис.1, а – этот квадрант обозначается LL). В итоге *N*-кратное преобразование выглядит так, как показано на рис. 1, б (при *N*=3) [3]. На рис.1, б показаны принятые стандартные обозначения квадрантов изображения. Квадранты *N*-кратного двумерного вейвлет-преобразования имеют аналогичное обозначение

Результаты быстрого преобразования Хаара

Итогом исследования явилось создание приложения средствами C#, реализующего быстрого преобразования Хаара. Это приложение обрабатывает файлы формата *.gif размером 256x256 пикселей. Изображения на Рис. 2 получены с использованием быстрого преобразования Хаара в качестве базисных функций.

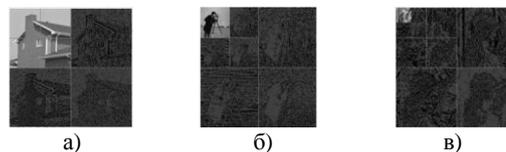


Рис. 2. Вейвлет-преобразование изображения с использованием быстрого преобразования Хаара первого (а), второго (б) и третьего (в) порядка

Заключение

Для разложения цифровых изображений использованы двумерное дискретное вейвлет-преобразование и быстрое преобразование Хаара. Предложены и апробированы алгоритмы вейвлет-преобразования, результаты моделирования подтвердили их работоспособность. Рассмотренное преобразование может быть использовано в задачах цифровой обработки сигналов.

Литература

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. -1070 с
2. Яковлев А. Н. Введение в вейвлет-преобразования. Учеб. Пособие. Новосибирск, Изд-во НГТУ, 104 с., 2003.
3. Anuj Bhardwaj, Rashid Ali. Image compression using modified fast Haar wavelet transform / World Applied Sciences Journal 7 (5): 647-653, 2009.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАРЯДОВОЙ И ТОКОВОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СИЛЬНОТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ ПРИ ИНЖЕКЦИИ В ПЛАЗМУ

В.П. Григорьев, Е.С. Вагин, В.В. Офицеров
Томский политехнический университет
grig@am.tpu.ru

Введение

Широкая сфера и эффективность применения низкоэнергетических (десятки кэВ) сильноточных электронных пучков (СЭП) вызывает большой интерес к изучению физических процессов, обуславливающих движение заряженных частиц, и созданию все более полных математических моделей поведения таких пучков.

Транспортировка СЭП к мишени представляет значительные трудности из-за необходимости обеспечения достаточной зарядовой и токовой нейтрализаций, обеспечивающих более устойчивую транспортировку пучка.

Исследование динамики таких пучков с учетом токовой и зарядовой нейтрализации является сложной нелинейной задачей и требует разработки адекватных математических моделей, а также применения эффективных численных методов ее решения и высокопроизводительных вычислительных технологий, включая параллельные.

В предыдущих работах авторов [1] была представлена модель нейтрализации заряда пучка при его инжекции в плазму. В данной работе, кроме зарядовой нейтрализации, учитывается и токовая нейтрализация пучка, обусловленная ускорением электронов плазмы, индуцированное полем на фронте пучка. Представлена математическая модель и результаты численного исследования самосогласованной динамики пучка при его транспортировке в цилиндрической трубе дрейфа заполненной плазмой с однородной плотностью во внешнем магнитном поле. Модель разработана на основе описания электронов пучка и плазмы макрочастицами [3]. Система уравнений модели макрочастиц состоит из макроскопических уравнений Пуассона, уравнений среды и уравнений движения.

Основные уравнения физической модели

Модель построена для области, совпадающей с областью камеры, и имеет размерность 2,5 (трехмерная по динамике, двумерная по полям).

При построении модели предполагалась аксиальная симметрия процессов, преобладание продольного тока пучка $J_z \gg J_r, J_\theta$ и неподвижность ионов (концентрация ионов плазмы считается однородной $n_i = n_0$).

Динамика электронов пучка и плазмы описывается системой релятивистских уравнений в цилиндрической системе координат:

$$\begin{cases} \frac{d(\gamma_\alpha \dot{z})}{dt} = -\frac{e}{m_0} (\dot{r} B_\theta + E_z) \\ \frac{d(\gamma_\alpha \dot{r})}{dt} = -\frac{e}{m_0} (r \dot{\theta} B_z^* - \dot{z} B_\theta + E_r) + \gamma_\alpha r \dot{\theta}^2 \\ \frac{1}{r} \frac{d(\gamma_\alpha r^2 \dot{\theta})}{dt} = \frac{e}{m_0} (\dot{r} B_z^*) \end{cases} \quad (1)$$

где m_0 – масса покоя электрона; e – элементарный заряд; E_z, E_r, B_θ – компоненты собственного электромагнитного поля пучка; $B_z^* = \text{const}$ – компонента внешнего магнитного поля; γ_α – релятивистский фактор частиц α ; α – электроны пучка и плазмы.

Собственное поле пучка описывается уравнениями Пуассона для скалярного потенциала Φ и продольной компоненты векторного потенциала A_z :

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = -\frac{1}{\epsilon_0} \rho, \quad (2)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial A_z}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 A_z}{\partial z^2} = -\mu_0 J_z, \quad (3)$$

где ϵ_0, μ_0 – диэлектрическая и магнитная постоянные; ρ, J_z – плотности заряда и ток в пространстве дрейфа, зависящие от уровня полей.

Плотности заряда и тока пучка в уравнениях (2), (3) связаны уравнением непрерывности:

$$\text{div } \vec{J} + \frac{\partial \rho_b}{\partial t} = 0.$$

Суммарная плотность заряда в уравнении (2) описывается соотношением:

$$\rho(z, r) = \rho_b(z, r) + (\rho_i + \rho_e(z, r)),$$

где ρ_b, ρ_e – плотности заряда электронов пучка и плазмы; $\rho_i = n_0 e$ – плотность заряда ионов плазмы. Начальное условие для плотности заряда электронов пучка задано как $\rho_e|_{r=0} = 0$, что соответствует отсутствию пучка в трубе дрейфа.

Плотность тока J_z в уравнении (3) рассчитывается как сумма плотностей тока электронов пучка (j_{bz}) и плазмы (j_{pz}), определяемые соотношениями:

$$\begin{aligned} J_z &= j_{bz} + j_{pz}, \\ j_{bz} &= \rho_b \dot{z}, \end{aligned}$$

$$\frac{1}{v_{ef}} \frac{\partial j_{pz}}{\partial t} = -j_{pz} + \sigma E_z,$$

где v_{ef} – эффективная частота упругих столкновений электронов плазмы с нейтральными атомами и ионами; σ – проводимость плазмы:

$$\sigma = \frac{n_e c^2}{m_e v_{ef}},$$

где c – скорость света; n_e – концентрация электронов плазмы.

Граничные условия для потенциалов (2, 3) задаются исходя из условий идеальной проводимости поверхности стенок трубы ($r=R$) и условия непрерывности потенциалов на оси трубы ($r=0$) и на торцах трубы ($z=0$ и $z=L$).

$$\left. \frac{\partial A_z}{\partial r} \right|_{r=0} = \left. \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right|_{r=0} = 0, \quad \Phi|_{r=R} = A_z|_{r=R} = 0,$$

$$\Phi|_{z=0} = \Phi|_{z=L} = 0, \quad \left. \frac{\partial A_z}{\partial z} \right|_{z=0} = \left. \frac{\partial A_z}{\partial z} \right|_{z=L} = 0.$$

Компоненты полей пучка в уравнении (1) вычисляются по формулам дифференцирования потенциалов:

$$E_z = -\frac{\partial \Phi}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial t}, \quad E_r = -\frac{\partial \Phi}{\partial r}, \quad B_\theta = -\frac{\partial A_z}{\partial r}.$$

Моделирование и анализ результатов

В расчетах параметры пучка и плазмы выбирались близкими к экспериментальным по транспортировке сильноточных пучков в плазмонаполненных камерах [1]. А именно, энергия электронов пучка $W_0=10...40$ кэВ, ток пучка $I_0=1...10$ кА, температура плазмы 2 эВ, плотность плазмы $n_0=10^{11}...10^{12}$ см⁻³, индукция магнитного поля $B_z^*=0...5$ кГс.

Считаем, что ток инжектируемого пучка изменяется во времени по закону:

$$I(t) = \begin{cases} I_0 (t / \tau_\phi) & \text{при } 0 < t < \tau_\phi, \\ I_0 & \text{при } t > \tau_\phi. \end{cases}$$

Здесь τ_ϕ , I_0 – длительность фронта импульса тока и его амплитуда.

На рис. 1 приведены результаты численного эксперимента при $I_0=5$ кА, $n_0=2 \cdot 10^{11}$ см⁻³, $B_z^*=3$ кГс, $\tau_\phi=12$ нс.

По общей картине эволюции пучка видно, как в процессе транспортировки пучок проходит переходный режим, выходя в стационарное состояние транспортировки за время $\sim 10...15$ нс (рис. 1, а).

В переходном режиме в результате возмущений полей формируются локальные виртуальные катоды, это приводит к торможению электронов пучка и частичному отражению электронов в сторону плоскости инжекции.

Образование вихревого электрического поля в переходном режиме $E_z = -\partial A_z / \partial t$ приводит к частичной токовой нейтрализации (рис 1, б, кривая 2) и, следовательно, к компенсации собственного магнитного поля в системе. Однако, из-за конечной проводимости плазмы, индукционные токи со временем затухают.

Заключение

Определена роль переходного процесса в формировании стационарного режима транспортировки сильноточного электронного пучка в плазме низкого давления, от которого зависит время выхода тока на стационарный режим, развитие неустойчивостей и выходной ток пучка.

Учет токовой нейтрализации позволяет обеспечить в переходном периоде более устойчивое состояние пучка, за счет компенсации собственного магнитного поля. Это позволяет сократить время выхода пучка на стационарный режим транспортировки.

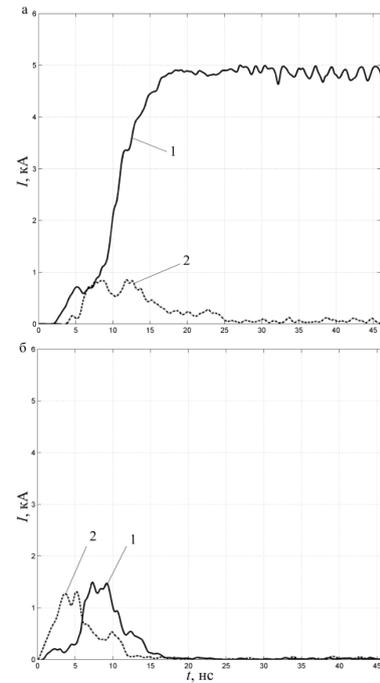


Рис. 1. Зависимость тока пучка (а) и плазмы (б) от времени на торцах трубы на входе (2) и выходе (1)

Литература

1. Григорьев В.П., Вагин Е.С., Офицеров В.В. Модель макрочастиц зарядовой нейтрализации электронного пучка при инжекции в плазму низкого давления // Известия Томского политехнического университета. – 2010 – Т. 316. – № 2. – С. 85–89.
2. Хокни Р., Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц. – М.: Мир, 1987. – 640 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА PETSC ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СЖАТИЯ ЭРМИТОВЫХ КУБИЧЕСКИХ СПЛАЙН-КРИВЫХ

А.Ж. Кудуев¹, Б.М.Шумилов², Э.А. Эшаров²

¹Омский государственный университет

²Томский государственный архитектурно-строительный университет
elzare78@rambler.ru

Работа посвящена исследованию возможности распараллеливание решения задачи сжатия эрмитовых кубических сплайн-кривых на кластере с помощью пакета PETSc.

Проблема вейвлет-разложения эрмитовых кубических сплайнов сводится к решению ленточной системы уравнений. Матрица этой системы не вырождена, однако хорошую обусловленность обосновать невозможно. Поэтому в [1] рекомендуется использовать для решения такого рода систем предобусловливатели.

На кластере СКИФ Cyberia [2] имеется пакет PETSc, включающий в себе такие возможности, как: работу с векторами и матрицами; создание параллельных версий программ без написания большого количества явных процедур передачи сообщений самостоятельно; контроль хода решения задачи во время исполнения программы без какого-либо дополнительного пользовательского программного кода; большой выбор предобусловливателей для итерационного решения разреженных систем линейных алгебраических уравнений.

PETSc использует стандарт MPI для межпроцессорных обменов, что позволяет включать в PETSc-программы процедуры MPI. Однако пользователь изолирован от деталей передачи сообщений внутри параллельных объектов (векторов, матриц).

Вейвлет-преобразование является математическим инструментом, с помощью которого можно иерархически разложить заданную функцию на серию грубых приближенных представлений плюс подробности [3]. Заданная функция может быть сигналом, изображением, кривой или поверхностью. Отправной точкой для построения вейвлет-преобразования является набор вложенных пространств $V^{L-1} \subset V^L \subset V^{L+1}$.

Иными словами, с использованием вейвлет-преобразования функция в пространстве V^L последовательно проектируется на подпространства V^{L-1} и подпространство вейвлетов $W^{L-1} = V^L - V^{L-1}$.

При этом «более грубый» уровень масштабирования функций в V^{L-1} получается из «более подробного» уровня масштабирования функций в V^L посредством децимации (удаления

каждого второго, как правило, отсчета). Здесь необходимо лишь, чтобы каждая масштабирующая функция в V^{L-1} могла быть выражена в виде линейной комбинации масштабирующих функции в V^L .

В данном случае пространство V^L является пространством эрмитовых кубических сплайнов с

функциями $\varphi_0(t), \varphi_1(t)$ как масштабирующими функциями:

$$\varphi_0(t) = \begin{cases} t^2(3-2t), & 0 \leq t \leq 1, \\ (2-t)^2(2t-1), & 1 \leq t \leq 2, \\ 0, & t \notin [0,2]; \end{cases}$$

$$\varphi_1(t) = \begin{cases} -t^2(1-t), & 0 \leq t \leq 1, \\ (2-t)^2(t-1), & 1 \leq t \leq 2, \\ 0, & t \notin [0,2]. \end{cases}$$

Вейвлеты, имеющие суперкомпактный носитель, получены в [4] относительно скалярного

произведения $\langle f, g \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f'(t)g'(t)dt$:

$$\psi_0(t) = -2\varphi_0(2t) + 4\varphi_0(2t-1) - 2\varphi_0(2t-2) - 21\varphi_1(2t) + 21\varphi_1(2t-2), \quad (1)$$

$$\psi_1(t) = \varphi_0(2t) - \varphi_0(2t-2) + 9\varphi_1(2t) + 12\varphi_1(2t-1) + 9\varphi_1(2t-2). \quad (2)$$

Чтобы обеспечить выполнение свойства полуортогональности для незамкнутых кривых проще всего вычесть из исходных координат уравнение прямой, соединяющий первую и последнюю контрольные точки. После такой модификации данных пространственная эрмитова кривая может быть представлена в однородных координатах как

$$\bar{\gamma}(u) = \sum_{i=0}^n \bar{C}_i^{L,0} N_{i,0}^L(u) + \sum_{i=0}^n \bar{C}_i^{L,1} N_{i,1}^L(u), \quad (3)$$

где коэффициенты

$$\bar{C}_i^{L,k} = [w_i^{L,k} x_i^{L,k}, w_i^{L,k} y_i^{L,k}, w_i^{L,k} z_i^{L,k}, w_i^{L,k}], \quad k=0,1,$$

являются однородными координатами контрольных точек и, соответственно, направляющих косинусов касательной к кривой, причем

$\bar{C}_i^{L,0} = [0, 0, 0, 0], i=0, n$, а $N_{i,k}^L$ являются

базисными эрмитовыми кубическими сплайнами $\varphi_0(u), \varphi_1(u)$, определенными последовательностью узлов u . Удобно записать базисные сплайн-функции на данном уровне L в виде единой матрицы-строки,

$\phi^L = [N_{0,0}^L, \dots, N_{n,1}^L]$, и впредь собирать

контрольные точки и направляющие косинусы в вектор, $\bar{C}^L = [\bar{C}_0^{L,0}, \dots, \bar{C}_n^{L,1}]$. Тогда уравнение (3)

переписывается как $\bar{\gamma}^L(u) = \phi^L \bar{C}^L$. По аналогии, запишем базисные вейвлет-функции на данном

КОГНИТИВНАЯ ГРАФИКА В СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Осадчая И.А., Берестнева О.Г
Томский политехнический университет,
Irishka_tomsk@mail.ru

Человеческая природа такова, что наше постижение мира, накопление знаний о нем, решение задач, возникающих перед человеком возможно двумя различными путями. Один из них позволяет работать с абстрактными цепочками символов, с текстами и т.п. Этот механизм мышления человеческого сознания обычно называют символическим, алгебраическим или логическим. Второй механизм мышления обеспечивает работу с чувственными образами и представлениями об этих образах. Его называют образным, геометрическим, интуитивным и т.п.

Стремление человека выразить мысль, передать идею в форме графического изображения старо как мир. Графические изображения (на камне, холсте, бумаге, металле и других средствах отображения информации) давно используются в обучении. Экран компьютера как средство пассивного отображения графики не обладает принципиальной новизной. Новой для сферы обучения является интерактивность компьютерной графики, благодаря которой в процессе анализа изображений существует возможность динамически управлять их содержанием, формой, размерами и цветом, рассматривать графические объекты с разных сторон, приближать и удалять их, менять характеристики освещенности и прodelывать другие подобные манипуляции, добиваясь наибольшей наглядности. Таким образом, это возможность не только для пассивного созерцания графических иллюстраций, но и для активного исследования характеристик графических моделей изучаемых объектов или процессов.

Применение графики в исследовательских работах не только увеличивает скорость передачи информации и повышает уровень ее понимания, но и способствует развитию таких важных для специалиста любой отрасли качеств, как интуиция, профессиональное «чутье», образное мышление. Так, воздействие интерактивной компьютерной графики (ИКГ) привело к возникновению нового направления в проблематике искусственного интеллекта, названного когнитивной (т.е. способствующей познанию) компьютерной графикой.

Когнитивная графика — это совокупность приемов и методов образного представления условий задачи, которое позволяет либо сразу увидеть решение, либо получить подсказку для его нахождения.

Использование когнитивной графики дает возможность пользователю, не анализируя большого количества информации сделать определенные выводы. Информация может быть представлена когнитивным образом: сектором,

гистограммой, крестом, кругом и т.д., части, которых закрашены разными цветами и несут определенный смысл.

Отдельное направление когнитивная графика образует в социально-психологической сфере. Визуализация текущего состояния и характерных особенностей позволяет обеспечить непрерывный контроль над состоянием групп лиц, либо отдельного человека.

В докладе рассмотрены возможности применения методов когнитивной графики при решении задачи исследования социально-психологических особенностей студентов (мотивационной сферы личности).

В структуре личности мотивация - основное понятие, используемое для объяснения движущихся сил поведения и деятельности человека. Мотив всегда существует в деятельности человека до тех пор, пока не достигнута цель, либо изменившиеся условия не сделают другой мотив более насущным для данного человека.

Мотивация определяется у Х. Хекхаузена как побуждение к действию определенным мотивом. Мотивация - процесс выбора между различными возможными действиями; процесс, регулирующий и направляющий действие на достижение специфических для данного мотива целевых состояний и поддерживающих эту направленность.

Многозначность мотивационных проявлений определяет многообразие различных методик, используемых для их психодиагностики:

1. Прямые методы психодиагностики мотивации сферы личности;
2. Личностные опросники для измерения мотивов;
3. Проективные методы для диагностики мотивов.

К прямым методам психодиагностики мотивов относятся, прежде всего анкеты, в которых перечисляются различные по значимости для человека мотивы. Испытуемый, выбирая мотивы, располагает их в порядке значимости.

Проективные методы направлены на анализ продуктов воображения и фантазий. Факты, полученные в психологии, говорят о том, что мотивации достижения успехов и избегания неудач являются важными и относительно независимыми видами человеческой мотивации. От них во многом зависит судьба и положение человека в обществе.

Замечено, что люди с сильно выраженным стремлением к достижению успехов добиваются в жизни гораздо большего, чем те, у кого такая мотивация слаба или отсутствует.

Для более полной оценки перспектив общего мотивационного развития в процессе обучения или профессионального становления, полезно исследовать и характер соотношения основных мотивационных тенденций, то насколько человек стремится выйти за пределы реальной житейской ситуации и стремится к самоактуализации.

Данным задачам в наиболее полной мере соответствует методика «Мотивационный профиль личности».

Шкалы мотивационного профиля:

П - поддержание жизнеобеспечения; К - комфорт; С - социальный статус; О - общение; Д - общая активность; ДР - творческая активность; ОД - общественная полезность.

По данной методике были обследованы 3 группы студентов:

1. студенты гуманитарного факультета ТПУ;
2. бизнес-инкубатор ТПУ;
3. студенты-психологи ТПУ.

Полученные экспериментальные данные были проанализированы с использованием пакета NovoSpark. В частности были получены спектральные представления, изображенные на рисунках 1-3.

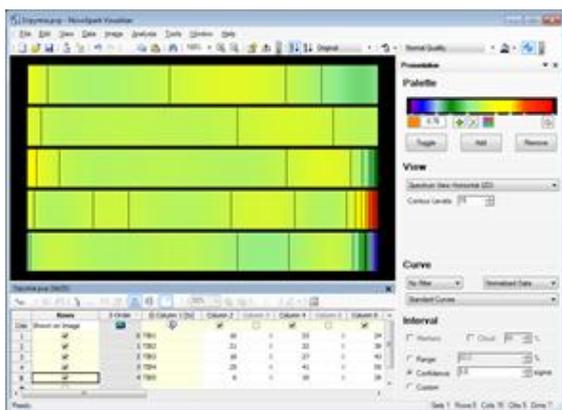


Рис.1. Спектральное представление 1 группы

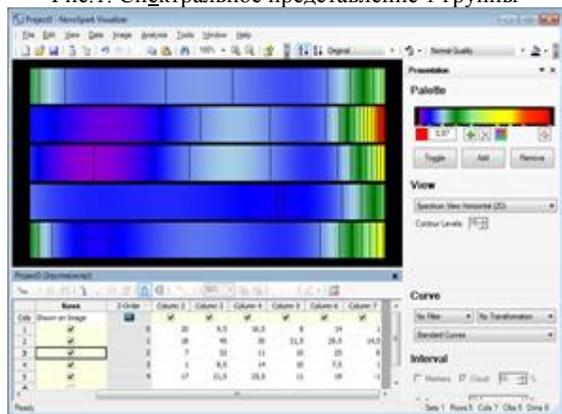


Рис. 2. Спектральное представление 2 группы

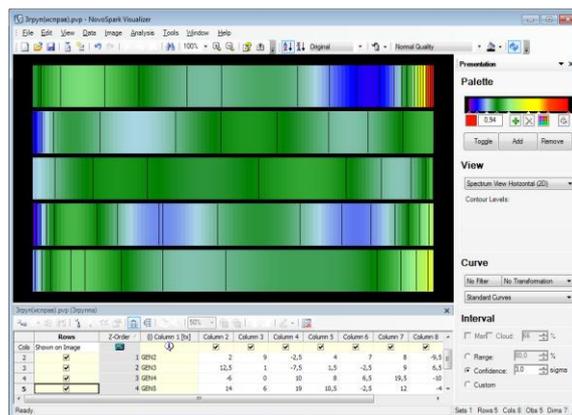


Рис. 3. Спектральное представление 3 группы

Каждая цветная полоска в спектральном виде соответствует одному человеку. На каждом образе представлено по пять полосок, соответственно представляющих пять людей из определенной группы. Цветовые схемы всех трех групп значительно отличаются друг от друга, что свидетельствует о разнонаправленности всех групп.

Как видно из рисунков, студенты 1-й и 3-й группы имеют практически одинаковую структуру мотивационного профиля. Наиболее выраженные различия в структуре мотивационного профиля наблюдаются у студентов 2-й группы.

Таким образом, использование средств когнитивной графики дает исследователю дополнительную информацию при изучении мотивационной сферы студентов, а также при решении любых задач исследования социально-психологических особенностей индивида.

Литература

1. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика /Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1991. – 187с.
2. Соловов А.В. Когнитивная компьютерная графика в инженерном образовании / Высшее образование в России, 1998. с. 90-96.
3. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с. <http://www.novospark.com>
4. Шаропин К.А., Берестнева О.Г., Шкатова Г.И. Визуализация результатов экспериментальных исследований// Известия Томского политехнического университета, 2010 – т.316, - №5. – с. 172 – 176. (23970287)
5. Козлова Н.В., Берестнева О.Г., Шелехов И.Л. Особенности личностного и профессионального становления студентов университета. Вып. 9 (87), 2009. - № 6. – с. 103 – 107. (26929022)

МОДЕЛЬ ЗАРЯДОВОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ГАЗЕ ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

И.Л. Звигинцев
Томский политехнический университет
8b20@sibmail.com

Введение

Сильноточные электронные пучки (СЭП) низких энергий находят широкое применение для решения задач по модификации поверхностных слоев материала. Однако для эффективного использования энергии, запасенной в электронных пучках необходимо решить ряд проблем. Одной из наиболее важных проблем является осуществление транспортировки электронного пучка к мишени с малыми потерями. Трудности в этом направлении связаны с используемыми параметрами пучка и ограничениями на параметры системы. Поэтому для решения проблемы транспортировки необходимо обеспечить полную зарядовую нейтрализацию и достаточно высокую токовую нейтрализацию. Наиболее просто это обеспечивается при инъекции пучка в предварительно созданную плазму либо нейтральный газ определенного давления [1]. Ниже представлена модель наработки плазменного канала в начальные моменты времени, до достижения полной зарядовой нейтрализации.

Постановка задачи

В трубу инжектируется пучок. Есть внешнее сильное магнитное поле, которое удерживает пучок от разлета. На z-границах трубы потенциал равен нулю. На левой границе трубы дрейфа пучок тормозится, за счет образования виртуального катода (ВК). Далее проходит только ток, равный предельному току в вакууме ($I_{\Pi} = 21 \div 22A$), и создает начальную ионизацию. Потенциал ВК максимален для всей трубы и равен энергии пучка. ВК ускоряет электроны плазмы в трубе. Можно считать, что их скорость растет линейно и к концу трубы соизмерима со скоростью электронов пучка. Поэтому можно грубо ее усреднить, задав $v_e = v_b / 2$. Проходящий ток пучка начинает расти за счет компенсации заряженными ионами. Электроны уходят через правую границу трубы, и в области пучка остается положительный заряд.

Когда $f(t) = \frac{n_b(t)}{n_i(t)}$ достигает некоторого значения

$f_k = f(\tau_k)$, ВК исчезает и ток проходит полностью. Здесь n_b, n_i – плотности электронов пучка и ионов плазмы соответственно. Время прохождения пучка 2-3нс. Определим время исчезновения ВК τ_k .

Основные уравнения

До исчезновения ВК уравнение наработки плазменного канала имеет вид:

$$\frac{\partial n_i(t)}{\partial t} = n_g(t) [\sigma_{ib} v_b n_b^*(t) + \sigma_{ie} v_e n_e(t)], \quad (1)$$

где $n_g(t) = n_{go} - n_i(t)$, $n_{go} = 3.5 \cdot 10^{16} p$, $\sigma_{ib} \approx \sigma_{ie} = \sigma_i$, $n_e(t) = n_i(t)(t - \tau_*)$. Здесь n_g – плотность газа, σ_{ib}, σ_{ie} – сечения ионизации электронами пучка и плазмы соответственно, p – давление газа, n_e – плотность электронов плазмы, τ_* – среднее время прохождения трубы дрейфа одним электроном. Так как τ_* достаточно мало, будем полагать $n_e(t) = n_i(t)$.

До исчезновения ВК имеет место следующее неравенство:

$$I_{b0} \frac{t}{\tau} \geq \frac{I_{\Pi}}{1 - f(t)} = \pi r_b^2 e v_b n_b^*(t), \quad (2)$$

где $n_b(t) = \frac{I_{b0}}{I_{a0} \pi r_b^2 \beta r_0 \tau} t$. Здесь r_0 – классический радиус электрона, β – относительная скорость пучка, I_{a0} – ток Альфена, r_b – радиус пучка, I_{b0} – предельный ток пучка, τ – длительность переднего фронта пучка, e – заряд электрона. Момент времени $t = \tau_k$, когда ВК исчезает, соответствует равенству в формуле 2.

Выразим из уравнения 2 $n_i(\tau_k)$:

$$n_i(\tau_k) = \frac{I_{b0}^2 \tau_k^2}{I_{a0} \pi r_b^2 \beta r_0 \tau (I_{b0} \tau_k - I_{\Pi} \tau)}. \quad (3)$$

Решение уравнения 1 представляет значительные трудности. Поэтому, для упрощения, будем считать, что $f(t) = \frac{n_b(t)}{kt}$, где $k = \frac{n_i(\tau_k)}{\tau_k}$.

Стоит заметить, что выражение 3 при этом не изменится. Тогда аналитическое решение уравнения 1 при начальных условиях $n_i(0) = h$ имеет вид:

$$n_i(t) = \frac{E(2A+h)n_{g0} - 2A(n_{g0} - h)}{E(2A+h) + (n_{g0} - h)}, \quad (4)$$

$$\text{где } A = \frac{I_{b0}\tau_k}{\pi r_b^2 e v_b \tau}, \quad E = \exp\left[\sigma v_b t \left(\frac{n_{g0}}{2} + A\right)\right].$$

Приравняв правые части уравнений (3) и (4) и заменяя $t = \tau_k$, определим τ_k . Будем определять время при заданных параметрах (так как аналитически получить его не представляется возможным): $I_{b0} = 15 \text{ kA}$, $\sigma = 10^{-17} \text{ cm}^2$, $r_b = 3 \text{ cm}$, $\beta = 0.272$, $\tau = 2 \cdot 10^{-7} \text{ s}$, $p = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Torr}$. В случае нулевых начальных условий существует только тривиальное решение.

Произведем замену в правой части уравнения 1 $n_i(t) = kt$. Тогда решение при нулевых начальных условиях примет вид:

$$n_i(t) = \frac{\sigma v_b t}{12} \left((3n_{g0} - 2kt)(kt + 4A) + 2ktA \right), \text{ где}$$

$$A = \frac{I_{b0}\tau_k}{\pi r_b^2 e v_b \tau}.$$

Приравняв правые части этого уравнения и уравнения 3 и заменяя $t = \tau_k$,

определим τ_k . При заданных выше параметрах и давлении $p = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Torr}$ время исчезновения ВК

будет равно $\tau_k = 4.23 \cdot 10^{-8} \text{ s}$. Оно достаточно мало. При давлении $p = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Torr}$ это время

равно уже $\tau_k = 4.28 \cdot 10^{-7} \text{ s}$, что достаточно велико – оно даже больше длительности переднего фронта

пучка τ . В случае давления $p = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Torr}$ это время равно $\tau_k = 4.47 \cdot 10^{-9} \text{ s}$.

Из рисунка 1 видно, что кривая, удовлетворяющая уравнению 1 близка по форме к прямой, что оправдывает допущение линейно изменяющейся плотности ионов, принятое выше.

При давлении $p = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Torr}$ исчезновению ВК соответствует плотность ионов равная $n_i(\tau_k) \approx 9 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$.

Из рисунка 2 видно, что исчезновению ВК соответствует плотность ионов равная $n_i(t_0) \approx 10^{10} \text{ cm}^{-3}$. Всплеск на пунктирном графике можно объяснить предположением линейности функции плотности ионов. В любом

случае нас интересует график, представленный сплошной линией.

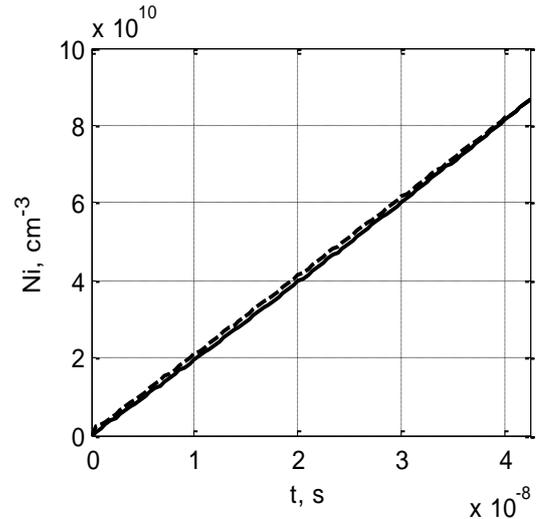


Рис. 1. Зависимость плотности ионов от времени при давлении газа $p = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Torr}$ (сплошная – для уравнения 1, пунктирная – для уравнения 2)

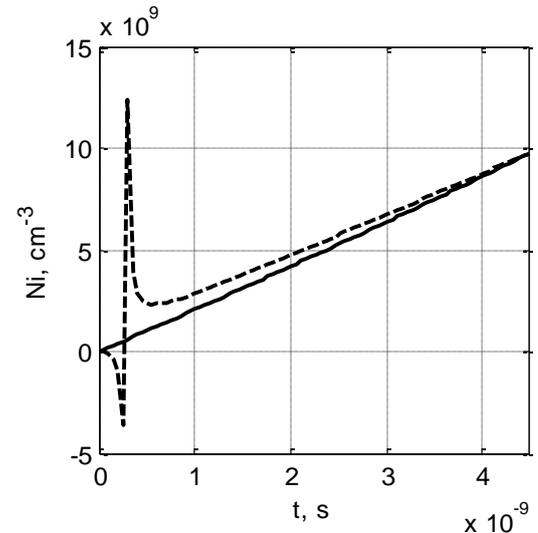


Рис. 2. Зависимость плотности ионов от времени при давлении газа $p = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Torr}$ (сплошная – для уравнения 1, пунктирная – для уравнения 2)

Заключение

В работе представлена модель наработки плазменного канала во внешнем магнитном поле в начальные моменты времени (до полной нейтрализации пучка). Проведен приблизительный расчет времени исчезновения виртуального катода. Показано, что представленная модель годится для диапазона давлений газа $p = 10^{-3} \div 10^{-2} \text{ Torr}$.

Литература

1. Григорьев В.П., Коваль Т.В., Поташев А.Г. Формирование плазменного канала электронным пучком в воздухе низкого давления во внешнем магнитном поле. — Томск: ТПУ, 2002.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ТЕРМОДЕСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

А.С. Селянин, Д.В. Савостиков
Томский политехнический университет
andrew_se@mail.ru

Введение

Метод термодесорбционной спектроскопии (ТДС) на сегодняшний день является одним из основных в исследовании процессов протекающих на поверхности вещества.

Результаты, полученные с помощью ТДС, представляют как кинетические зависимости концентрации (интенсивности) веществ от температуры или времени (рис. 1).

Обработка спектров позволяет определить такие основные параметры процессов как энергия активации, порядок реакции и фактор частоты.

Среди множества существующих методик обработки полученных спектров нами был выбран метод, основанный на решении преобразованного уравнения Поляни-Вигнера:

$$\frac{E}{kT_j} = \ln\left(\frac{T_j^2}{\psi_j}\right) + \ln\left(\frac{n_0^{i-1} \cdot s \cdot k \cdot g(E/kT_j)}{\beta \cdot E}\right) \quad (1)$$

где E – энергия активации;
 T_j – температура, соответствующая значению функции в точках на разной высоте пика;
 k – постоянная Больцмана;
 i – порядок реакции;
 ψ_j – "характеристическое время";
 β – скорость нагрева образцов
 n_0 – число частиц не участвовавших в реакции в начальный момент времени;
 s – коэффициент пропорциональности;
 $g(E/kT_j)$ – неполная Гамма функция второго рода.

Строя график (рис.2) зависимости $\frac{1}{T_j}$ как

функции от $\ln\left(\frac{T_j^2}{\psi_j}\right)$ получают прямую с наклоном

$\frac{k}{E}$, из которой определяют энергию активации и порядок реакции, а из свободного члена находят $n_0^{i-1} \cdot s$ [1].

Решение уравнения представляет определенную сложность, так как зачастую неизвестен вид функции, описывающей зависимость концентрации выделившихся газов от времени или температуры.

В рамках решения данной задачи нами было написано на языке программирования С++ программное обеспечение. Для его создания использовался компилятор Visual C++ 10.0.

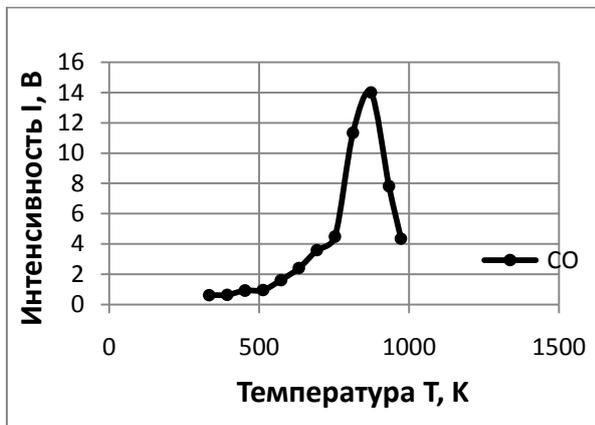


Рис.1. Термодесорбционный спектр окиси углерода с поверхности железа

Функциональные возможности программы

Программа позволяет:

- по экспериментальным данным строить зависимости концентрации выделившихся газов от температуры образца;
- осуществлять поиск и идентификацию пиков в исходном спектре;
- определять температуру (время), соответствующую максимальной концентрации выделившихся газов;
- производить расчет основных кинетических параметров процесса десорбции: энергии активации и фактора частоты для каждого пика;
- определять порядок реакции.

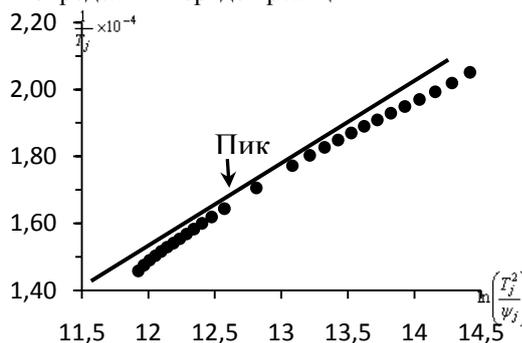


Рис. 2. График анализа измеренного пика термодесорбции окиси углерода

Структура программы и принципы реализации

Программу условно можно разделить на четыре подпрограммы (рис.3.), которые выполняют следующие задачи.

1. Первая подпрограмма, экстраполяцией экспериментальных данных, осуществляет построение кинетических зависимостей

- концентрации десорбированных газов от времени или температуры образца.
- Вторая подпрограмма находит области максимумов путем сравнения значений экспериментальных данных в трех смежных точках и разбивает спектр на отдельные пики.
 - В третьей части определяется функция и производится расчет коэффициентов полинома методом Зейделя. По найденному виду определяется максимум функции и соответствующее ему значение аргумента в заданной области.
 - На последней стадии программы производится расчет коэффициентов уравнения прямой методом наименьших квадратов. А значения температур T_j , входящие в уравнение прямой находятся методом половинного деления.

Пример

На рис. 1. Изображен термодесорбционный спектр окиси углерода, полученный в результате нагрева железа в вакууме. Скорость нагрева составляла 10 °К/мин. С помощью созданной программы были рассчитаны кинетические параметры процесса выделения окиси углерода с поверхности дисперсного железа (рис.2): десорбция протекает по первому порядку с энергией активации 83356 Дж/моль, максимумом десорбции наблюдается при температуре 859,3 °К.

Заключение

Для анализа экспериментальных данных, полученных методом термодесорбционной спектроскопии нами было создано программное обеспечение, позволяющее существенно упростить обработку полученных данных, а также сократить время расчетов основных кинетических параметров процессов.

Литература

- Aart A. van Gorkum. A new method for analyzing 1st and 2nd order desorption spectra and glow curves. J. Appl. Phys., Vol. 51, No. 5, p. 2594-2601 May 1980.

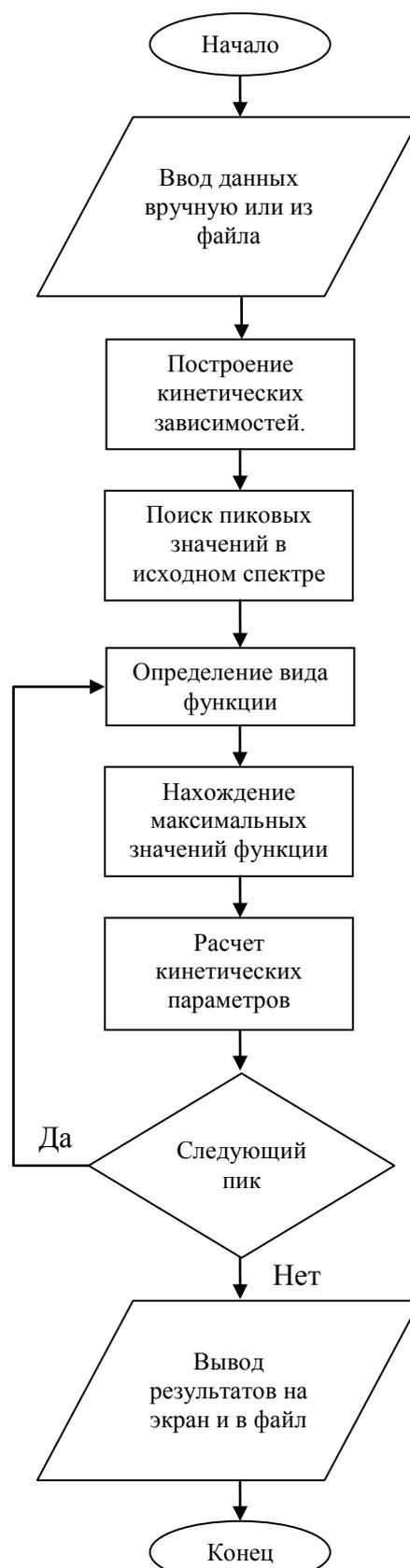


Рис. 3. Блок-схема программы

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАНАРНО -КОАКСИАЛЬНОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ВИРТУАЛЬНЫМ КАТОДОМ

Нгуен Минь Туан, Г.В. Мельников
Томский политехнический университет
nguyenminhtuan@mail.ru

Введение

Приборы с виртуальным катодом (ВК), называемые виркаторами, являются генераторами микроволнового излучения в сантиметровом диапазоне частот с гигаваттным уровнем мощности [1]. Одним из достоинств является возможность использования всего тока пучка, что обеспечивает получение такого высокого уровня мощности излучения в этих генераторах. Они отличаются конструктивной простотой, компактностью и отсутствием внешнего магнитного поля. Все это определяет повышенный интерес к таким системам.

В настоящее время разработаны генераторы с электродами плоской и коаксиальной конфигурации. В отражательном триоде с ВК с плоско-параллельными электродами высокая эффективность обеспечивается благодаря взаимодействию с полем резонансной структуры сгруппированных по фазе осциллирующих электронов [2-3]. В виркаторе коаксиального типа с радиально сходящимся пучком уровень мощности существенно зависит от условий формирования виртуального катода и однородности распределения пучка по углу, но в таких генераторах легче осуществить одномодовый режим генерации. Представляет интерес новая конструкция отражательного триода с плоскопараллельными электродами, в котором анод имеет форму прямоугольного цилиндра и играет роль внутреннего проводника коаксиальной электродинамической системы. Данная конструкции отражательного триода должна сочетать в себе преимущества отражательного триода с плоскими катодом и анодом и коаксиального виркатора с радиальным пучком. Наибольший интерес представляет возможность генерации в таких приборах бездисперсионной ТЕМ-моды, для которой можно эффективно использовать согласующие элементы, рассчитанные на узкую полосу частот.

В работе представлена конструкция планарно-коаксиального отражательного триода и проводится экспериментальное измерение импульсной мощности излучения, частотного состава и формы импульса. Эксперименты проводились в физико-техническом институте ТПУ.

Проект экспериментального генератора

Для экспериментальной реализации планарно-коаксиального отражательного триода с ВК разработана схема, представленная на рис.1.

Экспериментальная установка представляет собой сильноточный электронный ускоритель

прямого действия на базе двойной формирующей линии. Ускоритель формирует на нагрузке, которой является планарно-коаксиальный отражательный триод с ВК, импульс напряжения ~ 450 кВ и длительностью импульса ~ 120 нсек. Согласованная нагрузка составляет 8 Ом.

В предлагаемом планарно-коаксиальном генераторе устанавливается четыре плоско-параллельных промежутка, сеточные аноды которых соединяются в квадратную призму с закругленными ребрами. С обеих сторон призма плавно переходит в полый цилиндр для образования внутреннего проводника коаксиального волновода. Со стороны окна для вывода микроволнового излучения полый цилиндр переходит в конус, представляющий собой трансформатор типа волны, который преобразует ТЕМ моду в моду TM_{01} , способную распространяться по круглому волноводу. Использование плоско-параллельных ускоряющих промежутков позволяет независимо осуществлять точную подстройку величин каждого промежутка, а также управлять возбуждением типов колебаний, например, аксиально-несимметричной моды TE_{n1} .

При подаче положительного импульса напряжения от сильноточного ускорителя через изолятор на анодный узел генератора каждый из четырех катод-анодных промежутков формирует осциллирующий электронный поток, взаимодействующий с полем резонансной системы. Электромагнитное излучение выводится в свободное пространство через рупорную антенну 4. Для его регистрации в дальней зоне антенны установлен приемник излучения, состоящий из пирамидальной антенны, волноводного аттенюатора поляризационного типа, измерителя частот и мощности излучения.

Результаты

Эксперименты были проведены для разных режимов работы катодных электродов, а также для диодного режима. Исследования проводились при диодных промежутках 1-2 см. Прозрачность сетки составила 0.6.

Измерения СВЧ излучения, генерируемого в режиме работы с осциллирующим электронным потоком, проводились на оси виркатора и на таком же расстоянии на углу 30° .

На рис.2 показаны осциллограмма тока, а так же относительные ускоряющие напряжения и импульсы излучения для режима работы одного катода размерами 4x10 см.

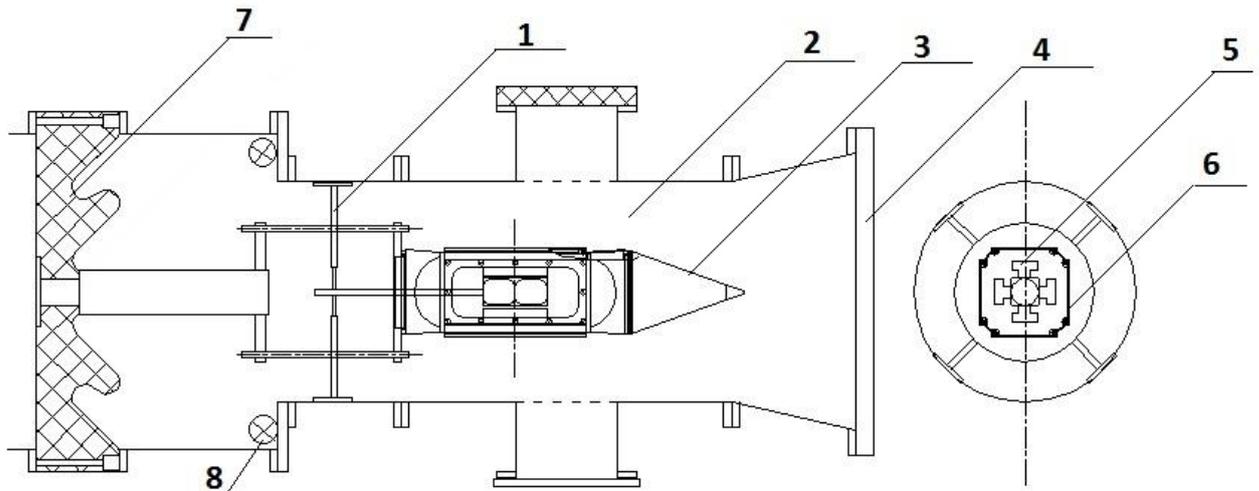


Рис. 1. Схема экспериментальной системы с планарно-коаксиальным триодом с ВК
1 - отражатель; 2 - вакуумная камера; 3 - трансформатор типа волн; 4 - выходное окно; 5 - катод;
6 - анод-сетка; 7 - изолятор; 8 - Пояс Роговского

Из рисунки видно, что максимальное значение тока 40 кА, максимальное напряжение 450 кВ, плотность мощности излучения на расстоянии 3 м от выходного окна рупорной антенны составила порядка 0.7 кВт/см² на углу 30° и около 1.5 кВт/см² на оси вилкатора. Частота излучения находилась в интервале между 3.1 ГГц и 3.3 ГГц.

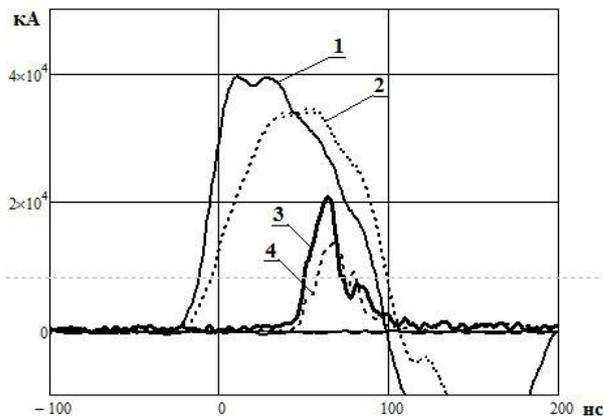


Рис. 2. Оциллограмма тока ускоряющего напряжения и импульса излучения. 1- напряжение, 2- ток, 3, 4- плотности мощности излучения на оси и на углу 30°

По распределению мощности излучения можно сделать вывод о том, что возбуждалась в планарно-коаксиальном отражательном триоде волна TE₁₁.

В работе проводились эксперименты с двумя катодами, расположенными параллельно друг другу. Ток в триоде увеличился до 50 кА при том же напряжении, однако излучение отсутствовало. Это можно объясняется отсутствие синхронизации работы двух катодов. Для возбуждения волны TE₁₁ необходимо учитывать расположение двух катодов,

так как электронный пучок взаимодействует с стоячей волной благодаря отражателю (рис. 1).

Исследование при разных диодных зазорах показало, что наибольшая мощность получена при зазоре $d=12$ мм, при котором имело место резонансное взаимодействие пучка с полем волны. При $d=20$ мм уменьшение мощности связано с выходом из резонанса, так и с уменьшением числа осциллирующих электронов в области катод- ВК.

Выводы

В работе представлены экспериментальные результаты в планарно-коаксиальном отражательном триоде. Показано, что при работе одного катода возбуждена волна H₁₁. Для увеличения мощности прибора за счет дополнительных катодов необходимо учитывать их взаимное расположение. Для возбуждения аксиально-симметричной моды TM₀₁ необходимо возбуждать TEM моду при работе всех катодов.

Литература

1. Диденко А.Н., Григорьев В.П., Жерлицын А.Г.//Плазменная электроника. Сб. научных трудов. – Киев: Изд-во «Наукова думка», 1989.
2. Жерлицын А.Г., Мельников Г.В., Кузнецов С.И.//Радиотехника и электроника. 1990. Том 35. № 6. С.1274.
3. Жерлицын А.Г., Мельников Г.В., Исаков П.Я.// Радиотехника и электроника. 2007. Том 52. № 7. С.857-861.
4. M.Yu. Antoshkin, V.P. Grigoriev, T.V. Koval, Radiotekhnika i elektrinika, 8, 1300 (1995).
5. W.Jiang, K.Woolvrtton, J.Dickens and M. Kristiansen.IEEE transaction on plasma science, 27/5, 1538, (1999). P.1538-1542

ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КОНЕЧНОГО АВТОМАТА И РАЗБОР ЦЕПОЧЕК

*Старостина А.Д., Фетисова Д.С., Яковлева Г.М.
Читинский государственный университет
fetisova_ds@mail.ru*

Введение

Рассмотрим работу конечных автоматов.

Конечный автомат – в теории алгоритмов математическая абстракция, позволяющая описывать пути изменения состояния объекта в зависимости от его текущего состояния и входных данных, при условии, что общее возможное количество состояний конечно.

Существуют различные варианты задания конечного автомата:

1. на языке множеств;
2. таблица переходов;
3. диаграмма состояний (графом переходов).[1]

На языке множеств конечный автомат может быть задан с помощью пяти параметров:

$M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ где:

Q – конечное множество состояний автомата;

q_0 – начальное состояние автомата ($q_0 \in Q$);

F – множество заключительных (или допускающих) состояний, таких что $F \subset Q$;

Σ – допустимый входной алфавит (конечное множество допустимых входных символов), из которого формируются строки, считываемые автоматом;

δ – заданное отображение множества $Q \times \Sigma$ во множество $P(Q)$ подмножеств Q :

$\delta: Q \times \Sigma \rightarrow P(Q)$

(иногда δ называют функцией переходов автомата).[2]

Автомат начинает работу в состоянии q_0 , считывая по одному символу входной строки. Считанный символ переводит автомат в новое состояние из Q в соответствии с функцией переходов. Если по завершении считывания входного слова (цепочки символов) автомат оказывается в одном из допускающих состояний, то цепочка «принимается» автоматом. В этом случае говорят, что она принадлежит языку данного автомата или является допустимой. В противном случае входная цепочка «отвергается» и называется недопустимой.

Существует 2 типа конечных автоматов:

1. Детерминированным конечным автоматом (ДКА) называется такой автомат, в котором для каждой последовательности входных символов существует лишь одно состояние, в которое автомат может перейти из текущего положения.
2. Недетерминированный конечный автомат (НКА) является обобщением детерминированного конечного автомата. Недетерминированность автоматов достигается двумя способами: или существуют переходы, помеченные пустой цепочкой ϵ или из одного

состояния выходит несколько переходов, помеченных одним и тем же символом.[4]

В данной работе под понятием конечный автомат будем понимать детерминированный конечный автомат.

Конечные автоматы широко используются на практике, например в синтаксических, лексических анализаторах, и тестировании программного обеспечения на основе моделей. Данная программа была разработана как вспомогательное приложение при изучении конечных автоматов и алгоритма разбора цепочек.[3]

Описание программы

Представленная работа выполнена с использованием среды визуального объектно-ориентированного программирования Delphi, которая позволила создать приложение имеющее:

- простой, удобный, интуитивно понятный пользователю интерфейс со всеми преимуществами Windows: динамическими окнами, кнопками и т.д.;
- управление, как с помощью мыши, так и клавиатурой;
- обработку всех ошибок пользователя.

Входными данными в программе являются: элементы множества всевозможных состояний, элементы множества допустимых входных символов, множество заключительных состояний, входная цепочка. В программе присутствует проверка на соответствие типов, принадлежность диапазону допустимых значений и соответствие структурной корректности.

Выходными данными программы являются результаты обработки входных данных, а именно графическое представление конечного автомата в виде диаграммы состояний, результат анализа входной цепочки, в виде сообщения является ли она допустимой или нет, а также аналитический и графический разбор этой цепочки на графе.

Один из наиболее важных алгоритмов в данной программе это построение графа переходов. Этот алгоритм включает в себя следующие этапы:

1. Производим посимвольный разбор введённых данных для построения таблицы, определяющей функции переходов. При этом осуществляем проверку на ввод существующих состояний и при ошибке выводим соответствующее сообщение.
 2. Разбираем список вершин и строим последовательно вершины графа:
- если вершина не является заключительным состоянием (т.е. не входит во множество F), то изображаем её в виде окружности;

АНАЛИЗ ФАЗОВОГО ПОРТРЕТА ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ЭЭГ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Будаева Н. Д., Марченко В. В.
Томский политехнический университет,
natalia_budaeva@mail.ru

Электроэнцефалография (ЭЭГ) – один из основных методов анализа деятельности мозга, основанный на регистрации его электрических потенциалов, был открыт австрийским психиатром Гансом Бергером в 1928 году. В настоящее время развитие вычислительной техники позволило перейти от чисто визуального анализа электроэнцефалограмм, к качественно новым математическим методам обработки [1].

Динамическая система может быть описана с помощью фазового пространства, координаты которого являются элементами состояния, а точки в таком гиперпространстве характеризуют все возможные состояния системы [2]. Согласно принятой терминологии, непрерывные кривые, последовательно соединяющие точки состояния и описывающие движение системы, называются траекториями и образуют фазовый портрет, который является геометрической характеристикой динамической системы. Таким образом, мы строим зависимость текущего измеренного значения электрического потенциала от предыдущего, которая отражает степень упорядоченности в системе.

Геометрический метод анализа

При геометрическом методе анализа ЭЭГ полученное хаотичное облако точек на фазовой плоскости аппроксимируется эллипсом. В работах [3–4] указывается, что данная фигура является оптимальной для охвата фазового портрета произвольной формы.

Аппроксимация проводится по следующему алгоритму:

1. Определяются четыре крайние точки:
 - С максимальной координатой по оси Y – $I(x_1, y_1)$;
 - С минимальной координатой по оси Y – $II(x_2, y_2)$;
 - С максимальной координатой по оси X – $III(x_3, y_3)$;
 - С максимальной координатой по оси X – $IV(x_4, y_4)$
2. Центр эллипса определяется как точка C , равноудалённая от крайних точек:

$$X_c = (x_3 + x_4)/2, Y_c = (y_3 + y_4)/2.$$

3. Определяется первая полуось эллипса.
 - Вычисляется максимально удалённая от начала координат точка:

$r_{\max} = \max_i \sqrt{x_i^2 + y_i^2}$, $i = 1, \dots, N$, где N – количество точек в облаке.

Прямая y_1 , соединяющая эти две точки, будет первой полуосью эллипса.

- Вычисляются параметры прямой, являющейся первой полуосью эллипса:

$$y = a_1 \cdot x + b_1, \text{ где } a_1 \text{ будет углом наклона оси эллипса.}$$

- Вычисляется размер первой полуоси эллипса a , как расстояние между точками I и C .
- Определяется перпендикулярная первой полуоси прямая y_2 , проходящая через центр эллипса. Вычисляются её параметры a_2, b_2 .
- Определяется максимально удалённая от первой полуоси и центра точка B . Она будет являться точкой, через которую пройдёт эллипс.
- Определяется новое начало координат, смещённое в центр эллипса и повернутое на угол поворота эллипса. Подставляя в уравнение эллипса значение первой полуоси и координаты точки (в новой системе координат), вычисляют значение второй полуоси b .
- Аппроксимируется эллипс по полученному уравнению в новой системе координат.
- Вычисляется размер площади аппроксимирующего эллипса, как

$$S = \pi ab$$

В качестве основных параметров аппроксимирующего эллипса рассматриваются: размеры большой и малой полуосей (a и b), площадь эллипса (S), тангенс угла наклона большой полуоси к оси абсцисс (α), сдвиг центра эллипса относительно начала координат (R), а также коэффициент эксцентриситета (k).

Рассматриваемый в данной статье метод был применен для обработки вызванных потенциалов ЭЭГ группы детей и подростков обоего пола в возрасте от 7 до 17 лет численностью 35 человек, набранной в Томском НИИ Курортологии и физиотерапии. Состояние детей оценивалось при поступлении ребенка на лечение и по окончании курса реабилитации. Для исследований группа была поделена надвое в соответствии с диагнозом ребенка: ожирение (19 человек), аутоиммунный тиреоидит (АИТ, 16 человек).

Для анализа выбирался сигнал вызванного потенциала ЭЭГ с височно-теменного отведения, не содержащий артефактов. Каждый сигнал отображался на «фазовой» плоскости. Таким образом, состояние каждого ребенка в группе характеризовалось 6-ю параметрами. Затем для каждого параметра, определенного геометрическим методом, были рассчитаны следующие статистические показатели в подгруппе детей с

определенным заболеванием: максимальное, минимальное и среднее значения, исправленные дисперсия и среднеквадратическое отклонение, точность при доверительной вероятности 0,95, а также нижняя и верхняя границы доверительного интервала. Полученные результаты, наглядно демонстрирующие различия между исследуемыми группами детей, приведены на рис. 1 – 3.

Из графиков хорошо видны различия в значениях параметров как между группами детей с различными заболеваниями, так и внутри группы с одним заболеванием до и после лечения. Причем визуальная разница проявляется не только между средними значениями одного параметра, но и в размере доверительных интервалов.

С использованием критерия Вилкоксона [5] доказано, что параметры сигнала ЭЭГ, выделенные с помощью геометрического метода, значимо отличаются для разных заболеваний (см. табл. 1), что указывает на наличие связи между определенным заболеванием и деятельностью головного мозга. В табл. 1 символ «+» показывает значимые различия параметра, «-» – отсутствие значимых различий.

Таблица 1 показывает, что наибольший эффект курс реабилитационной терапии оказывает на группу с заболеванием ожирение.

Наиболее информативными показателями являются, сдвиг центра эллипса относительно начала координат и коэффициент эксцентриситета.

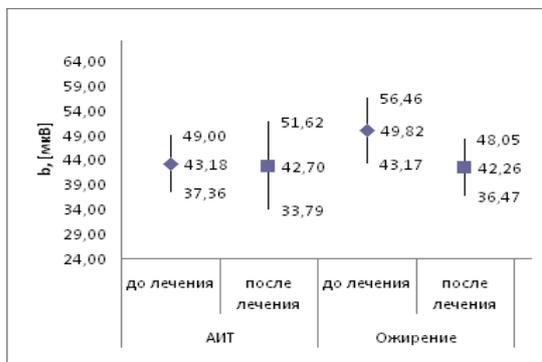


Рис.1. Медианы и доверительный интервал размера малой

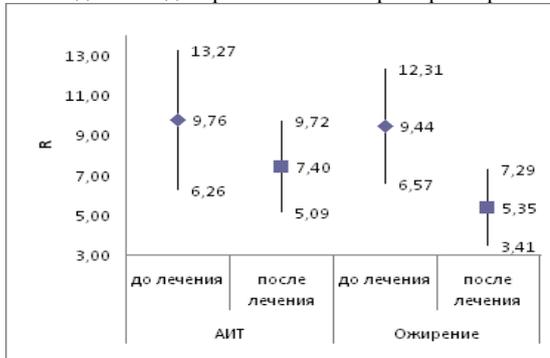


Рис.2. Медианы и доверительный интервал сдвига центра эллипса относительно начала координат

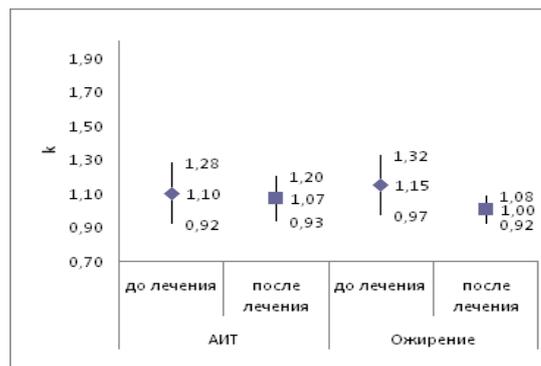


Рис.3. Медианы и доверительный интервал коэффициента эксцентриситета.

Таблица 1. Значимость различий между параметрами геометрического метода

Параметр	АИТ	Ожирение
α	-	-
a	-	-
b	-	+
S	-	-
R	+	+
k	+	+

Таким образом, геометрический метод показал свою работоспособность на реальных данных. Параметры сигнала ЭЭГ, выделенные с помощью геометрического метода, отличаются для разных заболеваний. Кроме того, установлено, что в зависимости от особенностей патологии дети по-разному реагируют на лечение, что необходимо учитывать при составлении курса реабилитационной терапии.

Литература

- Сахаров В.Л., Андреев А.С. Методы математической обработки электроэнцефалограмм: Учебное пособие.– Таганрог: “Антон”.
- Сидоренко А. В., Ходулев В. И., Селицкий А. П. Нелинейный анализ электромиограмм. – Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2006, №11, с. 53-59.
- Лужнов П.В., Парашин В.Б., Шамкина Л.А. Разработка графического анализа variability сердечного ритма. – Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2004, №10, стр. 44-49
- Лужнов П.В., Парашин В.Б., Шамкина Л.А. Разработка метода анализа variability сердечного ритма при психофизиологических пробах для детекции эмоционально значимых стимулов. – Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2005, №10, стр. 49-56.
- Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. Изд. 7-е, стер. – М.: Высш. шк., 2000.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИТЕРАТИВНОГО НАУЧЕНИЯ

Балацкий М.Е., Кудрявцев В.С.

Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева
vladimirkudryavc@yandex.ru

Рассмотрим процесс итеративного научения, который является следствием решения последовательности аналогичных задач и перехода от незнания к знанию путем продуцирования информации, при взаимодействии обучающегося с проблемной средой. Особую роль в системе «Обучающийся – Проблемная среда» играет процесс изменения (развития) структуры системы действий обучающегося, регулируемый с помощью каналов обратной связи.

Основой функционирования главной и местной обратных связей являются исполнительные механизмы, преобразующие интерфейс проблемной среды. Они реализуют, информационное (реализованное в виде индикатора расстояния до цели, информирующего о количестве действий, которые необходимо совершить для перехода в целевое состояние) и мотивационное (отображение изменений функции ценности состояния обучающегося с помощью дискретной системы уровней деятельности) управление учебной деятельностью. Постоянно, пока обучающийся не решит задачу (и не научится решать задачи данного типа), проблемная среда будет посылать сигналы. При этом индивидуальные способности обучающихся влияют лишь на процесс поиска решения задачи, но не на результат. Такая система, управляющая самоорганизацией деятельности обучающегося, получила название автоматического регулятора учебной деятельности $Tr@cK$ (далее регулятор $Tr@cK$). Следуя [1] опишем принципы его функционирования.

Регулятор $Tr@cK$ предназначен для управления учебной деятельностью обучающихся решению задач или проблем (обобщенное название компьютерных программ, созданных на его основе – Проблемные среды). Употребление термина «Учебная деятельность» [2] обусловлено тем, что регулятор $Tr@cK$ не управляет процессом обучения, а создает для обучающегося условия, позволяющие реализовать его поисковую активность с помощью некоторого набора доступных действий.

Цель функционирования регулятора $Tr@cK$ состоит в том, чтобы привести структуру системы действий обучающегося – набор осуществляемых им действий и их последовательность – в такое состояние, когда каждое, совершаемое действие будет приближать решение задачи. Для достижения этой цели регулятор $Tr@cK$ поощряет правильные действия и угнетает неправильные. Общая структурная схема регулятора $Tr@cK$ представлена на рис. 1.

Регулятор $Tr@cK$ производит поиск такого требуемого значения параметров местной обратной

связи (аргументов передаточной функции звена 6, реализующего эту связь), при котором структура системы действий $z(t)$ обучающегося 8 будет соответствовать целям функционирования регулятора $g(t)$. Проверка этого соответствия осуществляется в цепи главной обратной связи в моменты срабатывания переключателя 9, когда включается звено 10, определяющее параметры структуры системы действий обучающегося на основе сохраненной во внешней памяти 11 последовательности действий.

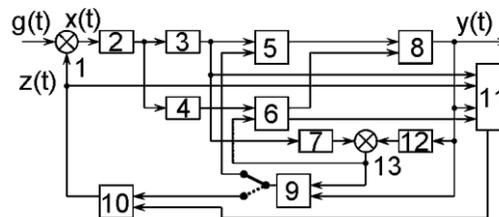


Рис. 1. Структурная схема регулятора учебной деятельности $Tr@cK$

При этом истинные законы изменения параметров структуры системы действий обучающегося $z(t)$ установить невозможно в силу объективных причин, зависящих от психических, физиологических, интеллектуальных и других индивидуальных особенностей конкретного человека. Обучающийся, деятельность которого подлежит регулированию является «черным ящиком». Подавая на его входы (органы чувств, в частности – глаза или уши) управляющие сигналы, смысл которых ему знаком, на выходе мы имеем сигналы (в виде зафиксированных действий, доступных в проблемной среде, им совершаемых). Анализ протоколов деятельности, сохраненных во внешней памяти, является наиболее интересным направлением исследования – он позволяет устанавливать вид и параметры передаточной функции для каждого обучающегося, т. е. диагностировать индивидуальные особенности осуществления учебной деятельности.

Элемент сравнения 1 производит вычитание $x(t) = g(t) - z(t)$ и тем самым определяет рассогласование между реальной структурой системы действий обучающегося $z(t)$ и требуемой $g(t)$ – исключаяющей неправильные действия. На основании вычисленной ошибки $x(t)$ звено 2 определяет уровень деятельности обучающегося L_i , где i – номер очередного формируемого звеном 3 задания – новой задачей (проблемной) ситуации. L_i дискретно изменяется во времени (после выполнения очередного задания) и определяется

лишь параметрами структуры системы действий обучающегося при выполнении предыдущего ($i-1$) задания. $L_1 = 1$. В зависимости от значения уровня деятельности звено 4 определяет параметры функционирования местной обратной связи 6.

Сформированная звеном 3 задача отображается интерфейсом проблемной среды, приведенным модулем 5 в состояние, соответствующее начальным параметрам. Элемент памяти 7 сохраняет тот же набор параметров, но содержащий значения, достижение которых соответствует решению поставленной задачи. Преобразование объектов проблемной среды для достижения этого соответствия является для обучающегося локальной целью, которую он должен достичь, используя систему действий, доступных ему в проблемной среде. Кроме того, модуль 5 реализует все изменения интерфейса проблемной среды, связанные с действиями обучающегося. При этом формирование новой задачной ситуации (формирование соответствующего состояния интерфейса) происходит лишь в моменты включения главной обратной связи, а текущие изменения отображаются после каждого совершенного обучающимся действия.

Для реализации местной обратной связи после каждого действия обучающегося вычислительное звено 12 определяет изменение параметров объектов проблемной среды, а элемент сравнения 13 определяет рассогласование между текущей обстановкой и значениями, сохраненными звеном 7. Величина этого рассогласования, выраженная в количестве дискретных шагов (каждый из которых – это конкретное действие обучающегося, дискретно изменяющее определенный параметр проблемной среды) определяет расстояние до цели (решения задачи). Эта информация, составляющая основу местной обратной связи, позволяет отличить правильные действия от неправильных и позволяет обучающемуся достичь решение текущей задачи.

В моменты времени, когда расстояние до цели равно нулю, переключатель 9 может изменить свое состояние при поступлении от обучающегося сигнала об окончании выполнения задания. Если такого сигнала не поступает (обучающийся не

нажимает соответствующую кнопку), регулятор продолжает функционировать по малому кругу чрез местную обратную связь. И напротив, если расстояние до цели не равно нулю, переключатель 9 не изменит своего состояния при поступлении этого сигнала.

Изменение состояния переключателя 9 включает контур главной обратной связи, в который включено звено 10, определяющее параметры структуры системы действий обучающегося на основе формализованной информации, сохраненной в модуле внешней памяти 11. Отметим, что при формировании очередной проблемной ситуации вновь возникает рассогласование в элементе сравнения 13 и переключатель 9 переходит состояние, когда сигналы проходят по контуру местной обратной связи и регулируют процесс поиска обучающимся решения текущей задачи.

Благодаря информации записанной системой о действиях обучающегося появляется возможность анализа деятельности обучающегося в любое удобное для исследователя время.

Приведенное описание показывает, что регулятор $Tg@cK$ производит поиск такого режима работы местной обратной связи, при котором деятельность обучающегося наиболее эффективна. Учитывая, что истинные законы изменения параметров структуры системы действий обучающегося установить невозможно, регулятор $Tg@cK$ можно определить как экстремальную самонастраивающуюся систему автоматического управления дискретного действия.

Литература

1. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления // В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
2. Дьячук П.П., Дроздова Л.Н., Бортновский С.В. П.П. Дьячук(мл.), И.В. Шадрин Управление адаптацией обучающихся в проблемных средах и диагностика саморегуляции учебных действий./ Монография- Красноярск, РИО КГПУ, 2010.-19,5с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ РЫНКА ЦЕННЫХ БУМАГ

Ле Тху Куинь

Томский политехнический университет
thuquynh@mail.ru

Введение

Проблема прогнозирования динамики рынка ценных бумаг, имеющая большой интерес на протяжении нескольких десятков лет, остается актуальной и в наше время.

Существует ряд подходов к построению модели динамики фондового рынка. Многие из них основаны на теории детерминированного хаоса с использованием важного инструмента – технического анализа.

Большое распространение на практике нашел метод, основанный на анализе поведения параметров японских свечей. Свечи характеризуются следующими параметрами:

1. Тело (real body): прямоугольник, который рисуется в промежутке между ценами открытия и закрытия.
2. Тени (shadows): вертикальные палочки сверху и снизу тела, определяющие соответственно самую высокую (high) и самую низкую (low) цены.
3. Цвет тела свечи зависит от взаимного расположения цен открытия и закрытия: свеча раскрашивается белым цветом если цена закрытия превышает цену открытия, а черным цветом в обратном случае [2].

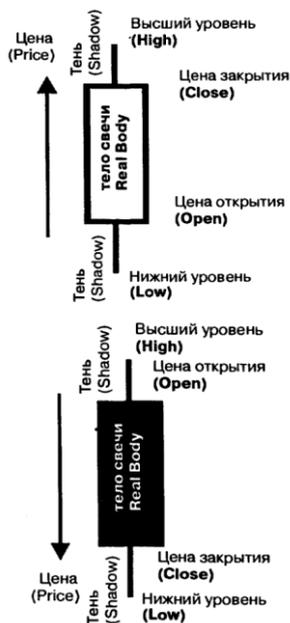


Рис.1. Схема японских свечей

Существующие модели на базе японских свечей, использующиеся техническим аналитиком, не позволяют быстро прогнозировать поведение цены в точное время.

С математической точки зрения, тело свечи есть разностная аппроксимация первой

производной от цены во время, цвет свечи есть ее знак, а набор нескольких двух до четырех свечей дает нам неявную оценку второй производной от цены, которая используется для прогноза в техническом анализе.

В данной модели, поведение рынка ценных бумаг описывается только математическими инструментами и используются все параметры, характеризующие японские свечи, такие как цена открытия и закрытия, тело свечи и ее цвет, высший и нижний уровни цен.

Перед тем, как построить математическую модель необходимо обработать данные. Из файла всех данных, в котором цены находятся на неравномерной дискретной часовой сетки, восстановлены значения цены в узлах интерполяционными функциями. Обработанные данные получают как единственный массив, в который включаются цены в узлах, самые высокие и самые низкие цены, соответствующие их фиксированным моментам времени.

Математическая постановка задачи и построение модели

Поведение показателей рынка ценных бумаг описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений, которая имеет следующий вид [4]:

$$\dot{\bar{X}} = A \cdot \bar{X} + \bar{F}, \quad (1)$$

где

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \\ X_3(t) \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} a_1(t) & 0 & 0 \\ 0 & b_2(t) & 0 \\ 0 & 0 & c_3(t) \end{bmatrix},$$

$$\bar{F} = \begin{bmatrix} a_2(t) \cdot X_1(t) \cdot X_2(t) + a_3(t) \cdot X_1(t) \cdot X_3(t) \\ b_1(t) \cdot X_1(t) \cdot X_2(t) + b_3(t) \cdot X_2(t) \cdot X_3(t) \\ c_1(t) \cdot X_1(t) \cdot X_3(t) + c_2(t) \cdot X_2(t) \cdot X_3(t) \end{bmatrix},$$

$a_i(t), b_i(t), c_i(t), i=1,2,3$: неизвестные коэффициенты, зависящие от времени t ;

$X_1(t)$ – усредненная цена акции в узле, которая вычисляется по следующей формуле:

$$X_1(t_i) = \frac{\text{Цена открытия}(t_{i+1}) + \text{Цена закрытия}(t_i)}{2}$$

Обозначим через $Y(t_i)$ – цена акции в i -той момент времени, $i=1..n$, тогда:

$$X_1(t_i) = \frac{Y_{\text{открытие}}(t_{i+1}) + Y_{\text{закрытие}}(t_i)}{2}$$

$X_2(t)$ – первая производная от $X_1(t)$: $X_2(t) = \dot{X}_1(t)$

$X_3(t)$ – вторая производная от $X_1(t)$: $X_3(t) = \ddot{X}_1(t)$

Поскольку прогноз строится на одном шаге, внешние условия считаются неизменными то можно их не учитывать в модели.

Таким образом, система (1) есть однородная система нелинейных дифференциальных уравнений. В качестве начальных условий берутся значения переменных в конечном моменте времени t_k : $X_1(t_k)$, $X_2(t_k)$, $X_3(t_k)$, которые известны из исходного временного ряда. Решение задачи Коши в интервале времени $[t_k, t_{k+1}]$ дает нам прогностические значения характеристик рынка в моменте времени t_{k+1} .

Чтобы решить систему (1) необходимо определить коэффициенты $a_i(t)$, $b_i(t)$, $c_i(t)$, $i=1,2,3$. Для этого рассмотрим модель в фиксированные моменты времени t_k, t_{k-1}, t_{k-2} , в результате получаются следующие системы линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} \dot{X}_1(t_k) = a_1(t)X_1(t_k) + a_2(t)X_1(t_k)X_2(t_k) + a_3(t)X_1(t_k)X_3(t_k) \\ \dot{X}_1(t_{k-1}) = a_1(t)X_1(t_{k-1}) + a_2(t)X_1(t_{k-1})X_2(t_{k-1}) + a_3(t)X_1(t_{k-1})X_3(t_{k-1}) \\ \dot{X}_1(t_{k-2}) = a_1(t)X_1(t_{k-2}) + a_2(t)X_1(t_{k-2})X_2(t_{k-2}) + a_3(t)X_1(t_{k-2})X_3(t_{k-2}) \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \dot{X}_2(t_k) = b_2(t)X_2(t_k) + b_1(t)X_1(t_k)X_2(t_k) + b_3(t)X_2(t_k)X_3(t_k) \\ \dot{X}_2(t_{k-1}) = b_2(t)X_2(t_{k-1}) + b_1(t)X_1(t_{k-1})X_2(t_{k-1}) + b_3(t)X_2(t_{k-1})X_3(t_{k-1}) \\ \dot{X}_2(t_{k-2}) = b_2(t)X_2(t_{k-2}) + b_1(t)X_1(t_{k-2})X_2(t_{k-2}) + b_3(t)X_2(t_{k-2})X_3(t_{k-2}) \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \dot{X}_3(t_k) = c_3(t)X_3(t_k) + c_1(t)X_1(t_k)X_3(t_k) + c_2(t)X_2(t_k)X_3(t_k) \\ \dot{X}_3(t_{k-1}) = c_3(t)X_3(t_{k-1}) + c_1(t)X_1(t_{k-1})X_3(t_{k-1}) + c_2(t)X_2(t_{k-1})X_3(t_{k-1}) \\ \dot{X}_3(t_{k-2}) = c_3(t)X_3(t_{k-2}) + c_1(t)X_1(t_{k-2})X_3(t_{k-2}) + c_2(t)X_2(t_{k-2})X_3(t_{k-2}) \end{cases} \quad (4)$$

Первые производные в левых частях уравнений систем (2), (3), (4) оцениваются с помощью кубического сплайна. Из решения систем (2), (3), (4) находим искомые параметры, которые считаем постоянными на шаге прогноза. Полученные коэффициенты $a_i, b_i, c_i, i = 1, 2, 3$ поставим их в систему (1) с начальными условиями $X_1(t_k), X_2(t_k), X_3(t_k)$, получим следующую систему нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{X}_1(t_k) = a_1X_1(t_k) + a_2X_1(t_k)X_2(t_k) + a_3X_1(t_k)X_3(t_k) \\ \dot{X}_2(t_k) = b_2X_2(t_k) + b_1X_1(t_k)X_2(t_k) + b_3X_2(t_k)X_3(t_k) \\ \dot{X}_3(t_k) = c_3X_3(t_k) + c_2X_1(t_k)X_3(t_k) + c_3X_2(t_k)X_3(t_k) \end{cases} \quad (5)$$

Решая задачу Коши для системы (5) 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. прогнозируемые величины показателей рынка ценных бумаг на один шаг вперед.

Критерий роста и падения цены

Одним из возможных способов прогнозирования цены является метод, основанный на необходимых и достаточных условиях экстремума:

При $X_2(t_k)=0$ и $X_3(t_k)>0$ цена $Y(t)$ достигает минимальное значение в точке t_k и затем возрастает.

При $X_2(t_k)=0$ и $X_3(t_k)<0$ цена $Y(t)$ достигает максимальное значение в точке t_k и затем убывает.

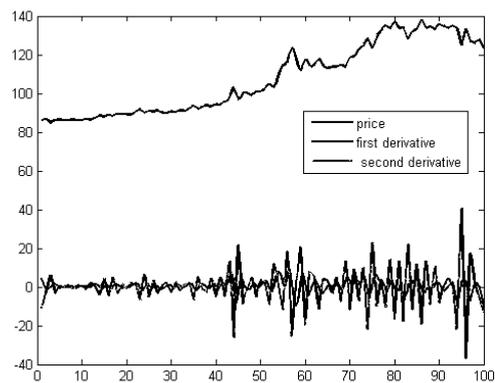


Рис. 2. Поведение сплайн-функции цены и ее производных

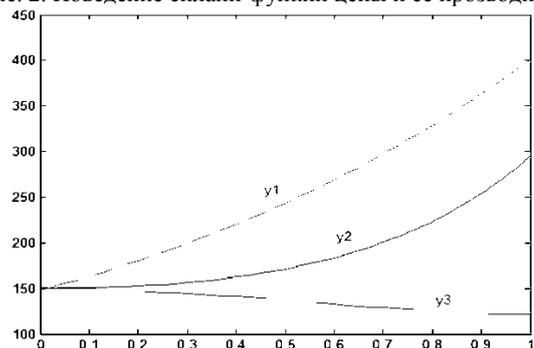


Рис. 3. Полученные решения системы дифференциальных уравнений

Литература

1. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности. – М.: Мир, 1991. – 306с.
2. Эрлих А. Технический анализ товарных и финансовых рынков. – М.: ИНФАР-М, 1996. – 176с.
3. Шустер Г. Детерминированный хаос / Перс. с англ. – М.: Мир, 1988. – 240с.
4. 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.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНОГО ЭКРАНА НА ОСНОВЕ МДМ-СТРУКТУРЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Бабенко А.В., Телегин А.М.

Научный руководитель: Сёмкин Н.Д.

Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (Национальный исследовательский университет)

nasta_babenko@mail.ru

Введение

В данной статье рассматривается математическое моделирование защиты космических аппаратов, использующей активный экран на основе МДМ-структуры.

Возрастающая активность в космическом пространстве приводит к его интенсивному загрязнению фрагментами ракетно-космической техники и появлением нового класса – техногенных пылевых частиц, применительно к околоземному космическому пространству. По оценкам, общая масса объектов искусственного происхождения на околоземных орбитах превысила 3 тысячи тонн [1].

По результатам многочисленных исследований на высотах от 300 до 1600 км наблюдается наиболее высокая их концентрация по уровню уже значительно превосходящая плотность потока частиц естественного метеороидного фона [2].

Прикладные задачи: прогнозирование метеорной опасности для космических аппаратов и воздействие большого числа ударов очень мелких пылинок на незащищенные оптические, светочувствительные и другие поверхности аппаратуры, установленной на космических аппаратах.

Для исследования твердой составляющей межпланетной среды и пылевой составляющей верхней атмосферы в настоящее время используются различные прямые и косвенные методы: оптические наблюдения метеоров (визуальные, фотографические и электронно-оптические); радиолокационные наблюдения метеоров; регистрация ударов метеорных тел с помощью датчиков различных типов, установленных на геофизических ракетах, ИСЗ и космических зондах; сбор и счет пылинок в верхней атмосфере с помощью ловушек и счетчиков, поднимаемых на геофизических ракетах и баллонах, ИСЗ; изучение микрократеров на различных деталях космических аппаратов и др. Каждый из этих методов имеет свои специфические особенности, свою область применения и существенно различную информативность.

Теоретическая модель

Рассматривается высокоскоростное воздействие пылевых частиц различного диаметра и в широком диапазоне скоростей на

пленочные структуры металл – диэлектрик – металл (МДМ-структуры). В качестве диэлектрика применяется полиметилметакрилат (ПММА).

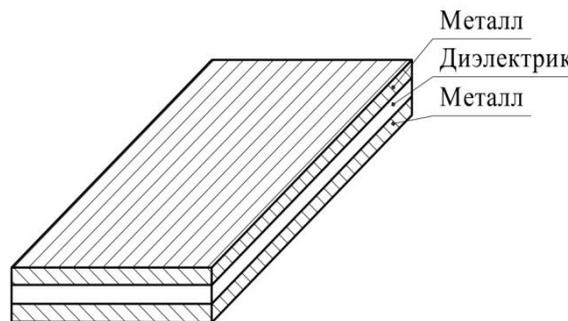


Рис. 1. Модель МДМ-структуры

Сейчас защита КА от воздействия на него метеорного вещества и техногенных частиц (МТЧ) сводится к использованию пассивных конструктивных средств защиты (КСЗ) и других мероприятий. К средствам защиты относятся:

- увеличение толщины плотной преграды (толщина оболочки);
- установка экрана из плотного материала для дробления частицы;
- установка слоев экранно-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ);
- применение многослойных разнесенных преград;
- применение специально сконструированных многослойных преград.

Недостатки этих видов защиты:

- большая масса;
- сложность установки;

К другим мероприятиям по защите КА от воздействия можно отнести мероприятия по компоновке отсеков приборов и коммуникаций, а именно:

- исключить линейность в расположении отсеков и блоков КА с тем, чтобы сами отсеки экранировали друг друга;
- располагать приборы в отсеках таким образом, чтобы отработавшие приборы защищали функционирующие;
- наиболее важные и уязвимые приборы располагать в середине отсека;
- дублирующие приборы разносить друг от друга как можно дальше;
- дублирующие электрические связи не располагать в одном жгуте;
- большую часть коммуникаций размещать не на борту, а в середине отсека.

Предлагается установка активного экрана для защиты космического аппарата от метеорного

воздействия на основе МДМ-структуры (металл – диэлектрик – металл).

При толщине верхней обкладки большей размера частицы кратер при ударе механически не разрушает материал диэлектрика, но ударная волна, за счет сжатия и последующего нагрева, приводит к кратковременному увеличению его проводимости. При этом предварительно заряженный конденсатор частично разряжается через канал проводимости.

Для анализа влияния электрического поля на процесс разрушения высокоскоростных микрочастиц решается система уравнений гидродинамики и электродинамики с использованием уравнений состояния для металла и диэлектрика вида [3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{W}) = 0; \\ \frac{\partial(\rho \vec{W}_i)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho W_i \vec{W}) + V \rho = 0; \\ \frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho E \vec{W}) + \operatorname{div}(\rho \vec{W}) = 0; \\ p = p\left(\rho; E - \frac{W^2}{2}\right), i = 1, 2, \dots; \\ p = a\rho^3; T = \frac{p - a(\rho^3 - \rho_0^3)}{4\rho N}; \\ G(t) = \frac{1}{d^2} \cdot \iiint_{(v)} \sigma(T, t) dV \end{array} \right.$$

Источник питания МДМ-структуры имеет напряжение 200-300 В. Размер диэлектрика 0,1-10 мм.

Берем случай, при котором подводимая энергия не достигает уровня, требуемого для полного испарения [4]. Таким образом:

$$\frac{1}{2} \cdot C \cdot V_0^2 < W_r + \int I^2 \cdot R_0 dt,$$

где C - емкость аккумулирующего конденсатора;

V_0 - начальное напряжение на конденсаторной батарее;

W_r - энергия, необходимая для испарения проволоки;

I - протекающий ток;

R_0 - эффективное сопротивление разрядного контура.

Дифференциальное уравнение, описывающее изменение напряжения на конденсаторе при изменении проводимости имеет вид [5]:

$$\frac{dU_{np.c}}{dx} + U_{np.c} \cdot (G(x) + 1) = 1,$$

где $U_{np.c} = \frac{U_c}{U_0}$ - приведенное напряжение на

конденсаторе к напряжению на источнике питания U_0 ,

$G(x) = \frac{R_{общ}}{R(t)}$ - безразмерная проводимость,

$x = \frac{t}{R_{общ} \cdot C}$ - безразмерное время.

Предложенная модель проводимости ударносжатой МДМ структуры позволяет проанализировать процессы, протекающие при высокоскоростном ударе микрометеоритов и космического мусора по мишени, представляющей собой МДМ структуру, вывести зависимости изменения напряжения на обкладках конденсатора в зависимости от параметров частиц.

Заключение

В настоящее время, в связи с постоянным увеличением количества мусора на орбите, необходимо защищать от него космический аппарат, поскольку это приводит к сокращению срока службы КА, либо к невыполнению поставленной задачи.

Применение активного экрана для защиты космических аппаратов от метеорных частиц имеет много преимуществ по сравнению со стандартными экранами и методами защиты, главным из которых является малая масса защитной конструкции и широкий диапазон применения.

Литература

1. Семкин Н.Д. Космическая среда и её воздействие на материалы летательных аппаратов. Том I, 2, М.: МГУ, 2003
2. Николаевский, В.Н. Высокоскоростные ударные явления: Книга для материаловедов, физиков, инженеров-прочнистов, механиков-прикладников, геофизиков, конструкторов космической и ракетной техники / В. Н. Николаевский, В. А. Васильева, А.А. Калмыкова, В.П. Корявова, Г.М. Шефтера. – М.: Мир, 1973. – 530с.
3. Семкин Н.Д., Воронов К.Е. Проводимость ударносжатых МДМ-структур на основе полиметилметакрилата // ЖТФ, 1998, т.68, №8, с.63-66.
4. Рухадзе А.А., Шпигель И.С. Электрический взрыв проводников. М.: «Мир», 1965. – 360 с.
5. Н.Д.Семкин, К.Е.Воронов, Н.Л.Богоявленский,
6. Р.А.Помельников, Л.С.Новиков. Ионобразование и проводимость пленочной МДМ – структуры при взаимодействии с космическими пылинками // Авиакосмическое приборостроение, 2004, №3, с.49 – 57.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ «ЗАТРАТЫ» И «ПРИБЫЛЬ» КАК ХАРАКТЕРИСТИК ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

С.В. Мальцев

ГОУ ВПО «Омский государственный Институт Сервиса»
msv.omsk@gmail.com

Введение

В условиях рыночной экономики руководство предприятия самостоятельно принимает решения и планирует объем выпуска продукции, поэтому изучение модели «затраты – прибыль» является актуальной задачей, т.к. позволяет обосновать планируемые производственные планы и назначение цен выпускаемой продукции.

В рамках научно-исследовательской работы «Нечетко-множественная лингвистическая переменная для расчета показателей роста прибыли» разработаны модели «затраты» и «прибыль» и применены на конкретном действующем предприятии, занимающимся продажей оборудования и программных средств, а также обслуживанием клиентов в области ИТ. Модели реализованы с применением лингвистической переменной, которая основывается на приближенных человеческих рассуждениях.

Затраты и прибыль как характеристики экономической системы

Большое значение для правильной организации учета затрат имеет их научно обоснованная классификация. Затраты на производство группируются по месту их возникновения, центрам ответственности, носителям затрат и видам расходов.

Компания, в рамках деятельности которой реализована нами научно-исследовательская работа, в основном работает только с юридическими лицами. Цены на продажу оборудования, программного обеспечения и обслуживание клиентов определяются в зависимости от различных факторов. К примеру, на продажу какой-либо бухгалтерской системы цена будет формироваться следующим образом: себестоимость, плюс 20-25% от себестоимости (в зависимости от цены прихода товара и финансовых возможностей клиента). Что касается цен на обслуживание, то, к примеру, в техническом отделе имеется сформированный и оперативно модифицируемый прайс-лист, в котором указаны цены как на выездные работы, так и на обслуживание в офисе. Цены в свою очередь уже включают в себя материальные затраты: оплату труда специалистам, амортизацию оборудования, затраты на транспортировку.

В рыночной системе экономических отношений затраты и прибыль динамически взаимодействуют друг с другом. Их величины

и значения других атрибутов, можно оценивать как количественными переменными, так и качественными, применяя средства нечеткой логики, присущей человеку.

Формализация процедуры управления прибылью

Для расчета показателей роста прибыли предлагается использовать лингвистическую переменную $S = \{x, T(x), X, G, M\}$, где x – имя переменной; $T(x)$ – множество имен (термы) лингвистических значений переменной x , каждое из которых является нечетким множеством на множестве X ; G – синтаксическое правило для образования новых термов с помощью связок «и», «или», а также локализирующих модификаторов, уточняющих значение отдельных признаков, таких как «очень», «почти» и др.; M – семантическое правило для ассоциирования каждой величины значения с ее понятием [1].

Предлагается ввести две лингвистические переменные: «затраты» и «прибыль». Лингвистическая переменная «затраты» имеет термы: «малые», «средние», «большие»; лингвистическая переменная «прибыль» может быть «низкая», «средняя», «высокая».

Существует ряд методов построения по экспертным оценкам функций принадлежности нечеткому множеству. Используя прямые методы эксперт непосредственно задает правила определения значений функции принадлежности $\mu_A(x)$, характеризующей элемент x [2]. В косвенных методах значения функции принадлежности выбираются таким образом, чтобы удовлетворять заранее сформулированным условиям.

Косвенный метод построения функций принадлежности на основе ранговых оценок

Под рангом элемента $x_i \in X$ понимается число $r_s(x_i)$, которое характеризует значимость того элемента в формировании свойства, которое описывается нечетким термом S [3]. Допускаем, что выполняется правило: чем больший ранг элемента, тем больше степень принадлежности. Введем также обозначения $r_s(x_i) = r_i$; $\mu_s(x_i) = \mu_i$; $i = 1, \dots, n$. Для экспертных оценок элементов используем 9-ти бальную шкалу (1 – наименьший ранг, 9 – наибольший ранг).

Для лингвистической переменной «затраты» берем 4-е значения элементов x : $x_1=1000$; $x_2=18000$; $x_3=45000$; $x_4=50000$. Соотношение рангов к этим элементам на нечетких термах «малые», «средние», «большие» отображены в таблице:

	Малые	Средние	Большие
r1	9	3	1
r2	3	9	2
r3	1	2	5
r4	1	1	9

Следующим этапом вычисления степени принадлежности $\mu_s(x_i)$ является расчет относительных оценок рангов. Вычисления производились для всех термов лингвистической переменной «затраты». Матрицы рангов отображены в следующих таблицах:

Малые					Средние				
	x1	x2	x3	x3		x1	x2	x3	x3
x1	1	0,3	0,1	0,1	x1	1	3	0,6	0,3
x2	3	1	0,3	0,3	x2	0,3	1	0,2	0,1
x3	9	3	1	1	x3	1,5	4,5	1	1
x4	9	3	1	1	x4	3	9	2	1

Большие				
	x1	x2	x3	x3
x1	1	2	5	9
x2	0,5	1	2,5	4,5
x3	0,2	0,4	1	1
x4	0,1	0,2	0,5	1

Используя полученные данные, согласно условию $\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n = 1$ и правилу $\mu_{n-1} = (r_{n-1}/r_n)\mu_n$, находим элементы функций принадлежности для каждого термина (значения на шкале оценок). Рассчитанные значения функций принадлежности отображены в таблице:

	Малые	Средние	Большие
1000	0,642857	0,2	0,0588235
18000	0,214286	0,6	0,1176471
45000	0,071429	0,125	0,3846154
50000	0,071429	0,066667	0,5294118

Полученные функции принадлежности (ось ординат) в нормированном виде приведены на графике (рис. 1). На оси абсцисс откладываются цены в рублях.

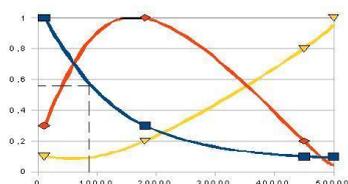


Рис. 1. Модель характеристики «затраты» (прямоугольник – терм «малые», ромб – терм «средние», треугольник – терм «большие»)

Аналогичную процедуру необходимо произвести при расчете функции принадлежности для лингвистической переменной «прибыль». Значения элементов x следующие: $x_1=1000$; $x_2=6000$; $x_3=12000$; $x_4=50000$. Соотношение рангов к элементам на нечетких терминах отображены в таблице:

	Низкая	Средняя	Высокая
r1	9	1	1
r2	1	9	1
r3	1	2	3
r4	1	1	9

Полученные значения для матриц рангов отображены в таблицах:

Низкая					Средняя				
	x1	x2	x3	x3		x1	x2	x3	x3
x1	1	0,1	0,1	0,1	x1	1	9	2	1
x2	9	1	1	1	x2	0,1	1	0,2	0,1
x3	9	3	1	1	x3	0,5	4,5	1	0,5
x4	9	3	1	1	x4	1	9	2	1

Высокая				
	x1	x2	x3	x3
x1	1	1	3	9
x2	1	1	3	9
x3	0,3	0,3	1	3
x4	0,1	0,1	0,3	1

Далее находим элементы функций принадлежности для всех термов:

	Низкая	Средняя	Высокая
1000	0,75	0,076923	0,0714286
6000	0,083333	0,692307	0,0714286
12000	0,083333	0,153846	0,2142857
50000	0,083333	0,076923	0,6428571

Функции принадлежности (ось ординат) в нормированном виде приведены на графике (рис.2). На оси абсцисс откладываются цены в рублях.

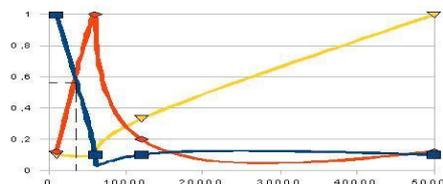


Рис. 2. Модель характеристики «прибыль» (прямоугольник – терм «низкая», ромб – терм «средняя», треугольник – терм «высокая»)

Пример. Пусть затраты на установку программного обеспечения составляют 9000 рублей. Тогда, согласно графику «затраты» (рис. 1), степень принадлежности термина «малые» по шкале оценок составит 0,55. Применим правило «малым затратам соответствует низкая прибыль». Соответственно, на графике «прибыль» (рис. 2) пересечению термина «низкая» с оценкой 0,55 соответствует значение приблизительно 3000 рублей.

Заключение

Во многих практических ситуациях достаточно результата, основанного на приближенных рассуждениях. Такие результаты позволяют оперативно получать необходимые сведения о характеристиках экономической системы и принимать обоснованные решения с помощью научных методов.

Полученные результаты одобрены управленческим персоналом компании, в которой проводилась научно-исследовательская работа. Они вполне достаточны для оперативного управления производственным процессом.

Литература

1. Заде Л. А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. М. : Мир, 1974. № 7. С. 5-49.
2. Маренко В.А., Лучко О.Н., Штриплинг Л.О. Информационно-аналитическая работа в социально-экономической сфере. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010. – 116 с.
3. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница : УНИВЕРСУМ Винница, 1999. – 320 с.

АЛГОРИТМ СТАБИЛИЗАЦИИ ВИДЕО, ОСНОВАННЫЙ НА МЕТОДЕ СООТВЕТСТВИЯ БЛОКОВ

Буряченко В.В.

Красноярский аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева
gamernewb@yandex.ru

Введение

Методы улучшения качества видео привлекают в последние годы все больший интерес. Неустойчивости и неожиданные колебания в видеопоследовательности, являющиеся неотъемлемой частью ручных и мобильных видеокамер, значительно ослабляют их производительность. Основная цель стабилизации видео заключается в удалении нежелательной вибрации движения, вызванной лицом, держащим камеру, или вследствие механического дрожания, и синтезу новых изображений последовательности, с учетом стабилизации траектории движения камеры. В данной работе представлен алгоритм стабилизации видео.

В различных публикациях предложены подходы для оценки движения, такие как рекурсивные растровые алгоритмы, алгоритмы частотной области, алгоритмы оптического потока, и методы соответствия блоков [2].

Рекурсивные растровые алгоритмы полагаются на итеративное совершенствование оценки движения для отдельных элементов раstra градиентными методами, предсказывая рекурсивное смещение каждого элемента раstra от его соседних элементов.

Частотные методы оценки движения в основном используются для глобальной оценки движения кадра. Наиболее известный из частотных методов, это фазовый метод корреляции, который использует Фурье преобразование.

Методы оптического потока гарантируют высокую точность для сцен с маленькими смещениями, но допускают сбой, когда смещения являются большими.

Алгоритмы соответствия блоков оценивают движение на основании прямоугольных блоков и производят один вектор движения для каждого блока. Эти алгоритмы являются более подходящими для аппаратной реализации из-за их настраиваемости и простоты.

В ходе исследования было выяснено, что частотные методы и методы оптического потока работают недостаточно точно, а растровые алгоритмы сложны для реализации и неудовлетворительны по скорости расчетов. Наиболее быстрым и приемлемым по качеству функционирования является метод соответствия блоков, в связи с этим он был выбран за основу разрабатываемого

алгоритма. Предлагается использованием цветowych моделей YUV и HSV для получения характеристики интенсивности пикселей.

Предлагаемая реализация

В алгоритмах соответствия блоков каждый кадр разделен на блоки, каждый из них состоит из блоков интенсивности и цветности. Для каждого блока на текущем кадре осуществляется поиск соответствующего блока на следующем кадре. Ищется наименее искаженный блок и записывается его смещение (или вектор движения). Обычно кодируется разница между текущим кадром и следующим. Следовательно, вместо исходного блока интенсивности пикселя может быть передан вектор движения и получившаяся ошибка, что обеспечивает сжатие данных и устранение межкадровой избыточности. Суммирование кадра и вектора движения даёт точную копию следующего кадра.

Текущий кадр разделен на матрицы "макроблоков", включающие соответствующий блок и его ближайших соседей на предыдущем кадре. Это позволяет создать вектор движения макроблока от одного места к другому на предыдущем кадре.

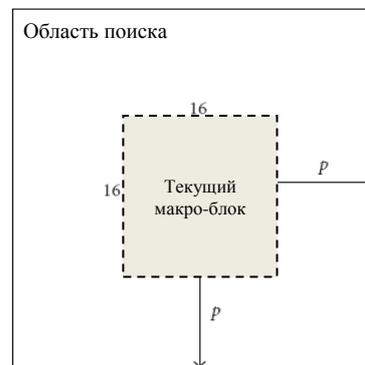


Рис. 1. Область поиска размеров 16 пикселей и сдвига в p пикселей

Здесь p является поисковым параметром. Увеличение значения p позволяет находить большее движение, но делает процесс поиска движения более ресурсоемким. Соответствие одного макроблока другому основано на выводе функции стоимости. Макроблок с наименьшим значением функции стоимости соответствует текущему блоку [3].

Предлагается использовать статистический метод оценки движения, основанный на моделировании блоков изображения с использованием гауссового распределения. На первом этапе оптимизация выполняется с использованием алгоритма максимизации ожидания (EM-алгоритм), основанного на итеративной оптимизации параметров модели (априорная вероятность, значения векторов и ковариативные матрицы). На следующем шаге используется расширенное расстояние Махаланобиса для установки

соответствия между блоками и для поиска наиболее близких блоков на соседних кадрах.

Моделирование и оценка параметров гауссового распределения

Мы рассматриваем следующую Гауссову модель

$$p\left(\frac{x}{\Theta_k}\right) = \sum_{i=1}^k a_i p\left(\frac{x}{\Theta_i}\right) = \sum_{i=1}^k a_i p\left(\frac{x}{\mu_i}, \Sigma_i\right),$$

где k является числом компонентов, $(a_i \geq 0)$ пропорции компонентов, удовлетворяющие условию $\sum_{i=1}^k a_i = 1$, и каждая плотность компонентов $p(x/\theta_i)$ является Гауссовой функцией плотности вероятности, известной по формуле

$$p\left(\frac{x}{\mu_i}, \Sigma_i\right) = \frac{1}{(2\pi)^{m/2} |\Sigma_i|^{1/2}} e^{-1/2(x-\mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (x-\mu_i)},$$

где n - размерность вектора x , μ_i - вектор значений, и Σ_i - матрица ковариации, которая положительно определена. Θ_k - набор из всех параметров в смеси, то есть, $\Theta_k = (\theta_1, \dots, \theta_k, a_1, \dots, a_k)$.

Данный ряд N выборки, $X = \{x_t\}_{t=1}^N$, это функция правдоподобия для Гауссовой модели смеси, выраженная следующим образом:

$$\log p\left(\frac{x}{\Theta_k}\right) = \log \prod_{t=1}^N p\left(\frac{x_t}{\Theta_i}\right) = \sum_{t=1}^N \log \sum_{i=1}^k a_i p\left(\frac{x_t}{\theta_i}\right),$$

который может быть максимизирован, чтобы получить максимальное правдоподобие (Maximum Likelihood) оценки Θ_k через следующий алгоритм:

$$a_i^+ = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^N p\left(\frac{i}{x_t}\right),$$

$$\mu_i^+ = \frac{\sum_{t=1}^N x_t P(i/x_t)}{\sum_{t=1}^N P(i/x_t)},$$

$$\sum_i^+ = \frac{(\sum_{t=1}^N x_t P(i/x_t))(x_t - \mu_j^+)(x_t - \mu_j^+)^T}{\sum_{t=1}^N P(i/x_t)},$$

где $P(i/x_t)$ - это апостериорная вероятность, которая вычисляется по формуле:

$$P(i/x_t) = a_i p(x_t/\theta_i) / \sum_{i=1}^k a_i p(x_t - \theta_i)$$

Для случая двух распределений Гаусса $N_1(\mu_1, \Sigma_1)$ и $N_2(\mu_2, \Sigma_2)$ мера между двумя векторами значений определена следующим образом:

$$D_{extMin}(N_1, N_2) = \sqrt{(\mu_1 - \mu_2)^T (\Sigma_1 + \Sigma_2)^{-1} (\mu_1 - \mu_2)}.$$

Функция стоимости определяется расширенным расстоянием Махаланобиса, взвешенное компонентами распределений Гаусса. Это расстояние применено разделено между следующими компонентами: Гауссовы интервалы между блоками (предыдущим и текущим), компоненты сильных весов, компоненты средних весов, и компоненты слабых весов [1].

Этапы предложенного алгоритма

1. Моделирование каждого блока на ссылочном кадре смесью из трех Гауссовых распределений. В ходе которого происходит оценка параметров (вес, векторы значений, и матрица ковариации).
2. Сортировка параметров на основе их веса в распределении. Это позволяет идентифицировать компоненты слабых весов, компоненты среднего веса, и компоненты сильного веса.
3. Нахождение минимального расстояния между блоками. (ссылочный кадр/текущий).
 - Расширенное расстояние Махаланобиса между блоком текущего изображения и всеми блоками в окне поиска $[-1, +1]$ ссылочного изображения хранятся в матрицах M_1, M_2 и M_3 , содержащих расстояния между компонентами слабых, средних и сильных весов соответственно.
 - Значения минимального расстояния из трех матриц M_1, M_2, M_3 , соответствующее наиболее близкому блоку исходного образа.
4. Формирование карты движения кадра.
5. Стабилизация кадра на основе карты движения.

Заключение

В данной работе предложен алгоритм стабилизации видео, основанный на методе соответствия блоков в котором последовательность изображений моделируется на основе трех гауссовых распределений и используется критерий нахождения блоков соответствия, основанный на расстоянии Махаланобиса. Проведенное моделирование подтверждает, что предлагаемая методика позволяет значительно улучшить качество изображений по метрике PSNR. Однако этот метод требует больше вычислений. Ускорение работы является направлением дальнейших исследований.

Литература

1. Alan C. Brooks "Real-Time Digital Image Stabilization", EE 420 Image Processing Computer Project Final Paper, MARCH 2003
2. Hany Farid and Jeffrey B. Woodward "Video Stabilization and Enhancement", TR2007-605, Dartmouth College, Computer Science
3. Буряченко В.В. Цифровая стабилизация видео в реальном времени // В материалах XIV международной научной конференции ("Решетневские чтения") В 2ч., Ч.2, Красноярск, 2010 - с.476-477

МОДИФИКАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА ДИНАМИКИ РЫНКА ЦЕННЫХ БУМАГ В ВИДЕ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Потешкина О.Ю.

Томский политехнический университет
o.poteshkina@mail.ru

Введение

В настоящее время наблюдается бурное развитие рыночных отношений. Одной из главных составляющих Мирового финансового рынка является фондовый рынок или рынок ценных бумаг.

Проблема прогнозирования динамики развития рыночных характеристик является одной из основных в экономике, эффективное решение которой позволяет правильно оценить сложившуюся ситуацию на рынке. Разработаны различные методики и стратегии прогноза. Одним из направлений решения данной проблемы является привлечение математических методов, описание процессов, используя математические модели.

Учитывая актуальность данной проблемы, целью работы является разработка математической модели прогноза поведения показателей на фондовом рынке.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Вычисление размерности пространства «емкостным методом»
2. Прогноз конъюнктурных показателей;
3. Определение тренда и анализ полученных результатов.

Вычисление размерности пространства «емкостным» методом

Рассмотрим финансовый ряд представляющий собой цену акции компании «Лукойл».

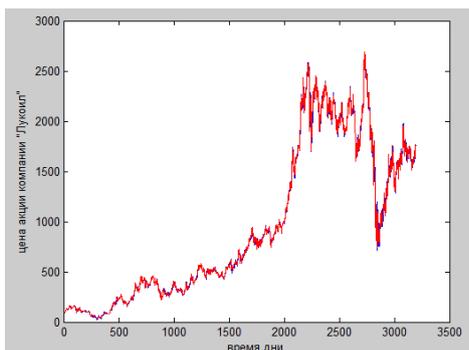


Рис. 1. График динамики цены акции компании «Лукойл»

Для описания исследуемого процесса необходимо вычислить фрактальную размерность пространства.

Фракталом называется структура, представляющая собой геометрическую фигуру, определенная часть которой повторяется снова и снова. [1]

Фрактальная размерность – количественная характеристика множества точек в n-мерном пространстве, показывающая, насколько плотно точки заполняют подпространство, когда их число становится очень большим.

Из данного ряда возьмем последовательность, состоящую из 2000 точек. Покроем это множество точек малыми кубами с ребром длиной ε . Затем вычислим минимальное число таких кубов $N(\varepsilon)$, покрывающих множество $(N(\varepsilon) < N_0)$. (1)

Размерность в общем случае естественно определить законом подобия

$$N(\varepsilon) \approx \frac{1}{\varepsilon^d}. \quad (1)$$

Взяв логарифм от правой и левой частей данного соотношения и введя индекс с (от англ. Capacity dimension – емкостная размерность), получим

$$d_c = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\varepsilon)}{\log(1/\varepsilon)}. \quad (2)$$

Данный алгоритм реализован в математическом пакете Matlab. Размерность составила дробное значение порядка 2.69, что является одним из основных признаков хаотичности исследуемого процесса.

Из теории известно, что фрактальная размерность пространства d_c должна удовлетворять неравенству $d_c < N$, где N – это целое, ближайшее к d_c сверху число. Поэтому для описания исследуемого процесса достаточно использовать три дифференциальных уравнения первого порядка. [2]

Прогноз конъюнктурных показателей

Ранее в Томского Политехнического университете была разработана модель динамики рынка ценных бумаг как система нелинейных однородных дифференциальных уравнений, которая давала хорошие результаты прогноза на фьючерском рынке. Основными показателями, которой являлись: «Цена открытия», «Объем торгов», «Открытый интерес». [3]

Выбранная модель имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dX_1(t)}{dt} = a_1 X_1(t) + a_2 X_1(t) X_2(t) + a_3 X_1(t) X_3(t) \\ \frac{dX_2(t)}{dt} = b_1 X_1(t) X_2(t) + b_2 X_2(t) + b_3 X_2(t) X_3(t) \\ \frac{dX_3(t)}{dt} = c_1 X_1(t) X_3(t) + c_2 X_3(t) X_2(t) + c_3 X_3(t) \end{cases} \quad (3)$$

Модифицируя данную модель, применим ее для прогноза на фондовом рынке. Для этого необходимо перейти к новым фазовым переменным.

Так как основным показателем фондового рынка является цена акции. Следовательно, примем цену акции за одну из главных фазовых переменных

Используя основы технического анализа и теорию японских свечей, обозначим:

$X_1(t)$ - узловое значение цена акции, полученное при интерполяции исходных данных;

$X_2(t)$ - первая производная (представляющая собой тело японской “свечи”);

$X_3(t)$ - вторая производная, которая несет скрытую информацию движения тренда;

$$X_2(t) = \frac{dX_1(t)}{dt} \quad (4)$$

$$X_3(t) = \frac{d^2X_1(t)}{dt^2} \quad (5)$$

Коэффициенты $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ – неизвестные параметры, которые находим, решая систему алгебраических уравнений, полученных из системы дифференциальных уравнений в фиксированные моменты времени $t, t - 1, t - 2$.

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t-2)}{dt} = a_1 \cdot x_1(t-2) + a_2 \cdot x_1(t-2)x_2(t-2) + a_3 \cdot x_1(t-2)x_3(t-2); \\ \frac{dx_1(t-1)}{dt} = a_1 \cdot x_1(t-1) + a_2 \cdot x_1(t-1)x_2(t-1) + a_3 \cdot x_1(t-1)x_3(t-1); \\ \frac{dx_1(t)}{dt} = a_1 \cdot x_1(t) + a_2 \cdot x_1(t)x_2(t) + a_3 \cdot x_1(t)x_3(t); \\ \frac{dx_2(t-2)}{dt} = b_1 \cdot x_2(t-2)x_1(t-2) + b_2 \cdot x_2(t-2) + b_3 \cdot x_2(t-2)x_3(t-2); \\ \frac{dx_2(t-1)}{dt} = b_1 \cdot x_2(t-1)x_1(t-1) + b_2 \cdot x_2(t-1) + b_3 \cdot x_2(t-1)x_3(t-1); \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = b_1 \cdot x_2(t)x_1(t) + b_2 \cdot x_2(t) + b_3 \cdot x_2(t)x_3(t); \\ \frac{dx_3(t-2)}{dt} = c_1 \cdot x_3(t-2)x_1(t-2) + c_2 \cdot x_3(t-2)x_2(t-2) + c_3 \cdot x_3(t-2); \\ \frac{dx_3(t-1)}{dt} = c_1 \cdot x_3(t-1)x_1(t-1) + c_2 \cdot x_3(t-1)x_2(t-1) + c_3 \cdot x_3(t-1); \\ \frac{dx_3(t)}{dt} = c_1 \cdot x_3(t)x_1(t) + c_2 \cdot x_3(t)x_2(t) + c_3 \cdot x_3(t). \end{cases} \quad (6)$$

Найденные коэффициенты считаем кусочно – постоянными на шаге прогноза.

Полученные коэффициенты необходимо подставить в систему (3), а затем решить задачу Коши с начальными условиями в точке t_k . Затем проинтегрировав систему (3) находим вектор прогностических значений на один шаг вперед $\vec{X}_{\text{прогн}}(t_{k+1})$

Нахождение производных по исходным данным для цены акции

Существуют различные методы нахождения производных. Из теории о построение тела свечи производную вычисляют разностным методом. Но с помощью численных методов можно достигнуть результата с погрешностью на порядок меньше. [4]

В работе производные найдены тремя способами: с помощью интерполирующего сплайна, разностным методом и методом сдвига.

Разностный метод заключается в следующем:

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = (X_{i+1}(t) - X_i(t))/h \quad (7)$$

где h - шаг дискретизации

$$\frac{d^2X_i(t)}{dt^2} = (X_{i+1}(t) - 2X_i(t) + X_{i-1}(t))/h^2 \quad (8)$$

Метод сплайн интерполяции заключается в следующем: сначала массив данных описывается интерполирующим сплайном, затем производится дифференцирование сплайна, встроенными функциями пакета MatLab.

Так как дан дискретный набор данных, то в методе сдвига за сдвиг τ принимаем целые числа. В

качестве производной первого порядка при $\tau = 1$ примим: $\frac{dX_i(t)}{dt} = (X_{i+\tau}(t) - X_i(t))/h$ (9)

Производную второго порядка будем рассчитывать по следующей формуле:

$$\frac{d^2X_i(t)}{dt^2} = (X_{i+2\tau}(t) - X_i(t))/h^2 \quad (10)$$

Анализ полученных результатов

Значения производных, полученных разными способами, на примере двадцати точек представлены графически на рис.2 и 3.

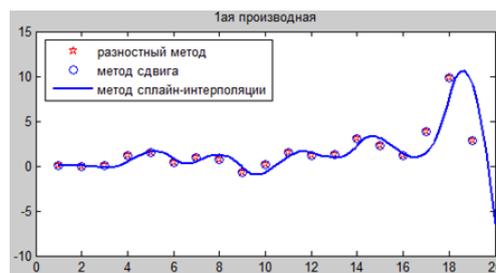


Рис. 1.Графики первой производной

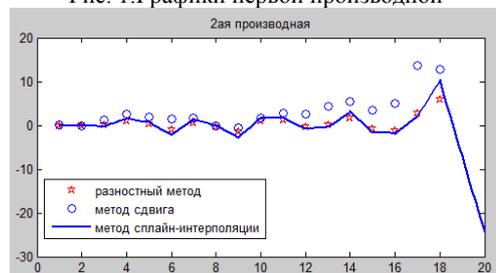


Рис. 2.Графики второй производной

Анализируя графики, отметим, что результаты полученные методом сплайн интерполяции более качественно описывают динамику процесса.

Заключение

Данная модель реализована в пакете Matlab, протестирована на отдельных массивах данных, которые однозначно характеризуются направлением роста цен акции. По результатам проделанной работы отметим, что более устойчивое решение получено при вычислении производных с помощью сплайн-функций, погрешность решения, в общем составила около 5%, разностным методом около 12%. Используя метод сдвига получили неустойчивое решение в связи с большим числом обусловленности матрицы коэффициентов.

В ходе исследований полученная модель рынка ценных бумаг как системы неоднородных ДУ будет проверена на адекватность, на устойчивость решения при обработке больших массивов данных, для которых будут получены и проанализированы интервальные оценки.

Литература

1. Мун Ф.: Хаотические колебания. – М: «Мир», 1990.-311с.
2. Шустер Г.: Детерминированный хаос. – М: «Мир», 1988.-240с.
3. Григорьев В., Козловских А., Ситникова О.
4. Кузнецов М.В. Технический анализ рынка ценных бумаг. – Киев: Наукова Думка, 1990.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ В ЗАМКНУТОМ ДВУХФАЗНОМ ТЕРМОСИФОНЕ

Г.В. Кузнецов, М.А. Аль-Ани, М.А. Шеремет
Томский политехнический университет
maathe_a@yahoo.com

Замкнутые двухфазные термосифоны (ЗДТ) представляют собой автономные теплопередающие устройства с фазовым превращением промежуточного теплоносителя и использованием гравитационных сил, инициирующих его движение. Последнее определяет относительную простоту этих устройств и широкий спектр их применения. Разнообразны также практические задачи, решаемые на основе замкнутых двухфазных термосифонов в различных технологических системах.

Интенсивное использование ЗДТ в технических устройствах началось в 60-е годы. Был разработан воздухоподогреватель с промежуточным теплоносителем, обладающий повышенной стойкостью против сернистой коррозии и предназначенный для защиты основного воздухоподогревателя от коррозионных повреждений [1]. Достоинством такого подогревателя является возможность сосредоточения коррозионно-опасной зоны на нескольких рядах труб и, следовательно, легкой замены разрушенных коррозией секций, а также плотность воздухоподогревателя при сквозном коррозионном повреждении.

Целью настоящей работы является численный анализ термогидродинамических режимов замкнутого двухфазного термосифона на основе метода конечных разностей в безразмерных переменных «функция тока – вектор завихренности скорости – температура» в рамках модели вязкой несжимаемой теплопроводной жидкости.

Рассматривается краевая задача естественной конвекции в замкнутой цилиндрической области с теплопроводными стенками конечной толщины (рис. 1) при наличии локальных участков испарения и конденсации, отражающих зоны фазового перехода. На границе $z = L_z$ учитывается конвективный теплообмен с окружающей средой, отражающий реальные условия передачи энергии от нижних слоев теплообменника к верхним. Учет конвективного теплообмена с окружающей средой на верхней границе области решения позволяет оценить эффективность и производительность термосифона в реальных условиях работы.

Основные уравнения переноса массы, импульса и энергии в безразмерных переменных «функция тока – завихренность – температура» в цилиндрических координатах в системе «паровой канал–пленка жидкости» примет вид [2]:

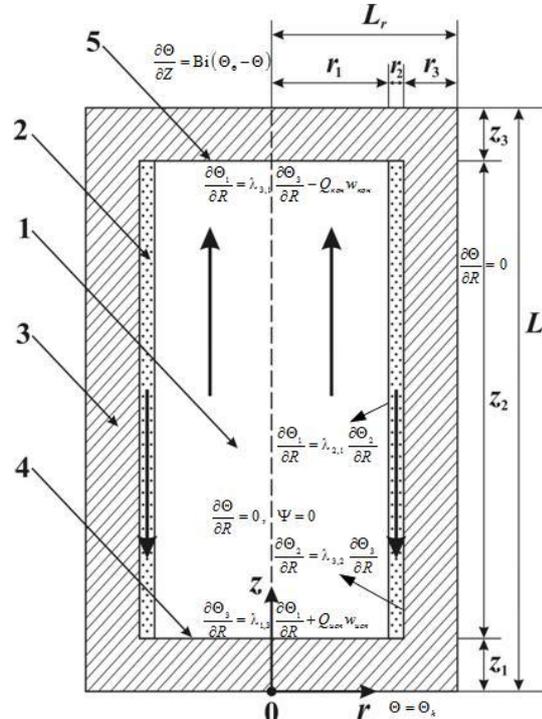


Рис. 1. Область решения задачи: 1 – пар; 2 – пленка жидкости; 3 – металлический корпус; 4 – поверхность испарения; 5 – поверхность конденсации

$$\frac{\partial \Omega_1}{\partial \tau} + \frac{\partial (U_1 \Omega_1)}{\partial R} + \frac{\partial (V_1 \Omega_1)}{\partial Z} = \sqrt{\frac{Pr_1}{Ra_1}} \left(\nabla^2 \Omega_1 - \frac{\Omega_1}{R^2} \right) + \frac{\partial \Theta_1}{\partial R}, \quad (1)$$

$$\nabla^2 \Psi_1 - \frac{2}{R} \frac{\partial \Psi_1}{\partial R} = -R \Omega_1, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Theta_1}{\partial \tau} + \frac{\partial (U_1 \Theta_1)}{\partial R} + \frac{\partial (V_1 \Theta_1)}{\partial Z} = \frac{1}{\sqrt{Ra_1 \cdot Pr_1}} \nabla^2 \Theta_1 - \frac{U_1 \Theta_1}{R}, \quad (3)$$

$$V_2 = L_z^2 \frac{\rho g_z - \varphi}{4\mu_2} R^2 + C_1 \ln R + C_2,$$

$$\Psi_2 = \int_{r_1/z_2}^{(r_1+r_2)/z_2} V_2 dR, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \Theta_2}{\partial \tau} = \frac{1}{\sqrt{Ra_2 \cdot Pr_2}} \nabla^2 \Theta_2. \quad (5)$$

в стенках термосифона:

$$\frac{\partial \Theta_3}{\partial Fo} = \nabla^2 \Theta_3. \quad (6)$$

Здесь $Ra_1 = g_z \beta \Delta T z_2^3 / \nu a_1$, $Ra_2 = g_z \beta \Delta T z_2^3 / \nu a_2$ – числа Рэлея в паровом канале и в пленке жидкости; ν – кинематический коэффициент вязкости; a – коэффициент температуропроводности; $Pr_1 = \nu_1 / a_1$, $Pr_2 = \nu_2 / a_2$ – числа Прандтля пара и

жидкости; $\nabla^2 = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial}{\partial R} \right) + \frac{\partial^2}{\partial Z^2}$ – безразмерный

оператор Лапласа; $Fo = \frac{a_3 t_0}{z_2^2}$ – число Фурье, φ –

градиент давления. Постоянные C_1 , C_2 определяются из граничных условий.

Число Нуссельта, отражающее интенсивность теплообмена на границе раздела пар–твердая стенка $Z = z_1/z_2$, вычисляется по формуле:

$$Nu = \int_0^{r_1/z_2} \frac{\partial \Theta}{\partial Z} dR \text{ где } \lambda_{2,1} = \lambda_2/\lambda_1 \text{ – относительный}$$

коэффициент теплопроводности; $Q_{исп}$, $Q_{кон}$ и $w_{исп}$, $w_{кон}$ – безразмерные теплоты и скорости испарения и конденсации, $Bi = \alpha L_z/\lambda_3$ – число Био.

Сформулированная краевая задача с соответствующими начальными и граничными условиями решена методом конечных разностей [2–5].

На рисунках 2–3 показаны характерные линии тока, поля скорости и температуры при различных числах Рэлея. Увеличение Ra приводит к интенсификации конвективного теплопереноса в паровом канале. Наблюдается рост объемов испаряемой жидкости при условии, что скорость движения в пленке жидкости является постоянной величиной. Необходимо отметить, что в зоне конденсации происходит разделение потока – некоторое количество пара конденсирует и образует течение в пленке жидкости, а оставшаяся часть отражает формирование циркуляционной зоны в паровом канале.

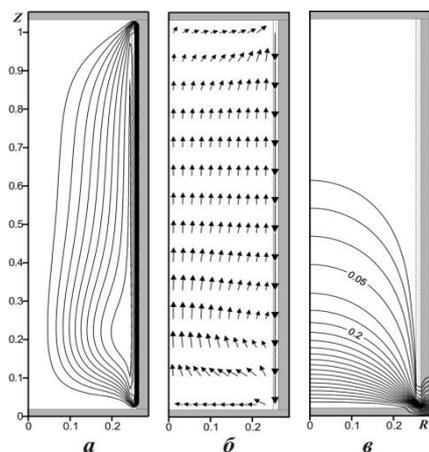


Рис. 2. Линии тока (а), поля скорости (б) и температуры (в) при $Ra = 10^3$

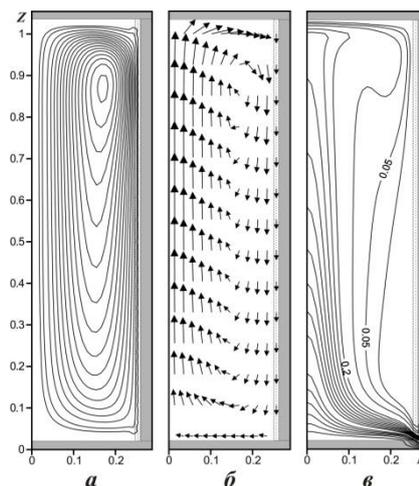


Рис. 3. Линии тока (а), поля скорости (б) и температуры (в) при $Ra = 10^6$

На рис. 4 показаны профили температуры в сечении $R = 0$ при различных значениях числа Рэлея. Увеличение перепада температуры в паровом канале приводит к росту температуры на оси цилиндра.

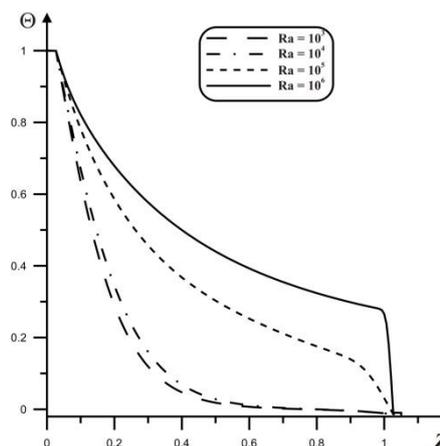


Рис. 4. Профили температуры в сечении $R = 0$

Литература

1. Гаврилов А.Ф., Лях В.Я. Воздухонагреватели с промежуточным теплоносителем / Теплоэнергетика. 1965. Т. 3. С. 11–17.
2. Кузнецов Г.В., Аль-Ани М.А., Шермет М.А. Численный анализ влияния температурного перепада на режимы переноса энергии в замкнутом двухфазном цилиндрическом термосифоне / Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317, № 4. С. 13–19.
3. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. – М.: Мир, 1980. 616 с.
4. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977. 656 с.
5. Пасконов В.М., Полежаев В.И., Чудов Л.А. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена. – М.: Наука, 1984. 288 с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МНОГОМЕРНЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕТОДОМ РАЗБИЕНИЯ ПРИЗНАКОВ НА ПОДГРУППЫ

П.А. Лебедев, В.А. Ланко
Сибирский федеральный университет
Институт вычислительного моделирования СОРАН
lebedevp@iss-reshetnev.ru

Введение

Непараметрические методы обработки информации, основанные на оценках плотности вероятности типа Розенблатта-Парзена [1], широко используются в задачах исследования систем при априорной неопределённости. Их практическая значимость состоит в возможности создания информационных средств, адаптируемых к условиям функционирования систем различной природы [2, 3].

В данной работе с позиций принципов декомпозиции систем и коллективного оценивания предлагается методика синтеза и анализа непараметрических коллективов моделей стохастических зависимостей.

Идея предлагаемого подхода состоит в декомпозиции исходной статистической выборки по её размерности, построении на этой основе семейства частных решающих функций и последующей их организации в обобщённой модели с помощью методов непараметрической статистики.

Синтез непараметрического коллектива моделей стохастической зависимости.

Шаг 1. Пусть $V = (x_j^i, y^i, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, k})$ - выборка, составленная из n наблюдений случайных величин x_k и y , в k -ом пространстве признаков, распределенных с неизвестными плотностями вероятности $p(x_j, y, j = \overline{1, k})$ и $p(x_k, k = \overline{1, k}) > 0$ Априори вид однозначной стохастической зависимости

$$y = \phi'(x_1 \dots x_k) \quad (1)$$

не задан. Сформируем на основе исходной выборки M групп наблюдений, объединяя признаки с учетом сведения о виде взаимосвязи между ними.

По каждой группе построим непараметрические регрессии:

$$\overline{\varphi}_j = \frac{\sum_{i \in I_j} y^i \prod_{v=1}^k \Phi\left(\frac{x_v - x_v^i}{c_v(j)}\right)}{\sum_{i \in I_j} \prod_{v=1}^k \Phi\left(\frac{x_v - x_v^i}{c_v(j)}\right)}, j = \overline{1, M} \quad (2)$$

где $\Phi(u)$ ядерные функции, удовлетворяющие условиям:

$$\begin{aligned} \Phi(u) &= \Phi(-u), 0 \leq \Phi(u) \leq \infty \\ \int \Phi(u) du &= 1, \int u^2 \Phi(u) du = 1, \\ \int u^m \Phi(u) du &< \infty, 0 \leq m < \infty \end{aligned}$$

Оптимизация частных непараметрических регрессий (2) по коэффициентам размытости ядерных функции осуществляется в режиме "скользящего экзамена" из условия минимума стохастической оценки точности аппроксимации зависимости (1):

$$W_j(c) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[y^j - \frac{\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n y^i \prod_{v=1}^k \Phi\left(\frac{x_v^j - x_v^i}{c_v}\right)}{\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \prod_{v=1}^k \Phi\left(\frac{x_v^j - x_v^i}{c_v}\right)} \right]^2$$

При формировании слагаемых W_j ситуация (x_v^j, y^j) исключается из процесса обучения в выражении непараметрической регрессии (2).

Шаг 2. Далее на основе полученных регрессий сформируем новую выборку

$$(\overline{\varphi}_j^i, y^i, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, M}) \quad (3)$$

Где $\overline{\varphi}_j^i$ - результат вычисления j -ой регрессии.

Шаг 3. Находим коэффициент размытости для полученной ранее выборки в режиме "скользящего экзамена" из условия минимума стохастической оценки точности аппроксимации зависимости (3):

$$W(c) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[y^j - \frac{\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n y^i \prod_{v=1}^M \Phi\left(\frac{\overline{\varphi}_v^j - \overline{\varphi}_v^i}{c_v(j)}\right)}{\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \prod_{v=1}^M \Phi\left(\frac{\overline{\varphi}_v^j - \overline{\varphi}_v^i}{c_v(j)}\right)} \right]^2$$

Шаг 4. Строим регрессию:

$$\bar{\Lambda} = \frac{\sum_{i=1}^n y^i \prod_{v=1}^M \Phi \left(\frac{\bar{\varphi}_v - \bar{\varphi}_v^{-i}}{c_v} \right)}{\sum_{i=1}^n \prod_{v=1}^M \Phi \left(\frac{\bar{\varphi}_v - \bar{\varphi}_v^{-i}}{c_v} \right)}$$

Результаты построения данной регрессии будут близки к искомой зависимости (1).

Сравнение с методом группового учета аргументов (МГУА) [4], учитывающим сразу все признаки, производилось путем вычисления среднеквадратичной ошибки:

$$W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y^i - \bar{\Lambda}^i)^2$$

где n - количество контрольных точек.

Сравнение производилось методом статистического моделирования свойства непараметрических коллективов в зависимости от размерности k, объёма обучающей выборки n и уровня помех r, накладываемых на значения восстанавливаемой зависимости.

При этом искомая зависимость специально логически объединяла соседние пары признаков: $y = x_1 * x_2 + x_3 * x_4 + x_5 * x_6 + \dots$

Результаты исследования восстановления исходной зависимости с начальными параметрами k=6 и n=[20,60], посредством непараметрических моделей, показаны на графиках, отображенных ниже.

Пунктирной линией обозначена оценка среднеквадратическая ошибка модели на основе МГУА, а непрерывной – исследуемых моделей.

В работе была применена оценка эффективности полученная путем подсчета среднеквадратической ошибки аппроксимации на основе контрольной выборки объемом n=300, а так же рассмотрены различные способы формирования групп признаков.

Как видно наблюдается прямая зависимость между учетом априорных сведений о виде взаимосвязи между переменными и снижением среднеквадратической ошибки исследуемой модели.

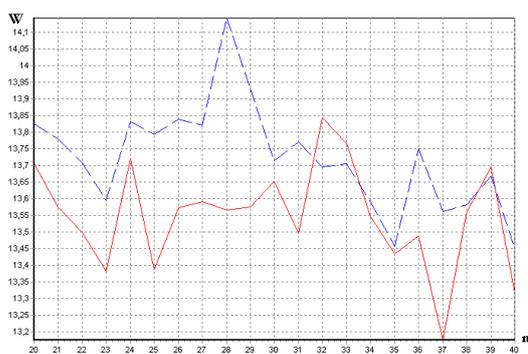


Рис. 1. Зависимость оценок среднеквадратических ошибок аппроксимации исследуемой модели от объема n при количестве групп k=1

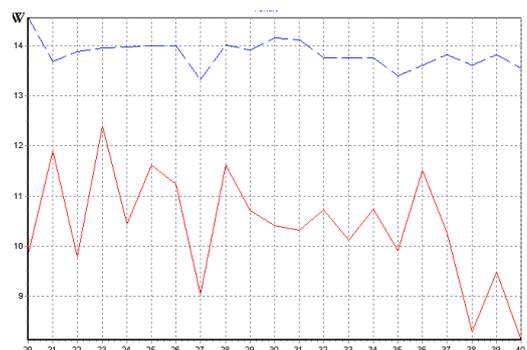


Рис. 2. Зависимость оценок среднеквадратических ошибок аппроксимации исследуемой модели от объема n при количестве групп k=2 и объединении признаков x1 и x2 в отдельную группу.

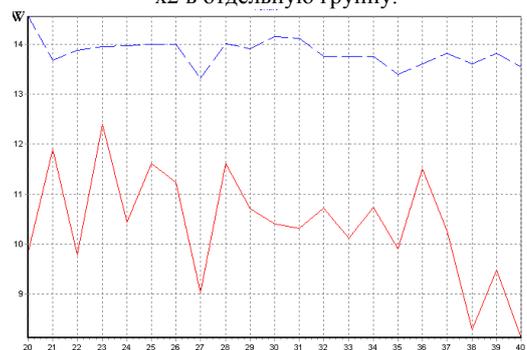


Рис. 3. Зависимость оценок среднеквадратических ошибок аппроксимации исследуемой модели от объема n при количестве групп k=2 и объединении признаков (x1,x2) и (x3,x4) в отдельные группы.

Выводы

Предлагаемые непараметрические модели, основанные на представлении сложной стохастической зависимости в виде коллектива более простых аппроксимаций, позволяют наиболее полно учитывать частичные априорные сведения о виде взаимосвязи между переменными, что имеет важное значение в задачах обработки информации значительной размерности. Подобные коллективы моделей имеют самостоятельное значение при исследовании статических систем с линейной и многоуровневой структурой.

Применение данных алгоритмов обеспечивает значительное снижение ошибки аппроксимации по сравнению с традиционной непараметрической регрессией при отношении «объём/размерность» обучающей выборки меньше 10.

Литература

1. Parzen E. On estimation of a probability density function and mode/ E. Parzen // Ann. Math. Statistic. - 1962. - Vol.33. – P. 1065-1076.
2. Лапко А.В. Непараметрические системы обработки информации / А.В. Лапко, С.В. Ченцов. – М: Наука, 2000. – 350 с.
3. Лапко А.В. Непараметрические системы обработки неоднородной информации / А.В. Лапко, В.А. Лапко. – Новосибирск: Наука, 2007. – 174 с.

ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА СТАДИИ ПРЕДРАЗРУШЕНИЯ

М.О. Еремин

Томский Государственный университет
bacardi@sibmail.com

Введение

Новые технологии зачастую порождают необходимость создания новых материалов, обладающих уникальными свойствами, одними из таких материалов является керамика, получаемые прессованием нано-кристаллических порошков диоксида циркония ZrO_2 . Его уникальностью является то, что конечный продукт значительным образом зависит от свойств самого порошка. Керамика, получаемая таким образом, по прочности в разы превышает аналогичные материалы, созданные с использованием менее дисперсных порошков, и при дополнительных воздействиях на порошок позволяет получать различные свойства конечного продукта.

Более того, при прессовании в систему на основе диоксида циркония вводятся стабилизирующие добавки в виде оксидов некоторых металлов (магния, иттрия, алюминия). При спекании удается получать керамики с различной пористостью, что на $\sigma - \varepsilon$ диаграмме отражается наличием резких падений напряжения, связанных с микрорастрескиванием [2] (как показано на рис. 1).

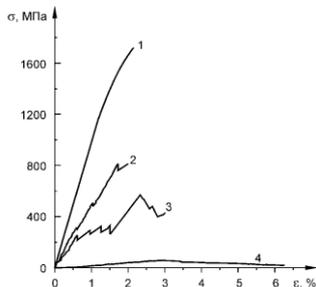


Рис. 1. Диаграмма сжатия керамики ZrO_2 , стабилизированная Y_2O_3 , с различной пористостью (1 – 2%, 2 – 15%, 3 – 26%, 4 – более 60%)

В данной работе будут численно изучены особенности деформирования систем на основе диоксида циркония ZrO_2 , стабилизированных оксидом алюминия Al_2O_3 . Для моделирования была создана модель композита, в которой матрица представляет собой сплошную без-зеренную структуру с физико-механическими свойствами диоксида циркония ZrO_2 , стабилизированная включениями с физико-механическими свойствами корунда - Al_2O_3 .

Модели композитов и постановка задачи

Ввиду явного отсутствия пористости в предложенных моделях композита (рис. 2 а и б), она будет учтена неявно, благодаря наличию небольшого неупругого участка на $\sigma - \varepsilon$

диаграмме, что соответствует графику 1 на рис. 1. Наличие неупругого участка в зависимости $\sigma - \varepsilon$ также связывается со способностью частично стабилизированной керамики к фазовому переходу – мартенситному превращению из тетрагональной фазы в моноклинную.

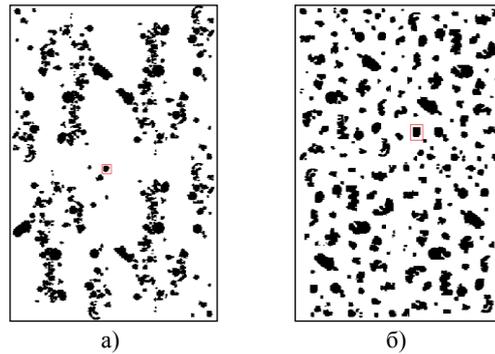


Рис. 2. а) Равномерное распределение стабилизирующей фазы 15%; б) Кластерное распределение стабилизирующей фазы 15%

Было проведено численное моделирование отклика на сжимающее нагружение образцов композитов, оно осуществлялось решением уравнений механики сплошных сред с приведением напряжений на каждом временном слое к кругу текучести Мизеса с использованием схемы второго порядка точности Лакса-Вендроффа.

$$\frac{dp}{dt} + \rho \operatorname{div} v = 0, \quad \rho \frac{dv_i}{dt} = \rho F_i + \frac{\partial p_{ij}}{\partial x_j}$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{1}{\rho} p_{ij} \frac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial t}, \quad \dot{p}_{ij} = \lambda \dot{\theta} \delta_{ij} + 2\mu (\dot{\varepsilon}_{ij}^T - \dot{\varepsilon}_{ij}^P)$$

$$\dot{\varepsilon}_{ij}^P = \frac{3}{2} \frac{\dot{\varepsilon}_{int}^P}{p_{int}} S_{ij}, \quad \dot{\varepsilon}_{ij}^T = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right)$$

$\dot{\varepsilon}_{int}^P$, p_{int} - вторые инварианты скоростей пластических деформаций и напряжений соответственно.

Результаты моделирования и обсуждения

В результате численных экспериментов по изучению эволюции структуры образцов в ходе нагружения получены картины распределения областей растяжения, сжатия, сдвига, выявлен общий характер НДС с использованием параметра Лоде-Надаи, для его визуализации в мезообъеме. По полям смещений удастся установить эволюцию структуры на других структурных уровнях деформации, а именно на мезо и микро уровнях.

Анализ распределений областей по параметру Лоде-Надаи дает следующее: при равномерном

распределении частиц стабилизирующей фазы (рис.2 а) в матрице преобладают сдвиги, упрочняющие частицы (примерно половина) находятся в состоянии сжатия, другая половина в состоянии сжатие-сдвиг. При этом в одной частице половина может быть в состоянии сжатия, а вторая половина в сдвиге или сжатии-сдвиге. Более того, наблюдаются локальные области растяжения по границам упрочняющих частиц, однако их доля мала.

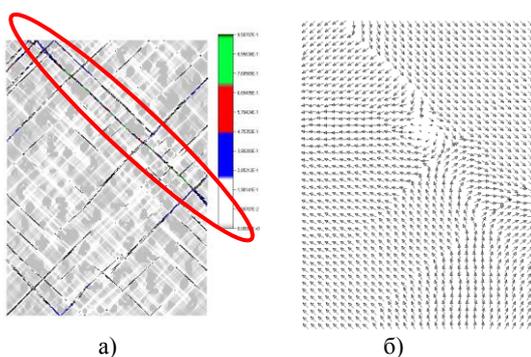


Рис. 3. а) Полосы локализованной неупругой деформации. Равномерное распредел. 15%; б) Поле смещений на мезоуровне для равномерного распределения 15%

При построении макро поля смещений, направление смещений совпадает с вектором внешней сжимающей нагрузки, однако, при вычитании среднего вектора смещений одной из упрочняющих частиц из всего поля, выявляется значительная неоднородность смещений. На рис. 2 а зафиксированная частица отмечена квадратом, а на рис. 3 б представлено поле смещений относительно этой частицы. Прослеживание эволюции поля смещений на стадии предразрушения показывает, что на мезоуровне НДС меняется периодически во время нагружения, происходит смена его характера – от сжатия, до сдвига, сдвиг сменяется растяжением, затем опять сжатие, также формируется вихревая структура, позже происходит стабилизация НДС и выявляется характерная блочная структура мезоуровня. Подобное циклирование НДС связано, вероятнее всего, с упругими волнами в образце.

На рис. 4 представлена картина распределения полос локализованной неупругой деформации. Из нее видно, что на заключительном этапе деформирования образца, когда формируется блочная мезоструктура, происходит формирование мезо и макротрещин, по направлению действия максимальных касательных напряжений, магистральная трещина отмечена овалом.

При спекании керамик наблюдается способность к агломерации частиц, в результате чего в структуре конечного продукта появляются кластеры различной формы. На рис. 2 б приведен пример кластерного распределения частиц стабилизирующей фазы, когда в мезообъеме происходит линейная агломерация упрочняющих частиц.

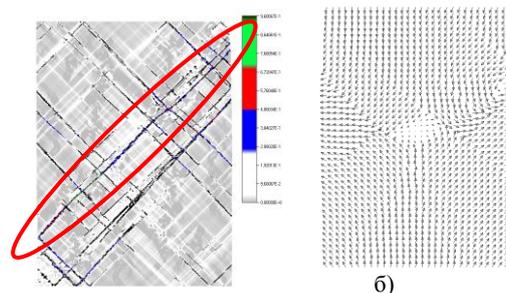


Рис. 4. а) Полосы локализованной неупругой деформации. Кластерное распредел. 15%; б) Поле смещений на мезоуровне для кластерного распределения 15%

При кластерном распределении картина эволюции НДС качественно изменилась. Параметр Лоде-Надаи охватывает весь спектр от -1 до +1, существенно увеличился размер областей, охваченных только сжатиями или сдвигами или растяжениями. Причем локализованные области сжатия наблюдаются теперь и в матрице. Часть граничных областей матрица-включение находятся в состоянии локального растяжения.

Более ярко выражена неоднородность НДС.

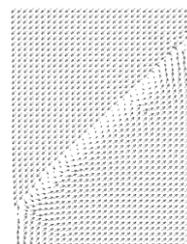


Рис. 5. Поле смещений для кластерного распределения (макросдвиг)

Эволюция поля смещений, относительно зафиксированной частицы стабилизирующей фазы (на рис. 2 б отмечена квадратом), также показывает неоднородность смещений на мезоуровне, по сравнению с макрополем. Полосы локализованной деформации значительно сильнее выражены для кластерного распределения, блочная делимость, отраженная на рис. 7, на заключительном этапе деформирования сменяется макросдвигом вдоль магистральной трещины, отмеченной овалом, на рис. 5.

Заключение

В результате численных экспериментов изучены особенности деформирования композитов на стадии предразрушения. Получены поля смещений, картины полос локализованной неупругой деформации и НДС через параметр Лоде-Надаи.

Литература

1. Макаров П.В. Математическая теория эволюции нагружаемых твердых тел и сред // Физическая мезомеханика, 2008, - т.11 – №3 – С.19-35.
2. Кульков С.Н. Структура, фазовый состав и механические свойства наносистем на основе ZrO₂ // Физическая мезомеханика, 2007, - т.10 – №3 – С.81-94.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В. Ч. Нгуен

Томский политехнический университет
ntrung2506@gmail.com

Введение

Стандартный метод подавления шумов - удаление высокочастотных составляющих из спектра сигнала. Применительно к вейвлетным преобразованиям [2] это может быть реализовано непосредственно удалением детализирующих коэффициентов высокочастотных уровней вейвлетного разложения сигналов. Но вейвлеты имеют в этом отношении более широкие возможности. Шумовые компоненты, и особенно большие случайные выбросы значений сигналов, можно также рассматривать в виде множеств локальных особенностей сигналов. Задавая некоторый порог для их уровня и обрезая по нему детализирующие коэффициенты вейвлетных преобразований, можно не только уменьшать уровень шумов, но и устанавливать пороговые ограничения на нескольких уровнях разложения с учетом конкретных характеристик шумов и сигналов для различных типов вейвлетов. Это позволяет создавать адаптивные системы очистки сигналов от шумов.

Задачей данной работы является исследование применения вейвлет-анализа для обработки сейсмической информации с целью устранения шумов и выявления тектонических нарушений.

Актуальность данной работы заключается в том, что традиционные методы обработки сейсмической информации базируются на преобразовании Фурье. При этом возникает ряд проблем, связанных с нестационарностью сигналов, конечной длиной сейсмических трасс и сильным сглаживанием результатов. В то время как вейвлет - анализ свободен от данных недостатков.

Непрерывное вейвлет-преобразование

Допустим, мы имеем функции $s(t)$ с конечной энергией в пространстве $L^2(R)$ $L^2(R)$, определенные по всей действительной оси $R(-\infty, \infty)$. Для финитных сигналов с конечной энергией средние значения сигналов должны стремиться к нулю на $\pm\infty$ [1].

Непрерывным вейвлет-преобразованием (или вейвлетным образом) функции называют функцию двух переменных [1]:

$$C(a, b) = \int s(t)\psi(a, b, t)dt, \quad a, b \in R, a > 0 \quad (1)$$

где вейвлеты $\psi(a, b, t) = \frac{1}{\sqrt{a}}\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$ - масштабированные и сдвинутые копии порождающего вейвлета.

$\psi(t) \in L^2(R)$, совокупность которых создает базис пространства $L^2(R)$ [2]. На рис. 1 приведен пример вейвлета Морле, который использовался в данной работе.

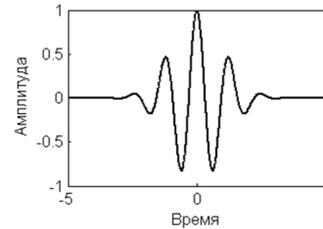


Рис. 1. Вейвлет Морле

Непрерывное вейвлет преобразование является обратимым преобразованием, если выполняется неравенство (2) [1].

$$c_\psi = 2\pi \int_{-\infty}^{\infty} |\omega|^{-1} |\psi(\omega)|^2 d\omega < \infty \quad (2)$$

Обратное преобразование выполняется по формуле (3) [1].

$$s(t) = c_\psi^{-1} \int_0^\infty \frac{da}{a\sqrt{a}} \int_{-\infty}^\infty C(a, b)\psi(a, b, t)db \quad (3)$$

Применение Вейвлет-анализа для обработки сейсмических данных

Традиционно для решения задач удаления шумов для сейсмических сигналов применяется известный из практики фильтрации метод подавления высокочастотных составляющих спектра [3].

Для решения задачи применяются различные вейвлет-преобразования, большинство из которых реализовано в пакете Matlab.

Возьмём сейсмический сигнал, описываемый следующим образом [4]:

$$S(t) = \sum_{i=0}^n a_i e^{-(\beta t)^2} \cos[2\pi f_0(t-t_i)] + noise \quad (4)$$

где $a_0 = 1, a_1 = 0.5, a_2 = 0.1$,

$$t_0 = 1, t_1 = 0.5, t_2 = 0.1,$$

$$\beta = 0.5, f_0 = 0.1.$$

На рис. 2 представлен алгоритм устранения помех для данного сигнала путем использования одномерного дискретного вейвлет - преобразования Морле. Результат, изображенный на рис. 2в, говорит о практически полном восстановлении сигнала.

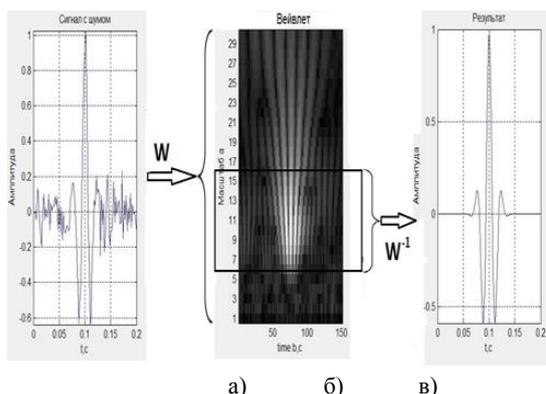


Рис. 2. Схема вейвлет-обработки. W – операция вейвлет преобразования
 а) Сигнал с шумом
 б) Вейвлет-разложение сигнала
 в) Сигнал после удаления шума

Примеры обработки сейсмических данных

Обработка производилась с помощью вейвлета Морле на масштабах 1 - 32. Из данных масштабов были выбраны масштабы 11 – 15, на которых влияние шума минимально. Далее было выполнено обратное вейвлет-преобразование.

Разрез 1

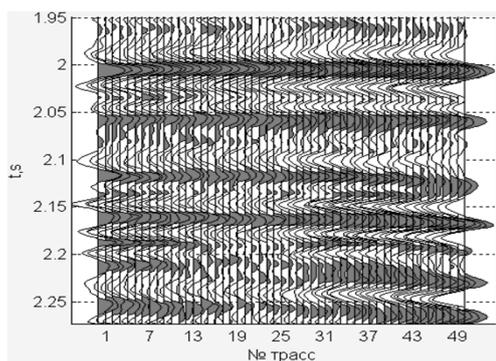


Рис. 3. Исходный сейсмический разрез

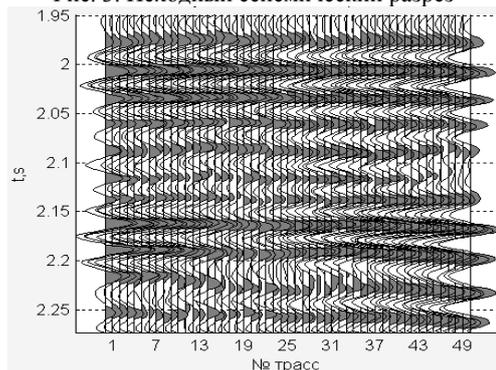


Рис. 4. Результат вейвлет-обработки

В результате обработки на сейсмическом разрезе выявлены отражающие границы, невидимые на исходном разрезе.

Разрез 2

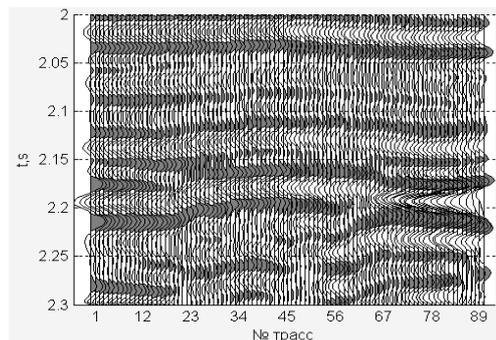


Рис. 5. Исходный сейсмический разрез

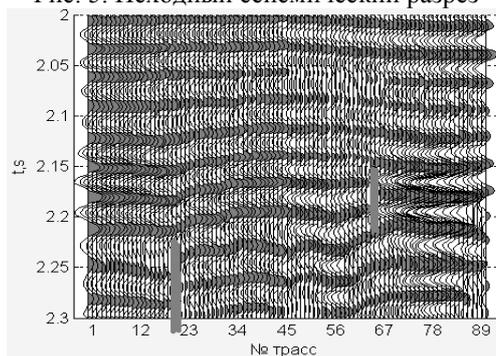


Рис. 6. Результат вейвлет-обработки

■ - тектонические нарушения

В результате обработки на сейсмическом разрезе выявлены отражающие границы, невидимые на исходном разрезе, а также выявлены тектонические нарушения.

Заключение

Непрерывное вейвлет преобразование является мощным инструментом для обработки сейсмических данных и в ряде случаев превосходит традиционные методы обработки, базирующиеся на преобразовании Фурье [4].

Литература

1. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразования, 2003. –104 с.
2. Добеши И., Десять лекций по вейвлетам: Ижевск, НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2001.
3. Гурвич И.И., Боганик Г.Н. Сейсмическая разведка. М.: Недра, 1980. 551 с.
4. Козлов Е.А., Гогоненков Г.Н. и др., Цифровая обработка сейсмических данных: М., Недра, 1973.

МЕТОД ОБЪЕДИНЕНИЯ СКАНИРОВАННЫХ ФРАГМЕНТОВ НАНОРАЗМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АТОМНОЙ СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Догадин С.Е.

Ижевский государственный технический университет
seten.dogadin@mail.ru

В настоящее время активно развиваются методы изучения и диагностики наноструктурных материалов, такие как сканирующая зондовая микроскопия и различные модификации просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии. В частности, данные атомно-силовой микроскопии (АСМ) представляют собой двумерные массивы высот, характеризующие рельеф поверхности образца, в пределах исследуемой площади.

Вследствие ограничений измерительного оборудования по захватываемой площади, интересующий участок образца, как правило, разбивают на более мелкие, каждый из которых сканируется отдельно. В результате получается набор координатно-связанных между собой массивов значений высот (z). При визуализации данные массивов представляют в виде изображений (фреймов). При анализе результатов, в том числе при проведении автоматизированной обработки, возникает задача определения количества, размеров и особенностей формы объектов наноструктуры. При этом, для корректной интерпретации, как правило, требуется единый массив данных со всего участка. Таким образом, возникает задача объединения сканированных фрагментов образца (сканов) в единый массив высот исследуемого участка.

Необходимо отметить, что условия измерений на смежных сканах могут существенно отличаться (изменение параметров сканирования и искажения), что определяет проблемы при объединении данных. Основными настраиваемыми параметрами сканирования являются направление и шаг дискретизации. Сбой нуля оборудования, сдвиг точки привязки данных, а также изменение чувствительности вызывают искажения (точечные, краевые и пр.).

Влияние перечисленных факторов приводит к тому, что при совмещении смежных сканов возникают различия по среднему уровню яркости и контрастности фреймов, а также расхождения в размерах и форме отдельных объектов.

Сканирование соседних участков образца, как правило, производится с наложением, что приводит к появлению пересекающихся фрагментов сканов (рис. 1). При этом в результате воздействия перечисленных факторов, изображения одного и того же участка поверхности зачастую отличаются. Учёт различий на пересекающихся фрагментах предоставляет дополнительную информацию об

изменении условий измерений, необходимую для корректного объединения сканов.

Предлагаемый метод объединения массивов данных сканирования включает в себя следующие этапы:

1. определение степени различия пересекающихся фрагментов сканов;
2. определение последовательности обработки сканов;
3. объединение сканов в единый массив высот.

Предварительная обработка данных предполагает удаление точечных и строчных искажений [1]. После чего выбирается участок сканирования, наименее искаженный относительно остальных. В рамках данного этапа, для каждой пары сканов (A и B) вычисляется средняя разность измеренных высот $d_{A,B}$ в пределах области пересечения C .

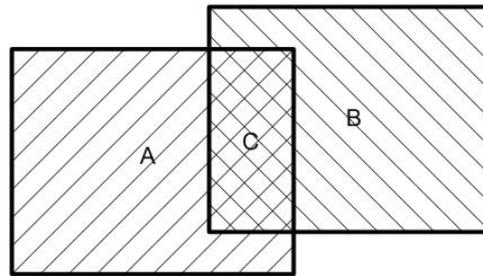


Рис 1. Сканирование с наложением

$$d_{A,B} = \frac{1}{m * n} \times \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |Z_{CA}(i, j) - Z_{CB}(i, j)|$$

где m и n – количество строк и столбцов данных в массиве высот области C .

Далее, для каждого участка сканирования A определяется медианное значение средней разности измеренных высот (d), при этом рассматриваются только ненулевые значения:

$$M_A = \text{Med}(d_{A,k}),$$

где k изменяется от 1 до N ; N - количество сканов, пересекающихся с A .

В качестве эталонного принимается участок, величина M_A которого минимальна.

На втором этапе обработки определяется последовательность объединения сканов, которая предполагает первоочередную «стыковку» участков сканирования, наименее отличающихся эталонного ($d_{A,B} - \min$), после чего полученный сводный участок принимается в качестве эталонного. Такой подход

приводит к тому, что незначительные искажения, будут устранены в первую очередь. К моменту объединения участков с большими отличиями, будет получена дополнительная информация для коррекции сильно искаженного скана.

Заключительный этап состоит в объединении смежных сканов в выбранной ранее последовательности.

Особенности изменения значений высот на исследуемой площади образца могут быть описаны статистической функцией распределения $F(z)$. В случае отсутствия искажений, функции распределения пересекающихся участков сканов должны совпадать. Однако вклад различного рода искажений и вариации параметров сканирования приводят к изменению диапазона измеренных высот, вследствие чего изменяется угол наклона и смещение функции распределения $F(z)$. Исходя из того, что один из сканов является «эталонным», устранение искажения предполагает нормализацию – приведение статистической функции распределения «искаженного» участка $F_{иск}(z)$ к функции «эталонного» $F_{эт}(z)$ (рис. 2).

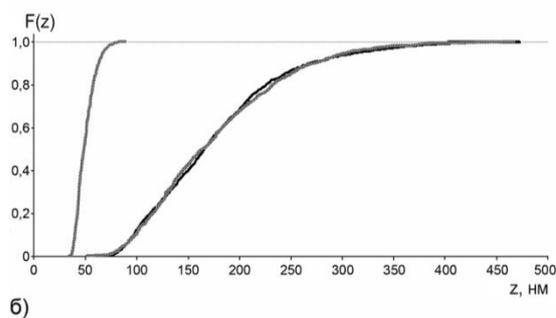
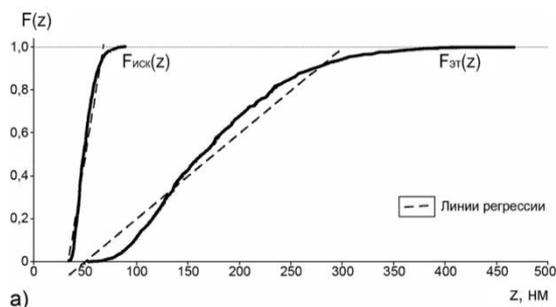
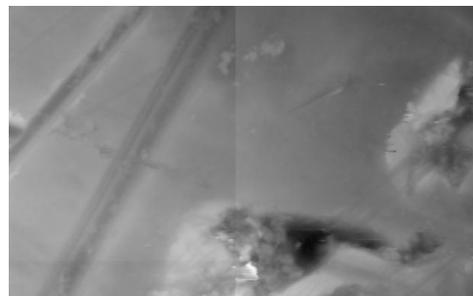


Рис 2. Нормализация функций распределения

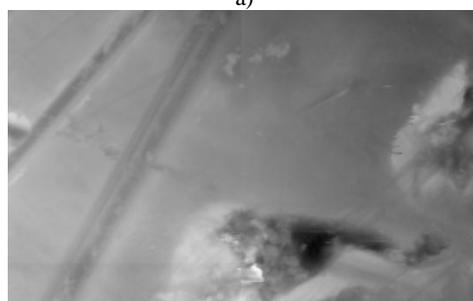
Такое преобразование основано на аппроксимации функций распределения линейной моделью. При решении задачи линейной регрессии коэффициенты прямых определяются методом наименьших квадратов. Условием близости принимается равенство уравнений регрессии. Преобразования смещения и сдвига, позволяют привести $F_{иск}(z)$ к $F_{эт}(z)$. Эта процедура не обеспечивает полного совпадения статистических функций распределения «искаженного» и «эталонного» участков (рис. 2б), что связано искажениями при сканировании.

Апробация приведённого метода на данных АСМ (рис. 3) показала его эффективность. Однако, при наличии краевых искажений и

крупномасштабных неровностей фона, метод показывает неустойчивые результаты, что объясняется линейным характером функции коррекции при нормализации. В указанной ситуации необходима дополнительная фильтрация исходных фрагментов, которая позволит исключить данные артефакты.



а)



б)

Рис 3. Апробация метода: а) объединение массивов без коррекции б) результат работы предлагаемого метода

Таким образом, предложенный метод решает задачу объединения сканированных фрагментов поверхности наноразмерных материалов в атомной силовой микроскопии при достаточно ровном рельефе поверхности образца. На его основе планируется создание более совершенного метода учитывающего такие искажения, как изменение размеров и форм отдельных объектов и сдвиги точки привязки в плоскости сканирования. При наличии существенных искажений опорной поверхности исследуемого образца, предложенная процедура нормализации может быть использована на этапе предварительной подготовки исходных сканов при формировании единого массива высот исследуемого участка.

Литература

1. Хлопов Д.В., Журбин И.В., Карбань О.В. Диагностика искажений на изображениях сканирующей зондовой микроскопии и методы их фильтрации // Измерение, контроль и диагностика: Труды I Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Ижевск: Проект, 2010. С.147-151.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА АЛМАЗНОГО ХОНИНГОВАНИЯ ГЛУХОГО ОТВЕРСТИЯ

Огородов В.А., Лазуков Н.Е., Осипов Г.А.
Уфимский государственный авиационный технический университет
semper_novi@mail.ru

Выполнение требований точности обрабатываемого отверстия при хонинговании зависит от большого количества факторов. К их числу относят конструкцию обрабатываемой детали, тип отверстия, вид исходного отклонения формы отверстия, конструкцию хонинговальной головки, режим хонингования, время реверса хода головки и т.д. Причем в различных случаях сочетание указанных факторов может привести к противоположным результатам по точности и времени обработки [1]. От данных факторов в значительной степени зависит достижение высоких технологических и экономических показателей обработки хонингованием.

Наиболее сложной задачей является обеспечение точности при хонинговании глухих отверстий, так как о отсутствие выбега инструмента у дна отверстия приводит к образованию конусности отверстия.

Поэтому актуальной задачей повышения эффективности обработки хонингованием является разработка модели этого процесса.

Модель процесса хонингования типа «черный ящик» приведена на рис. 1.

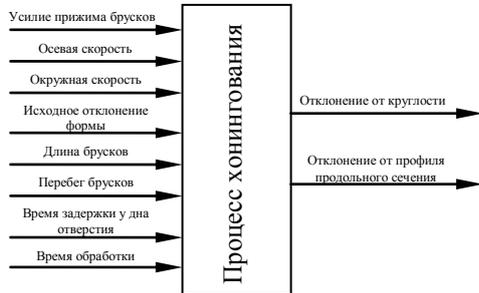


Рис. 1. Модель процесса хонингования типа «черный ящик»

В качестве контролируемого параметра было выбрано отклонение от профиля продольного сечения, т.к. при обработке глухих отверстий выполнение требований к данному параметру является наиболее сложной задачей.

Факторы, оказывающие наибольшее влияние на контролируемый параметр (y): x_1 - усилие прижима брусков к обрабатываемой поверхности, H ; x_2 - осевая скорость бруска, м/мин; x_3 - окружная скорость бруска, м/мин; x_4 - исходное отклонение формы отверстия от профиля продольного сечения, мкм. Факторы x_1, x_2, x_3 являются управляемыми. [1]

Экспериментальные исследования процесса хонингования проводились в соответствии с полнофакторным экспериментом 2^4 . Уровни и интервалы варьирования факторов приведены в табл. 1, значения технологических параметров приведены в табл. 2.

Таблица 1 Уровни и интервалы варьирования факторов

Уровни	Факторы			
	x_1	x_2	x_3	x_4
Основной	63.6	15.3	62.83	0.008
Интервал варьирования	4	3	4	0.004
Верхний	67.6	18.3	66.83	0.012
Нижний	59.6	12.3	58.83	0.004

Таблица 2 Технологические параметры

Длина брусков L , мм	24
Перебег брусков $L_{упр}$, мм	8
Время задержки у дна отверстия $\tau_{зд}$, с	0.025
Время обработки $\tau_{обр}$, с	14

Расчетный эксперимент проводился с использованием имитационной модели процесса хонингования согласно плану эксперимента. [1]

В результате эксперимента были определены коэффициенты регрессии и получена следующая аналитическая зависимость:

$$y = 0,002 \cdot x_1^1 \cdot x_2^{0,956694} \cdot x_3^{0,956694} \cdot x_4^{1,783971} \quad (1)$$

Для проверки полученной зависимости был проведен натурный эксперимент. В качестве обрабатываемой детали был выбран корпус опоры гидравлической (рис. 2), материал сталь 20Х ГОСТ 4543-71, твердость $75 \div 81$ HRN30, количество деталей – 40. Деталь обрабатывалась на станке Sunnen ML-3500. Параметры обработки приведены в табл. 3. Контроль проводился с помощью длинномера пневмоэлектронного «Аэротест». Для внутреннего диаметра была использована измерительная оснастка РЛПА 401262.460. Измерение проводилось в трех сечениях (рис. 2).

Результаты эксперимента были сопоставлены с данными о величине контролируемого параметра, полученными по аналитической зависимости (1).

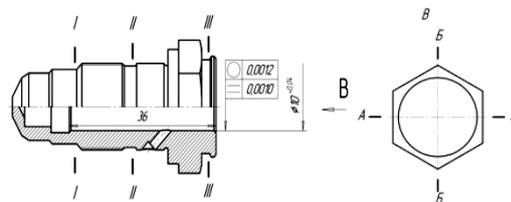


Рис. 1. Эскиз обрабатываемой детали

Таблица 3 Параметры обработки

Усилие прижима брусков Q , H	63,6
Осевая скорость $V_{ос}$, м/мин	11,25
Окружная скорость $V_{ок}$, м/мин	61,26
Длина брусков L , мм	24
Перебег брусков $L_{упр}$, мм	8
Время задержки у дна отверстия $\tau_{зд}$, с	0.025
Время обработки $\tau_{обр}$, с	14

Для этого был выполнен статистический анализ экспериментальных и расчетных данных об отклонениях формы партии обработанных деталей, который позволил установить расчетную и экспериментальную функции плотности вероятности распределения отклонения формы обработанного отверстия после операции чистового хонингования (рис. 3).

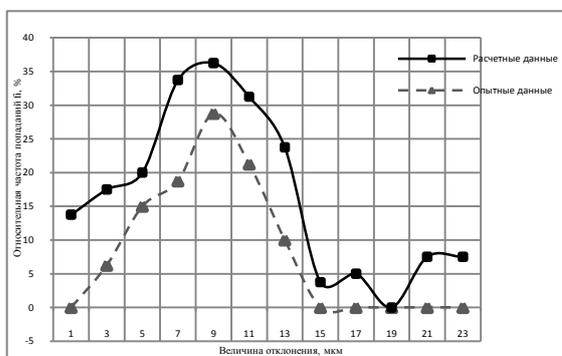


Рис. 3. Плотность вероятности распределения отклонений

На рис. 3 видно, что кривые плотности вероятности распределения отклонений, полученные в результате обработки экспериментальных и расчетных данных, имеют хорошую сходимость, но смещены относительно друг друга на постоянную величину. Очевидно, что имеет место некоторая систематическая ошибка, обусловленная влиянием на результаты обработки, в том числе оператора станка, либо другого неучтенного фактора, который мог произвольно флуктуировать, что значительно увеличивает ошибку опыта [2].

На рис. 4 приведена зависимость плотности вероятности распределения погрешности расчетах (различие между значениями отклонения, полученными по аналитической зависимости (1) и данными эксперимента).

Из рис. 4 видно, что расчетное отклонение формы отверстия отличается от отклонения, полученного в ходе эксперимента, для 50% деталей находится в пределах 0—1 мкм.

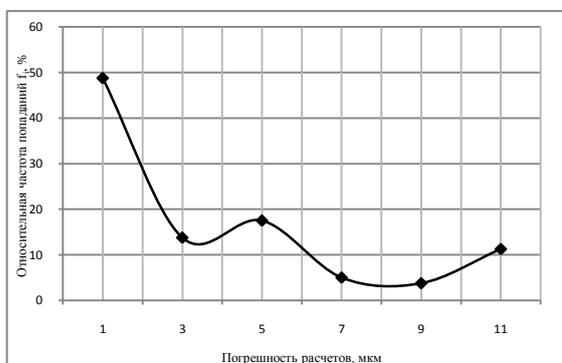


Рис. 4. Плотность вероятности распределения погрешностей в расчетах

Интегральная кривая погрешности расчетов приведена на рис. 5.

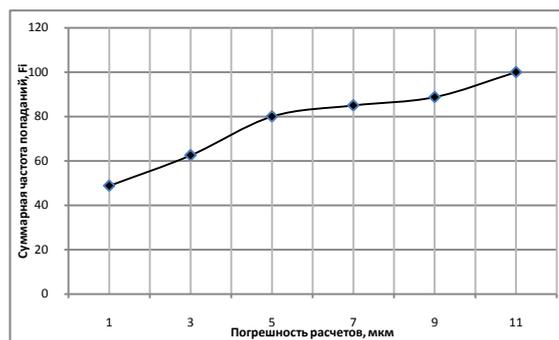


Рис. 5. Интегральная кривая погрешностей в расчетах

Из рис. 5 видно, что допускаемая погрешность в расчетах, величиной не более 3 мкм, наблюдается более чем у 60% деталей.

Таким образом, аналитическая зависимость (1) экспериментальные исследования доказывают адекватность полученной аналитической зависимости, что позволяет использовать её для разработки систем автоматического управления процессом хонингования.

Литература

1. Огородов В.А Компьютерное управление точностью отверстий при хонинговании // Мавлютовские чтения: Российская научно-техническая конференция: сб. трудов. – 2006 – т.5. – С. 71-75
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., Наука, 1976.

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА АЛМАЗНОГО ХОНИНГОВАНИЯ

Огородов В.А., Лазуков Н.Е., Осипов Г.А.

Уфимский государственный авиационный технический университет
semper_novi@mail.ru

Хонингование является доминирующим методом финишной обработки прецизионных отверстий. Однако необходимость автоматизации этого процесса настоятельно требует разработки его обобщенной математической модели как объекта управления.

В этой связи для проведения исследования в области управления процессом хонингования была разработана имитационная модель процесса хонингования, основанная на методе расчета радиальных сил резания, действующих в контакте брусков с обрабатываемой поверхностью, позволяющая учитывать весь комплекс факторов, влияющих на результаты хонингования.

В основу этой модели положено дискретное представление обрабатываемой поверхности в виде множества смежных участков прямоугольной формы (на рис. 1) числом $n \times m$ (где n – дискретность поверхности вдоль окружности отверстия, m – дискретность вдоль оси отверстия). В пределах каждого участка все свойства обрабатываемой поверхности, включая отклонение формы, принимаются постоянными.

В свою очередь режущая поверхность хонинговального бруска представляется дискретным множеством режущих элементов (рис. 1, а), называемых в дальнейшем зернами, расположение которых соответствует точкам равномерно распределенных линейных последовательностей [1] на поверхности бруска. а значения характеристик каждого из зерен в общем случае являются индивидуальными и изменяются в процессе обработки.

При хонинговании все зерна совершают возвратно-поступательное движение. Кинематическая схема движения за один двойной ход применительно только к двум зернам различных брусков приведена на рисунке 1, а. Поскольку в пределах одного дискретного участка поверхности все его свойства приняты одинаковыми, то при прохождении зерна через каждый участок считается, что съём припуска происходит со всего участка.

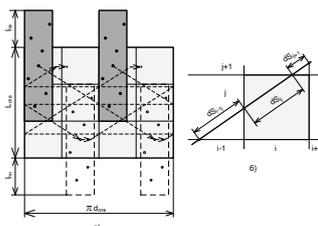


Рис. 1. Представление обрабатываемой поверхности (а) и схема для расчета съема припуска (б)

Величина снятого одним зерном припуска в пределах каждой ячейки обрабатываемой поверхности в момент одного её посещения принимается зависящей от длины пройденного им пути по соответствующей ячейке dS_{ij} , (рис. 1, б) и величины радиального усилия резания, приходящегося на это зерно, Q_k

$$\Delta_{ij}^k = C_z dS_{ij} Q_k, \quad (1)$$

где C_z – коэффициент пропорциональности, численно равен величине съема припуска на единичной длине пути резания единичной силой $Q_k = 1$, определяется эмпирически; Δ_{ij}^k – величина снятого k -м зерном припуска в пределах одной ячейки с координатами ij за один проход.

Величина усилия Q_k является результатом контактного взаимодействия хонинговальных брусков с обрабатываемой поверхностью. Если принять в соответствии с данными работы [2] этот контакт упругим и пренебречь деформацией стенки детали под действием усилия разжима брусков, что справедливо для толстостенных цилиндров, то при разжиге брусков «по давлению» неизвестные силы Q_k являются решением следующей системы линейных уравнений

$$\begin{cases} S_p + \delta_k^{ij} - v_k = \sum_{l=1}^N G_{kl} Q_l, & k=1, \dots, N \\ Q_p = \sum_{k=1}^N Q_k, \end{cases} \quad (2)$$

здесь S_p – радиальная подача брусков; δ_k^{ij} – отклонение формы обрабатываемой поверхности в пределах ячейки с координатами ij в момент взаимодействия с k -м зерном; Q_k – величина износа k -го зерна, первоначально $Q_k = 0$; G_{kl} – коэффициент влияния, представляющий собой деформацию контактного слоя «деталь-брусок» в месте взаимодействия с l -м зерном под действием единичной силы, приложенной в месте взаимодействия с k -м зерном; поскольку деформацию контактного слоя в различных её точках взаимодействия с зернами по данным [2] можно рассматривать как независимую, то $G_{kl} = 0$ при $k \neq l$; N – число зерен всего комплекта брусков хонинговальной головки; Q_p – усилие прижима брусков к обрабатываемой поверхности.

При движении зерна по обрабатываемой поверхности вследствие непостоянства величины отклонения формы на её различных участках, усилие Q_k также непрерывно изменяется. Для упрощения модели процесс хонингования

представляется дискретным по времени. За величину дискреты принимается максимальное время прохождения зерна через одну ячейку в окружном или осевом направлении. В течение этой временной дискреты усилие Q_k остается постоянным.

В процессе хонингования периодически происходит реверс осевого движения брусков с их задержкой в крайних точках (рис. 1, а). В результате последовательность прохождения зерен через один и тот же участок обрабатываемой поверхности также циклически изменяется, что влияет на величину их усилия Q_k контактного взаимодействия с соответствующим участком поверхности, поскольку каждое зерно снимает свой припуск при прохождении этого участка, изменяя величину отклонения формы. Для учета этого фактора процесса хонингования в имитационной модели предусмотрено определение очередности движения зерен в направлении вектора скорости резания.

Адекватность разработанной имитационной модели проверялась путем сравнения результатов расчетов в среде MATLAB с результатами экспериментальных исследований, полученными при обработке глухого отверстия корпуса гидравлической опоры (рис. 2) из материала 20Х. Обработка партии из 40 деталей осуществлялась однобрусковой хонинговальной головкой на станке с горизонтальным шпинделем модели Sunnen ML-3500 производства фирмы Sunnen Products Company, USA. Длина хонинговального бруска – 24 мм, его ширина – 3 мм. Разжим бруска производится по давлению. Частота вращения шпинделя – 1950 мин^{-1} ; осевая скорость движения хонинговальной головки – 125 двойных ходов в минуту, время хонингования – 14 с.

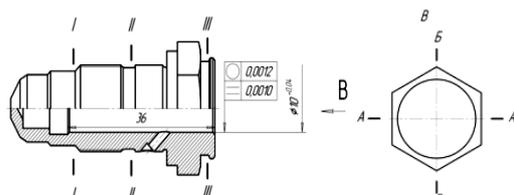


Рис. 2. Обрабатываемая деталь

Для экспериментального определения коэффициента пропорциональности C_z характеризующего собой режущую способность брусков, была выбрана деталь с наиболее распространенным отклонением формы отверстия, а именно: отклонение профиля продольного сечения в форме «прямого конуса» составляет 8 мкм и отклонение от круглости – 1 мкм. В процессе эксперимента сравнивалась величина припуска, полученная расчетным путем при различных значениях коэффициента C_z , с фактическим съемом припуска при хонинговании выбранной детали. Расчетные и экспериментальные данные о съеме припуска приведены в табл. 1.

Таблица 1

Данные о снятом припуске

Коэффициент C_z , мм/(Н·мм)	Расчетное значение снятого припуска, мкм	Экспериментальное значение припуска, мкм
$2,5 \cdot 10^{-6}$	7,5	3
$2,0 \cdot 10^{-6}$	6,5	
$9 \cdot 10^{-7}$	4,1	
$7,5 \cdot 10^{-7}$	2,9	

Анализ данных из табл. 1 показывает, что наименьшее расхождение расчетных данных с экспериментальными наблюдается при значении коэффициента C_z , равном $5 \cdot 10^{-7}$ мм/(Н·мм).

Поскольку процесс хонингования характеризуется сильным влиянием на результаты обработки случайных факторов, адекватность разработанной модели и найденной величины коэффициента C_z была проверена на партии из 40 деталей. Для каждой из деталей этой партии сравнивались расчетные данные о снятом припуске, овальности и непрямолинейности образующей с экспериментальными данными при одинаковых исходных отклонениях формы отверстия и режимах обработки. Результаты сравнения представлены на рис. 2.

На рис. 2 приведена зависимость распределения частот величины снятого припуска по 6 точкам поверхности (в 3 сечениях по длине отверстия и в 2 взаимно перпендикулярных направлениях), полученных расчетным и опытным путем, а также относительной погрешности расчета снятого припуска для 40 деталей.

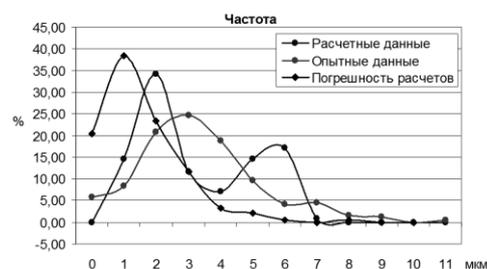


Рис. 2. Сравнение расчетных и экспериментальных данных

Из рис. 2 видно, что допускаемая погрешность расчета припуска величиной 0 и 1 мкм наблюдаются для около 60% деталей.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования доказывают адекватность разработанной модели процесса хонингования, что позволяет использовать её для разработки систем управления процессом.

Литература

1. Соболев, И. М., Статников, Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. – М.: Наука, 1981. – 104 с.
2. Чеповецкий, И. Х. Механика контактного взаимодействия при алмазной обработке. – Киев: Наукова думка, 1978. – 228 с.

СЕКЦИЯ 3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ (В ПРИКЛАДНЫХ ОБЛАСТЯХ)

СИСТЕМА ПОИСКА И ВЫДЕЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ЛИЦ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

А.А. Друки, В.Г. Спицын
Томский политехнический университет
druki2008@yandex.ru

Введение

В настоящее время всё более широкое распространение получают биометрические системы идентификации человека. Традиционные системы идентификации требуют знания пароля, наличия ключа, идентификационной карточки, либо иного идентифицирующего предмета, который можно забыть или потерять. В отличие от них биометрические системы основываются на уникальных биологических характеристиках человека, которые трудно подделать и которые однозначно определяют конкретного человека. К таким характеристикам относятся отпечатки пальцев, узор радужной оболочки, изображение сетчатки глаза, голос, лицо и т.д. [2-4].

Лицо человека захватывается видео или фото камерой, изображение подаётся на вход информационной системы и система производит идентификацию человека по фотопортрету.

Для решения задачи распознавания лиц используются различные методики, среди которых можно выделить подходы, основанные на нейронных сетях [15-19], на разложении Кархунена – Лозва [20], на алгебраических моментах [21], линиях одинаковой интенсивности, эластичных (деформируемых) эталонах сравнения.

Распознавание лиц на изображениях можно разделить на два основных этапа:

- поиск области расположения лица на изображении (выделение лица);
- идентификация лица.

Целью данной работы является поиск (выделение) человеческих лиц на изображениях.

Разработка нейронной сети

Анализ методов выделения сюжетной части изображения показал что для решения данной задачи эффективно использовать искусственные нейронные сети, в связи с тем что они обеспечивают возможность получения классификатора, хорошо моделирующего сложную функцию распределения изображений лиц, тем самым, увеличивая точность решения по сравнению с остальными методами.

Преимущество использования нейронных сетей для обнаружения лица – обучаемость системы для выделения ключевых характеристик лица из учебных наборов.

В настоящее время наиболее часто в задачах распознавания и идентификации изображений используются классические нейросетевые архитектуры (многослойный персептрон, сети с радиально-базисной функцией и др.), но из анализа данных работ и экспериментальных исследований следует что, применение классических

нейросетевых архитектур в данной задаче является неэффективным по следующим причинам:

- изображения имеют большую размерность, соответственно возрастает размер нейронной сети;
- увеличивается время и вычислительная сложность процесса обучения;
- сложность настройки множества весовых коэффициентов;
- отсутствие инвариантности к изменениям масштаба изображения, ракурсов съёмки камеры и других геометрических искажений входного сигнала.

Поэтому для решения этой задачи были выбраны сверточные нейронные сети, т.к. они обеспечивают частичную устойчивость к изменениям масштаба, смещениям, поворотам, смене ракурса и прочим искажениям.



Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети

Архитектура сверточной нейронной сети, состоит из многих слоёв. Слои бывают двух типов: сверточные и подвыборочные, они чередуются друг с другом [3].

Нейроны в пределах слоя организованы в плоскости. В каждом слое имеется набор из нескольких плоскостей, причём нейроны одной плоскости имеют одинаковые синаптические коэффициенты, ведущие ко всем локальным участкам предыдущего слоя.

На вход поступает изображение целиком. В сверточном слое происходит сканирование изображения (или предыдущего слоя) небольшим окном и пропускается сквозь набор синаптических коэффициентов, а результат отображается на соответствующий нейрон текущего слоя. Таким образом, набор плоскостей представляет собой карты характеристик и каждая плоскость находит «свои» участки изображения в любом месте предыдущего слоя.

Подвыборочный слой уменьшает масштаб плоскостей путём локального усреднения значений выходов нейронов. Таким образом, достигается иерархическая организация. Последующие слои извлекают более общие характеристики, меньше зависящие от искажений изображения [2].

При сканировании изображения нейронной сетью отклики нейронной сети образуют максимумы в местоположениях лиц как показано на рисунке 2.

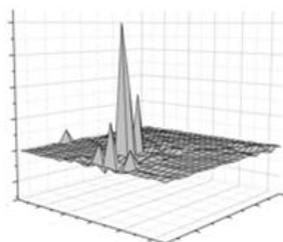


Рис. 2. Отклики нейронной сети в местоположении лица

Активационная функция – гиперболический тангенс:

$$f(x) = \tanh(x)$$

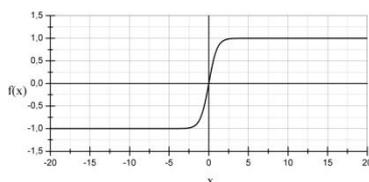


Рис. 3. Гиперболический тангенс Функционирование нейрона сверточного слоя:

$$y_k^{(i,j)} = b_k + \sum_{s=1}^K \sum_{t=1}^K w_{k,s,t} x^{((i-1)+s, (j-1)+t)}$$

Функционирование нейрона подвыборочного слоя:

$$y_k^{(i,j)} = b_k + \frac{1}{4} w_k \sum_{s=1}^2 \sum_{t=1}^2 x^{((i,j)+s, (i,j))}$$

Используется стандартный для нейронных сетей алгоритм обратного распространения ошибки:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta \delta_{pj} o_{pi} \quad (4)$$

На каждой итерации, уравнение (4) рассчитывается для всего обучающего набора данных, чтобы вычислить средний или истинный градиент.

Нейронная сеть имеет один вход в виде исходного изображения и два выхода в виде бинарных значений в пределах активационной функции [-1, +1]. Выход +1 означает, что лицо на изображении найдено, -1 означает, что лицо не найдено.

Масштабирование изображения

Если система находит лицо на изображении, то область местонахождения лица отмечается прямоугольником. Сложность заключается в том, что на одном изображении может быть найдено несколько таких областей – кандидатов на местоположение лица как показано на рисунке 4. Это снижает достоверность результатов.



Рис. 4. Выделение участков кандидатов на изображении

Для решения этой проблемы был разработан алгоритм масштабирования и кластеризации изображения.

Исходное изображение последовательно масштабируется с коэффициентом масштабирования от 1.2 до 0.7, таким образом, получается пирамида, состоящая из пяти изображений, как показано на рисунке 5.



Рис. 5. Масштабы изображений. В центре исходное изображение

После масштабирования эти пять изображений сканируются нейронной сетью. Нейронная сеть в каждом изображении находит и выделяет участки кандидаты. Т.к. изображения разного размера, то и участки кандидаты могут быть разные. Далее все найденные участки кандидаты масштабируются относительно исходного изображения, сравниваются, и пересекающиеся участки кандидаты группируются в кластеры. Те участки которые не вошли в кластеры отбрасываются как ложные. Таким образом, происходит устранение избыточных участков-кандидатов.

Заключение

В ходе проведенных исследований были реализованы несколько тестовых нейронных сетей с разной архитектурой и выявлена наиболее подходящая архитектура для поставленной задачи. Предложен алгоритм масштабирования и кластеризации участков кандидатов местонахождения лица. Это позволит повысить эффективность работы системы. В ближайшее время планируется разработка этого алгоритма, а так же оптимизация нейронной сети.

Литература

1. Глазунов А. Компьютерное распознавание человеческих лиц — Открытые Системы, № 03, 2000. <http://www.osp.ru/os/2000/03/>
2. Rowley H. A., Baluja S., and Kanade T. Neural network-based face detection // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 20, – 1998. – P. 23 - 38.
3. Karungaru, Fukumi M., Akamatsu N. Human Face Detection In Visual Scenes Using Neural Networks // Proc. of ICONIP 2000. – 2000. – P.1 - 6.
4. Lin S. - H., Kung S. - Y., Lin L. - J. Face Recognition Detection by Probabilistic Decision-Based Neural Network // IEEE Trans. Neural Networks. - 1997. - Vol. 8. – № 1. – P. 114 - 132.
5. Feraud R., Bernier O., Viallet J.-E., and Collobert M. A fast and accurate face detector based on neural networks // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2002. – № 23. – P. 42 - 53.
6. Rowley H., Baluja S., and Kanade T. Rotation invariant neural network-based face detection. // In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 1998. – P. 38 - 44.

ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ В ФОРМЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

Чаадаева В.В.

ГОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет»
chvk@gk-start.ru

Анализ финансового состояния предприятий - вопрос наличия квалифицированных экспертов, которые могут грамотно проанализировать все финансовые параметры и взаимосвязи, существующие в них, а также вопрос наличия специалистов, способных представить знания экспертов о предприятии, для практического использования с помощью некоторых технологий. В качестве основных технологий можно, например, отметить нейросетевые модели, системы реинжиниринга (поточковые модели) и компьютерные экспертные системы.

Для создания компьютерных экспертных систем анализа финансового состояния предприятий необходим коллектив разработчиков, включающий специалистов по экономическо-математическому моделированию, экономистов, программистов, специалистов по инженерии знаний, электронщиков и т.д. При этом необходимо отметить, что время, необходимое для создания таких экспертных систем составляет, как правило, от нескольких единиц до десятков человеко-лет. Поскольку цикл разработки и создания компьютерных экспертных систем столь длителен, вполне естественно при проектировании новых систем частично использовать уже существующие аналогичные системы. С этой целью используются так называемые оболочки экспертных систем. Оболочка есть отражение важной программистской концепции, которая заключается в поддержке вновь создаваемых систем. Оболочки становятся наиболее популярными продуктами, которые вызывают коммерческий интерес на рынке интеллектуальных программных продуктов.

Наиболее известными программными средствами для создания компьютерных экспертных систем являются языки программирования Лисп и Пролог, служащие основой для создания оболочек компьютерных экспертных систем.

В качестве общего алгоритма работы компьютерной экспертной системы оценки финансового состояния предприятий можно использовать следующий:

- расчет значимых коэффициентов, характеризующих финансово-хозяйственную деятельность предприятия;
- сопоставление значений коэффициентов с заданными граничными значениями;
- заключение о надежности и рентабельности работы предприятия;
- вывод об оптимальности работы предприятия.

Задачи анализа финансового состояния предприятий могут быть сформулированы следующим образом:

- планирование деятельности и установление соответствующих показателей и нормативов на основе планового развития клиентской базы;
- контроль выполнения планов работы и соблюдения нормативов по показателям, связанным с оказанием услуг, привлечением средств, операционным доходам и хозяйственным расходам;
- расчет эффективности и оценки рисков различных вариантов вложений ресурсов предприятия – собственных и привлеченных финансовыми средствами, обладающих большим количеством альтернативных возможностей для использования;
- поиск внутренних резервов как в финансовой (уменьшение нерентабельных объемов и уровня рисков размещаемых средств), так и в производственной сфере (оптимизация использования трудовых ресурсов, движения основных фондов и материальных средств);
- анализ и обоснование оптимальных решений, связанных с управлением показателями и сторонами деятельности предприятия.

Главными составляющими компонентами компьютерной экспертной системы для оценки финансового состояния предприятий являются:

- база данных финансовой информации;
- база знаний, содержащая набор формализованных знаний по финансовому анализу;
- механизм вывода для формирования результатов финансового анализа.

Основной информативной базой для оценки финансового состояния предприятия служат его баланс, отраслевые нормативы и другая бухгалтерская отчетность, которые являются источником информации для базы данных разрабатываемой компьютерной экспертной системы. В состав базы данных необходимо включить инструментальные системы, позволяющие накапливать и обрабатывать первичные данные, а также производить оценку значимости различных данных.

Необходимым компонентом компьютерной экспертной системы анализа финансового состояния предприятий, является база знаний. Для ее создания целесообразно использовать знания экспертов в изучаемой области.

Основой базы знаний может служить, например, набор правил в форме производственных правил. Примерами таких правил в области анализа финансового состояния предприятий являются, например, следующие:

- если коэффициенты: $A1 \geq 0.75$ и $A1 \leq 0.85$, то «удельный вес доходных активов в общей сумме активов предприятия – оптимален»;
- если $A1 < 0.75$, то «доходных активов недостаточно»;
- если $A1 > 0.85$, то «избыток доходных активов – рискованная инвестиционная политика предприятия» и др.

В качестве альтернативного варианта представления знаний в компьютерной экспертной системе анализа финансового состояния предприятий, можно предложить использование фреймов – структур для описания стереотипных ситуаций, состоящих из характеристик этих ситуаций и их значений. Характеристики фрейма называются слотами, а их значения – заполнителями слотов. Совокупность фреймов, моделирующая какую-либо предметную область, представляет собой иерархическую структуру, фреймы в которой соединяются с помощью родовидовых связей.

Для эффективной организации формализованных знаний можно использовать конструкцию соответствующей семантической сети или логические процедуры. Семантические сети – наиболее общий способ представления знаний, причем они появились, по-видимому, раньше других. Семантические сети отражают совокупность объектов конкретной предметной области и отношений между ними, при этом объектам соответствуют вершины (или узлы) сети, а отношениями – соединяющие их дуги.

В основе представления знаний посредством логики первого порядка лежит язык математической логики, позволяющий формально описывать понятия предметной области и связи между ними. Наиболее простым языком логики является исчисление высказываний, в котором отсутствуют переменные. Основу исчисления высказываний составляют правила образования сложных высказываний из атомарных.

Другими методами формализации знаний являются представление знаний по принципу доски объявлений и формирование базы знаний по примерам.

В системах, построенных по принципу доски объявлений, существует несколько независимых источников знаний, которые имеют общую память. Эти источники могут храниться в виде, наиболее соответствующем их природе, причем допустимы и смешанные представления, но при едином механизме вывода и единственной рабочей памяти.

Для тех, кто не имеет специальной подготовки в области инженерии знаний, существует метод представления знаний по примерам. Работая с системой такого типа, пользователь задает ей несколько примеров задач вместе с решением. На этой основе система сама строит базу знаний, которая будет применяться для решения других задач.

Компьютерная экспертная система анализа финансового состояния предприятий должна также содержать механизм вывода, содержащий набор различных методик оценки финансового состояния предприятия и процедуры их реализации с целью формирования итоговых результатов.

В ходе проведения анализа финансового состояния предприятий могут быть использованы различные методы общей теории экономического анализа и финансового менеджмента: группировки, сравнения, индексный, балансовый методы, эконометрическое моделирование, факторный анализ и др.

С помощью метода группировки выделяются основные показатели и факторы деятельности, и на основе изменения их динамики отслеживается изменение остальных факторов.

Сравнительные методы используются при планировании, сопоставлении результатов деятельности различных подразделений предприятий, а так же при сопоставлении его показателей с отраслевыми показателями в целом.

Метод пересчета индексов приобретает особую важность для учета и отслеживания экономических процессов, связанных с развитием инфляции.

Методы факторного анализа применяются при анализе прибыльности предприятий.

Методы экономико-математического моделирования используются при управлении ликвидностью баланса и в расчетах окупаемости инвестиционных проектов предприятий.

Наиболее перспективны для прогнозирования и принятия решений модели типа «что, если», где при изменении исходных условий происходит расчет динамики конечных показателей.

Кроме того, при разработке компьютерной экспертной системы для проведения анализа финансового состояния предприятия необходимо разработать методы и алгоритмы компьютерного отображения результатов оценки данных. От способа представления информации во многом зависит адекватность и полнота ее восприятия конечными пользователями экспертной системы, для которых она предназначена. Эффективность использования компьютеров определяется также и способом визуализации информации. Графическое отображение должно обеспечивать высокую наглядность, целостность восприятия информации, что позволяет повысить качество и оперативность принимаемых управленческих решений.

В итоге отметим, что, применяя компьютерные экспертные системы в целях оценки финансового состояния предприятий, можно повысить качество контроля и управляемости, что, в конечном счете, сыграет роль в улучшении и стабилизации их функционирования.

СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПСЕВДОРЕГУЛЯРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЯХ МЕТОДАМИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.Л. Ненашев

Алтайский государственный технический университет им. Ползунова
werer5@rambler.ru

Введение

На сегодняшний день системы технического зрения показали свою высокую эффективность при решении многих задач, связанных с управлением сложными производствами и автоматизацией производственных процессов [1].

Несмотря на достигнутые успехи в области построения таких систем, проблема автоматизированного контроля выпускаемой продукции с применением таких преобразователей по-прежнему остается важной и актуальной. Это обусловлено, в первую очередь, тем обстоятельством, что как сами объекты контроля, так и сцена изображения, на которой они находятся, отличаются значительным многообразием.

В целом в общей задаче контроля изделий можно выделить такие частные цели, как их подсчет, идентификацию и комплексную оценку качества. В силу наличия вышеуказанной проблемы приходится констатировать, что в общем виде задача оценка качества до настоящего времени полностью не решена и при контроле с применением телевизионных систем обычно ограничиваются решением частных случаев, а именно идентификацией изделий и их подсчетом.

В этом направлении на сегодняшний день имеется множество готовых решений, доведенных до массового производства, например, [2,3]. Однако, практика практического применения подобных систем показала, что в реальных производственных условиях даже простейшая задача подсчета изделий наталкивается на ряд труднопреодолимых трудностей.

В частности, при решении задачи контроля процесса выпечки хлебобулочных изделий в жарочной печи на выбор алгоритмов обработки изображения сцены и идентификации объектов существенное влияние оказывают следующие факторы:

- неравномерность освещения анализируемой сцены, характер которой может медленно флуктуировать в течение суток;
- не подчиняющаяся статистическим закономерностям спонтанная флуктуация освещения объекта солнечным светом из-за его периодического перекрывания облаками;
- изменение чувствительности сенсора видеокамеры из-за оседания на объективе пыли, грязи и жировых отложений;
- неравномерная скорость движения конвейера;
- появление в зоне анализа посторонних объектов (рис. 1).



Рис.1. Пример попадания в область контроля посторонних динамических объектов

Цель данной работы заключалась в разработке алгоритмического обеспечения на основе методов нейросетевых технологий, позволяющего повысить достоверность идентификации изделий на конвейерных линиях.

Для достижения данной цели было разработано специализированное ПО, предназначенное для анализа влияния перечисленных факторов на работу используемых в системе контроля алгоритмов обработки сигнала.

Для проведения исследований в натуральных условиях с применением видеокамеры D-Link сначала производилась запись натурной сцены изображения. Затем обработка полученных данных с использованием разработанного ПО производилась уже в лабораторных условиях.

Анализ известных решений показал, что основу большинства алгоритмов обработки изображений составляет последовательное применение к ним тех или иных фильтров, сводящих исходное изображение к бинарной матрице или к векторному сигналу [4]. При этом для собственно идентификации применяют либо нейросетевые методы [5], либо алгоритмы, основанные на непосредственном синтаксическом анализе отфильтрованного изображения [4].

В данной работе предлагается использовать для идентификации нейросетевые методы как более универсальные и не требующие индивидуального подхода в зависимости от вида объекта. Веса в нейронной сети не вычисляются путём решения аналитических уравнений, а подстраиваются различными локальными методами (например разновидностями градиентного спуска) при обучении. Обучаются нейронные сети на наборе обучающих примеров. В процессе обучения НС происходит автоматическое извлечение ключевых признаков, определение их важности и построение взаимосвязей между ними. Обученная НС может успешно применять опыт, полученный в процессе

обучения, на неизвестные образы за счёт хороших обобщающих способностей.

Таким образом, применение нейронных сетей для задачи распознавания объектов является перспективным направлением, что было показано, в частности, в работе [5].

Получение входного вектора и идентификация

Так как контролируемая сцена находится в условиях неравномерной освещенности, то привести ее изображение к бинарной матрице или к векторному сигналу является сложной задачей. Как показали исследования, для получения качественного входного вектора нейронной сети необходимо произвести следующую последовательность операций: фильтрация (сглаживание, выравнивание освещенности), сегментация (получение замкнутых контуров объектов на изображении), получение идентификационных дескрипторов (входной вектор нейронной сети). На рисунке 2 представлен результат фильтрации и сегментации.



Рис.2. Получение замкнутых контуров объектов

Далее, полученный замкнутый контур переводился во входной вектор нейронной сети. Для этого использовался метод получения сигнатуры на основе двумерной функции зависимости угла - расстояния и цепного кода.

Далее необходимо подобрать оптимальную архитектуру НС и реализовать алгоритм идентификации изделий, имеющих конечное множество возможных форм и движущихся на конвейерных линиях. Архитектура многослойной нейронной сети (МНС) состоит из последовательно соединённых слоёв, где нейрон каждого слоя своими входами связан со всеми нейронами предыдущего слоя, а выходами - следующего. НС с двумя решающими слоями может с любой точностью аппроксимировать любую многомерную функцию. НС с одним решающим слоем способна формировать линейные разделяющие поверхности, что сильно сужает круг решаемых ею задач. НС с нелинейной функцией активации и двумя решающими слоями позволяет формировать любые выпуклые области в пространстве решений, а с тремя решающими слоями - области любой сложности и формы, в том числе и невыпуклой. При этом МНС не теряет своей обобщающей способности. Обучаются МНС при помощи алгоритма обратного распространения ошибки, являющегося методом градиентного спуска в пространстве весов с целью минимизации суммарной ошибки сети. При этом ошибки (точнее, величины коррекции весов) распространяются в

обратном направлении от входов к выходам, сквозь веса, соединяющие нейроны.

Проведенные исследования показали, что рассмотренный подход вполне применим для решения задач идентификации и подсчета изделий, движущихся на конвейерных линиях. При этом само движение не является ограничивающим фактором и не приводит к сколько-нибудь существенному снижению вероятности правильного обнаружения при использовании соответствующих алгоритмических решений. В то же время динамика контролируемой сцены изображения, обусловленная изменяющимися условиями фоновой засветки, вызывает гораздо больше артефактов, что также привело к необходимости применения специальной методики обучения сети и нашло отражение в организации ее структуры.

Заключение

Применение нейронных сетей для решения задач контроля изделий, движущихся на конвейерных линиях, сводится к решению задачи идентификации изображений с псевдорегулярной структурой в условиях динамики контролируемой сцены изображения и линейного равномерного смещения этой сцены в двумерной области. В данной работе реализован метод получения входного вектора, подобрана оптимальная архитектура нейронной сети и отмечены отдельные особенности реализованного алгоритма распознавания объектов. Система была протестирована и отлажена. Натурный эксперимент и апробация системы производились на реальном предприятии. В качестве тестовой задачи использовалась задача контроля хлебобулочных изделий для подсчета количества хлеба, загружаемого в поточные печные линии, сводящаяся к их подсчету и разбраковке по форме. В настоящее время ведутся работы по дальнейшему совершенствованию предложенных решений.

Литература

1. Техническое зрение роботов/В.И. Мошкин, А.А. Петров, В.С. Титов, Ю.Г.Якушенков; Под общ.ред. Ю.Г.Якушенкова. – М.: Машиностроение, 1990.- 272 с.
2. Горгуца С. Р. Учебный курс по системам технического зрения на базе программной среды Labview. [Электронный ресурс] / С. Р. Горгуца, П. М. Михеев, А.С.Соболев. . Режим доступа: <http://www.automationlabs.ru/images/Thesises/vision%20course.pdf>
3. Видеодатчики и камеры машинного зрения. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.sick-automation.ru/catalog/sensors/complex/sensor_video.html
4. Гонсалес Р. Цифровая Обработка Изображений. / Р. Гонсалес, Р. Вудс.; Перевод с английского под редакцией П.А. Чочиа. – М.: «Техносфера», 2005 г. – 1072с.
5. Брилок Дмитрий. Распознавание человека по изображению лица и нейросетевые методы./ , Д. Брилок, В. Старовойтов - М.: Минск, 2001.

РАСПОЗНАВАНИЕ СЛИТНЫХ РУКОПИСНЫХ ТЕКСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Н.С. Исупов, А.В. Кучуганов
Ижевский государственный технический университет
don.jugger@gmail.com

Существует множество работ, связанных с автоматизацией процесса распознавания графических изображений, начиная с печатных символов до обработки трехмерных изображений [1, 2]. Используются различные методики по улучшению качества исходного изображения и выделению признаков, по которым ведется распознавание. Тем не менее, возможности интеллектуального анализа изображений с помощью компьютеров оставляют желать лучшего. Так, например, существует острая необходимость в создании эффективных систем распознавания рукописных текстов.

На данный момент существует ряд систем распознавания печатных текстов, например ABBYY Finereader, OmniPage, OCR CUNEIFORM, Readiris, Microsoft Office Document Imaging. Все они довольно успешно справляются с задачей распознавания печатных текстов, в то время как задача распознавания слитных рукописных текстов является не решенной.

В теории распознавания образов выделяются различные группы признаков, по которым ведется сравнение распознаваемой области и эталона.

По типу выделяемых признаков методы распознавания делятся на [3]:

- статистические методы,
- детерминированные методы,
- логические методы,
- структурные или лингвистические методы,
- нейросистемный подход.

Нередко системы распознавания создаются на основе комбинации этих методов.

Статистические методы основаны на вычислении различных статистических величин для последующего их сравнения (коэффициент корреляции, моменты различных порядков, закон распределения, матрицы смежности). Недостатками этих методов являются:

- значительные вычислительные затраты;
- неизвестность закона распределения;
- неоднозначность описания области изображения.

Детерминированные методы основаны на выделении из исходного изображения признаков, принимающих конкретные числовые значения, например геометрических величин, таких как периметр, площадь фигуры, средняя длина хорды, эксцентриситет, периметр наименьшей выпуклой формы, описывающей объект и т.д. Недостатком этих методов является необходимость качественной сегментации изображения. В противном случае достоверность признаков в значительной степени снижается.

Логические методы основаны на выделении таких признаков, которые можно рассматривать как элементарные высказывания, принимающие два

значения истинности («да», «нет» или «истина», «ложь») с полной определенностью, что затруднительно при построении реальных систем.

Структурные методы основаны на представлении как всего изображения, так и изображения отдельного субъекта в виде совокупности некоторых примитивных геометрических элементов (непроизводные элементы) и их отношений между собой [4]. Главным недостатком структурных методов является необходимость четкого разделения изображения на объект и фон, что затруднительно в условиях реального изображения.

Нейросистемные методы. В основу этого подхода положен принцип действия нейронных клеток головного мозга человека. Нейрон представляет собой устройство, состоящее из нескольких входов, каждый из которых имеет свою весовую функцию, а также из блока суммирования и одного выхода [5]. Значение признака, образующееся на выходе нейрона, зависит от входного сигнала, весовых коэффициентов входов и функции возбуждения. Недостатком нейросети является необходимость качественной преобработки изображения. Другой недостаток заключается в отсутствии инвариантности ко многим видам топологических преобразований.

Проанализировав достоинства и недостатки вышеперечисленных методов, было решено создать систему распознавания на основе структурно-лингвистического подхода с использованием лингвистических переменных и аппарата нечеткой логики.

Лингвистическая переменная может принимать значения понятий (фраз) естественного языка и используется при описании объектов и явлений с помощью нечетких множеств. Например, лингвистическая переменная «Скорость» может принимать значения «Очень быстро», «Быстро», «Медленно», «Очень медленно», переменная «Направление» – «Север», «Юг», «Запад», «Восток» и т.д. Они в свою очередь являются нечеткими переменными и изменяются в некотором диапазоне числовых значений.

Основы нечеткой логики были заложены в конце 60-х лет в работах известного американского математика Лотфи Заде [6].

Сущность предлагаемого подхода заключается в следующем.

Изображение символа можно представить в виде графа, состоящего из узлов и ветвей (рис. 1).

Выделяется ограниченное множество вариантов узлов (рис. 2), называемых типовыми опорными узлами (ТОУ).

Параметры ветвей графа преобразуются в нечеткие переменные. Ветви имеют форму, а так же показатели направления и ориентации. Отличие

ориентации от направления заключается в том, что направление высчитывается относительно предыдущего отрезка, а ориентация не зависит от других элементов. Направление, ориентация, форма и длина ветви являются лингвистическими переменными, принимающими ограниченное количество значений. В табл. 1 показаны различные значения лингвистических переменных направления и ориентации ветви.



Рис. 1. Пример представления рукописной буквы «а» в виде графа

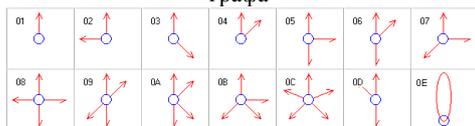


Рис. 2. Типы узлов

Эталоны символов хранятся в базе данных в виде аналогичных графов.

Таблица 1 Сводная таблица значений направления и ориентации ветвей в зависимости от угла

Количественный диапазон	Качественное значение направления	Качественное значение ориентации
-11,25°...11,25°	ForWard	North
11,25°...33,75°	FFR	NNE
33,75°...56,25°	FR	NE
56,25°...78,75°	FRR	EEN
78,75°...101,25°	Right	East
101,25°...123,75°	RRB	EES
123,75°...146,25°	RB	SE
146,25°...168,75°	RBB	SSE
168,75°...191,25°	Back	South
191,25°...213,75°	BBL	SSW
213,75°...236,25°	BL	SW
236,25°...258,75°	LLB	WWS
258,75°...281,25°	Left	West
281,25°...303,75°	FLL	WWN
303,75°...326,25°	FL	NW
326,25°...348,75°	FFL	NNW

Вести распознавание предлагается путем сравнения ТОУ, а так же направлений и количеств исходящих из них ветвей в исходном изображении и в эталонах.

Имеются следующие режимы работы с программой:

1. работа с базой типовых опорных узлов;
2. работа с библиотекой эталонов;
3. предобработка скелетного изображения;
4. распознавание.

В режиме работы с базой ТОУ имеется возможность просматривать, добавлять и удалять типовые опорные узлы, выбирая их из контрольного изображения.

Перед предобработкой входное изображение обрабатывается векторизатором ArtPhoto [7] для получения скелетного изображения (рис. 3).

Процесс предобработки состоит из нескольких этапов:

- Фрагментация изображения – разбиение всего текста на слова и символы (рис. 4). В программе реализован статистический метод разбиения исходного текста на фрагменты.

- Устранение мелких разрывов между концами отрезков.
- Исключение коротких отрезков (рис. 5).
- Корректировка направления отрезков.
- Аппроксимация дугами.
- Распознавание ТОУ типа «разветвление», «конец», «угол» (рис. 6).
- Формирование нечеткого графа.



Рис. 3. Исходное и скелетное изображение текста



Рис. 4. Пример фрагментации текста



Рис. 5. Текст после исключения коротких отрезков и устранения мелких разрывов



Рис. 6. Текст после распознавания узлов

Можно выполнять каждый этап по отдельности или задать автоматическое выполнение всех этапов предобработки.

В режиме распознавания фрагменты изображения, прошедшие обработку, сравниваются с эталонами, и выдается результат. Любой из обработанных фрагментов можно задать в качестве эталона в режиме работы с библиотекой эталонов.

В настоящее время проводятся экспериментальные исследования с рукописными текстами. На данный момент надежность распознавания составляет 68%.

Литература

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М: Техносфера, 2006. – 1072с.
2. Н. Горский, В. Анисимов, Л. Горская, Распознавание рукописного текста, С-Пб.: издательство Политехника, 1997г.
3. Горелик А.Л., Скрипкин В.А., Методы распознавания: М.:Высшая школа, 1989г.
4. К. Фу, Структурные методы в распознавании образов, М.: издательство «Мир», 1977г.
5. Казаков Я.В., Повышение качества киноизображения средствами вычислительной техники. Ч. 2: Методы признакового описания статичного изображения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/5026.html>, свободный.
6. Заде Л.А. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных/интеллектуальных систем. - Новости Искусственного Интеллекта, №2-3, 2001, с. 7 - 11.
7. Kuchuganov A.V. Recursions in Image Analysis Problems. // Pattern Recognition and Image Analysis, 2009, Vol. 19, No. 3, pp. 501-507.

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ОБУЧЕНИЯ МОДЕЛИ НТМ ДЛЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЦИФР

Ю.А. Болотова, В.Г. Спицын, А.Э. Фомин
Томский политехнический университет,
julya21@hotmail.ru

Введение

В настоящее время большинство систем по распознаванию образов основано на нейронных сетях. Широкое распространение нейронных сетей объясняется их структурным сходством с головным мозгом. Модель иерархической временной памяти (НТМ) была разработана американскими учеными нейробиологами. Она представляет собой не только структурное, но и функциональное сходство с работой головного мозга млекопитающих. В основе модели лежат 2 принципа, характерных для человеческого зрения в процессе обучения и распознавания изображений [1].

При изучении новых объектов ребенок медленно переворачивает игрушку в руках. При каждом повороте игрушки на сетчатку глаза ребенка попадает изображение игрушки в различных ракурсах [2]. Таким образом, по мере поворота игрушки формируется видеопоследовательность из отдельных ее кадров, которые между собой могут сильно различаться. Тем не менее, ребенок осознает, что он держит в руках и смотрит на одну и ту же игрушку, запоминая все ее ракурсы по мере поворота. Такое восприятие объясняется учетом человеческим мозгом временной составляющей сигнала в процессе зрения.

Вторым принципом, характерным для зрения является иерархичность. Каждое изображение можно разбить на составляющие части. Наличие определенных составляющих частей, расположенных в определенном порядке, создают в мозге образ целостного объекта, как, например, дерева, или изображения заката. Самыми примитивными составляющими элементами являются прямые и их пересечение под разными углами. Было открыто, что именно наличие прямых и углов наклона определяется на первом этапе обработки зрительной информации в коре головного мозга [3].

Модель Иерархической временной памяти построена на основании двух вышеперечисленных принципов. В процессе распознавания на изображении ищутся отдельные примитивные составляющие и порядок их расположения друг относительно друга.

Структура сети

Сеть представляет собой иерархическую древовидную структуру. Каждый уровень состоит из набора узлов. Узлы одного уровня не связаны между собой. Узел верхнего уровня получает информацию с нескольких узлов предыдущего уровня. Самый верхний уровень состоит из одного узла и в терминах распознавания изображений

оперирует образами объектов [4]. На рис. 1 приведен пример разрабатываемой сети, состоящей из 2-х уровней.

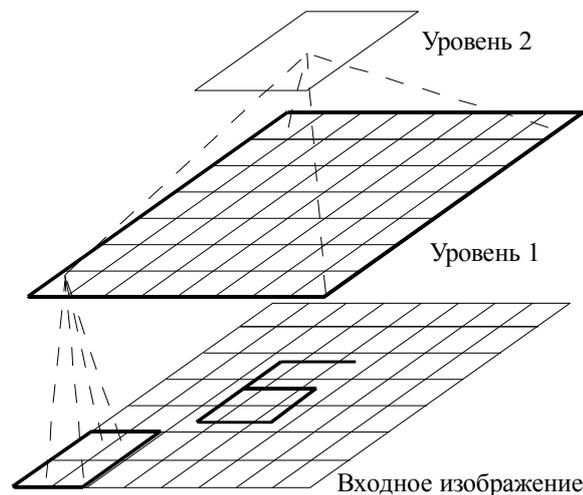


Рис.1 Структура сети

Входное изображение условно разбивается на области. Информация из каждой области поступает в определенный узел первого уровня. Поступившая информация анализируется внутри узлов и передается узлам следующего уровня. За счет того, что каждый узел последующего уровня получает информацию с нескольких узлов предыдущего уровня, каждый последующий уровень несет в себе обобщенную информацию относительно предыдущего. Самый верхний уровень получает информацию со всех узлов предыдущего уровня и анализирует информацию со всего изображения, подобно как верхняя зона коры головного мозга оперирует образами.

Структура узла

Анализ изображения происходит внутри узла и состоит из двух этапов: пространственный и временной. В ходе обучения в узле сохраняются пространственные центры – векторы, описывающие пространственное расположение составных частей объекта. После того, как центры были сформированы, на вход сети подается видеопоследовательность перемещающегося объекта. На основе этой последовательности из существующих пространственных центров формируются временные группы. Процесс обучения происходит постепенно от уровня к уровню.

На этапе распознавания происходит сравнение входной информации с существующими пространственными центрами. После выбора центра осуществляется выбор соответствующей временной группы [4]. Временные группы состоят из

временных центров, которые часто присутствуют в одном и том же объекте.

Создание видеопоследовательностей

Для обучения сети было решено создавать видеопоследовательности из перемещаемых в пространстве стилизованных цифр. Главным критерием было обеспечение последовательного перемещения цифры внутри кадра. Было предложено и протестировано 3 способа создания последовательностей: перемещение цифры по горизонтали слева направо и сверху вниз, перемещение цифры по вертикали сверху вниз и слева направо и перемещение по спирали, начиная из центра (рис. 2-4).

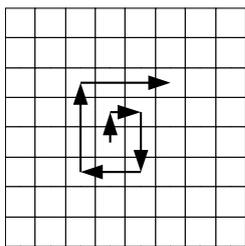


Рис.2 Смещение изображения по спирали

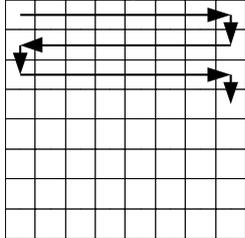


Рис.3 Смещение изображения по горизонтали

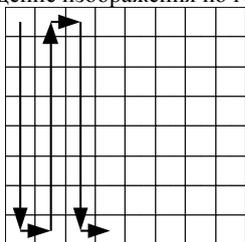


Рис.4 Смещение изображения по вертикали

Все вышеперечисленные варианты создания видеопоследовательностей были реализованы. Результат их сравнения приведен в табл.1.

Таблица 1. Результат распознавания сети, обученной на 3-х различных видеопоследовательностях, %

	По спирали	Горизонтально	Вертикально
Время обучения	30 (мин)	19 (мин)	19 (мин)
о.в.	100	100	100
т.в.	95,9	95,9	95,3
Смещенная о.в.	91,6	89,7	76,8
Смещенная т.в.	88	83,1	69,6
Новые изображения	41	37	33

Здесь о.в. – обучающая выборка; т.в. – тестовая выборка.

Несмотря на то, что, для создания видеопоследовательностей смещением изображений по спирали и для обучения сети на полученных видеопоследовательностях требуется больше времени, результаты распознавания сети, обученной этим способом, выше, чем при обучении на видеопоследовательностях, полученных горизонтальным или вертикальным смещением.

Заключение

В результате реализована двухуровневая сеть. Предложены и проанализированы 3 метода создания видеопоследовательностей. Сравнение производилось на основе тестирования сети: по проценту распознавания и времени, затрачиваемому на обучение. Лучший результат распознавания достигнут при обучении сети на «спиральной» видеопоследовательности и он достигает 100% на тестовой выборке, 95,9% на обучающей выборке (искажение тестовой выборки - 20%) и 41% на нарисованных изображениях.

Литература

1. Hawkins J., Blakeslee S. On Intelligence. – N.Y.: Times Books, 2004. – 272 с.
2. Mather G. The Visual Cortex//www.lifesci.sussex.ac.uk: URL: http://www.lifesci.sussex.ac.uk/home/George_Mather/Linked%20Pages/Physiol/Cortex.html (дата обращения 20.10.2010).
3. Шевелёв И.А. «Распознавание зрительных образов». Современный курс лекций по классической физиологии, видеозапись лекции 03/12, 2007 г. URL: <http://www.youtube.com/watch?v=mvUQxf6vVGg> (дата обращения 02.12.2010).
4. Dileep G. How the Brain Might Work: A Hierarchical and Temporal Model for Learning and Recognition // numenta.com. 2007. URL: <http://www.numenta.com/htm-overview/education/DileepThesis.pdf> (дата обращения: 14.09.2010).

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ РЕСУРСОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ В РАМКАХ РЕКОМЕНДАЦИЙ TELEMANAGEMENT FORUM

Нагорянский О.Н.

Сургутский государственный университет ХМАО-Югры

nagoryanskij@mail.ru

Введение

Развитие сетей нового поколения сегодня уже невозможно представить в отрыве от методологических разработок и рекомендаций, вырабатываемых международной ассоциацией TeleManagement Forum (TMF). Концепция New Generation Operations Software and Systems - инициатива TMF по упрощению и стандартизации процессов разработки и внедрения систем операционной поддержки в телекоммуникационной индустрии, так же как и модель Shared Information/Data model (SID) - общекорпоративная модель данных, предоставляющая телекоммуникационной индустрии единый набор определений бизнес-объектов, участвующих в работе ключевых процессов, а также связи и отношения между этими объектами, уже стали стандартом де-факто для операторов связи, нацеленных на внедрение новых технологий и оказание новых услуг [1].

Модель SID представлена диаграммой классов Rational Rose UML-модели, отражающей атрибуты классов бизнес-сущностей области телекоммуникаций и отношения между этими сущностями. Одним из компонентов данной модели является область управления ресурсами (рис.1). Область управления ресурсами (ОУР) модели SID контролирует жизненный цикл ресурсов, процессы, происходящие в ресурсах, управляет их инвентаризацией и работоспособностью. Подсистемы ОУР представлены на рис. 1.

Подсистема «описание ресурсов» содержит сущности, описывающие инвариантные характеристики и поведение каждой сущности как ресурса. Благодаря этому возможно наследование инвариантных характеристик и поведения, определённых ресурсом-предком.

Подсистема ОУР «топология ресурсов» содержит сущности, определяющие физическую и логическую топологию сети. Подсистема ОУР «конфигурация ресурсов» соответственно содержит сущности, используемые для представления конфигурации и управления конфигурацией физических, логических и составных ресурсов. Данная подсистема ОУР охватывает проверку доступности ресурсов, распределение экземпляров ресурсов, тестирование ресурсов и обновление инвентаризационной базы данных ресурсов.

Подсистема «управление неисправностями» содержит информацию о локализации неисправностей как логических, так и физических.

Подсистема «тестирование ресурсов» охватывает информацию о диагностике ресурсов,

которая осуществляется при вводе в состав сети новых ресурсов, а также после устранения неисправностей.

Подсистема «производительность ресурсов» соответствует процедурам сбора и обработки статистических данных о производительности ресурсов.

Подсистема ОУР «использование ресурсов» включает сущности, с помощью которых можно описать, как задействованы эти ресурсы и как формируется для последующего использования в бизнес-процессах предприятия соответствующая документация [2].

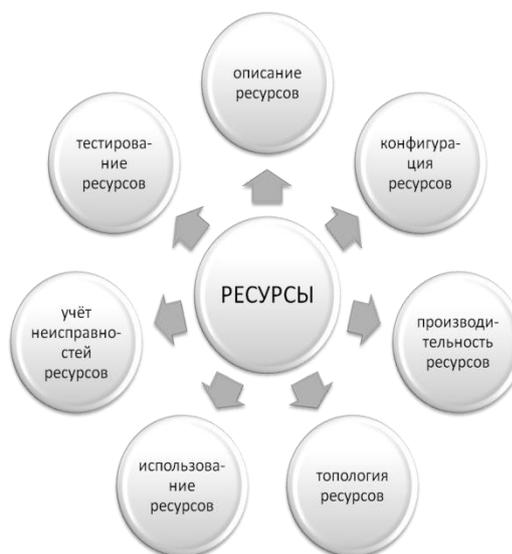


Рис.1 Подсистемы области управления ресурсами модели SID

Онтологический подход к описанию структуры телекоммуникационных сетей

Филиал ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» Магистральные электрические сети Западной Сибири сталкивается с рядом проблем при инвентаризации ресурсов телекоммуникационных сетей (ТС). Эта работа предполагает описание большого количества сущностей и их экземпляров, отношений между ними, задания ограничений на атрибуты сущностей. При описании структуры ТС средствами классических реляционных СУБД возникли сложности адекватного описания объектов предметной области: неполнота сведений о предметной области на этапе проектирования модели данных, вследствие чего в процессе эксплуатации возникает необходимость добавления новых сущностей и новых атрибутов и удаления старых атрибутов; разнородность по атрибутам

объектов одной природы и пр. С учетом этого, а также в силу того, что модель данных SID – UML-модель, было принято решение опробовать использование для хранения информации о ресурсах ТС в рамках рекомендаций TMF онтологической модели как близкой к объектно-ориентированной модели.

Под онтологией подразумевается система, состоящая из набора понятий и набора утверждений об этих понятиях, на основе которых можно описывать классы, отношения, функции и экземпляры [3].

Для построения онтологии ТС вначале был составлен перечень тех терминов из [2], которые требуются для описания структуры телекоммуникационной сети. Далее были исследованы термины предметной области и из [2] были выбраны определения терминов данного перечня. На следующем этапе созданы деревья классификации соответствующих понятий, использующихся при описании ТС. Далее на основе определений классов, задействованных при составлении деревьев классификации, были получены атрибуты классов и их возможные значения. После составления деревьев классификации к онтологии были добавлены экземпляры классов.

Данная онтология ТС построена средствами редактора Protege, который представляет собой свободно распространяемую программу, предназначенную для построения (создания, редактирования и просмотра) онтологий той или иной прикладной области. Редактор Protege позволяет

проектировать онтологии, разворачивая иерархическую структуру абстрактных и конкретных классов и слотов (атрибутов). На основе сформированной онтологии Protege предоставляет возможность генерировать формы, с помощью которых можно вводить экземпляры классов и подклассов, причём ввод дополнительных классов и/или атрибутов может происходить в процессе использования онтологии [3].

Protege имеет открытую, легко расширяемую архитектуру и поддерживает модули расширения функциональности (plug-in). Средствами одного из модулей расширения построено дерево иерархии некоторых классов данной онтологии, представленное на рис.2.

Заключение

Применение онтологического подхода в рамках рекомендаций, инициируемых TMF, позволяет обеспечить реальную системную интеграцию для предприятий, занятых в телекоммуникационной индустрии.

Литература

1. Форум управления телекоммуникациями «TeleManagement Forum» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.tmforum.org, свободный.
2. TeleManagement Forum, GB922, Information Framework (SID). Concepts and Principles, Release 9.0, April, 2010.
3. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: Учебное пособие / Б.В. Добров [и др.] – Издательство: БИНОМ, 2009. – 173 с.

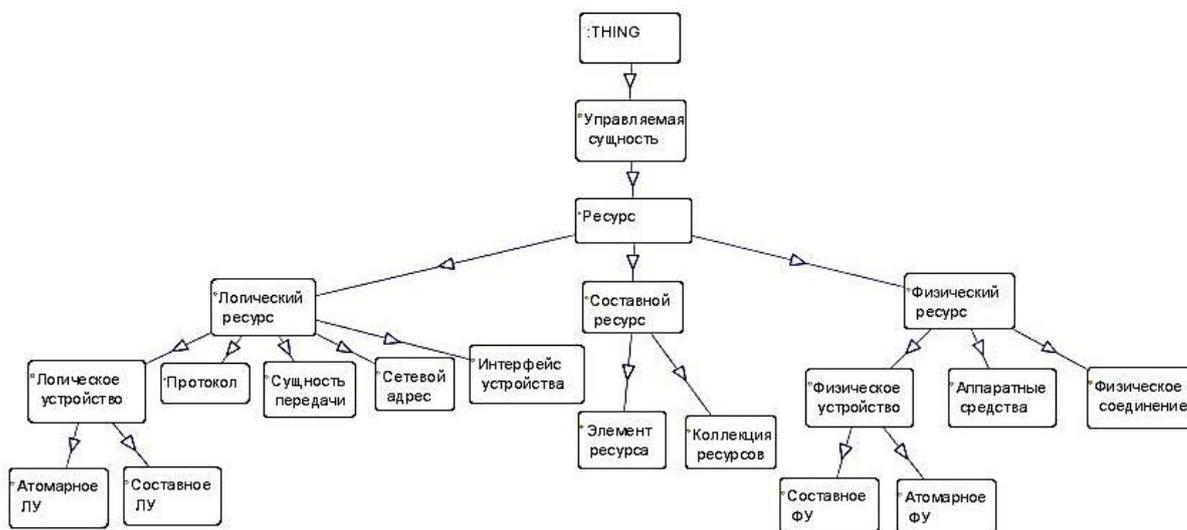


Рис.2 Иерархия некоторых классов онтологии телекоммуникационных сетей

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ И СТРАТЕГИЙ ВЫВОДА В ОБОЛОЧКЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ PION

Гильманов И.А.

Институт систем информатики им. А.П. Еришова Сибирского отделения РАН
gil_ildar@mail.ru

Введение

Появление экспертных систем (ЭС) в 70-х начале 80-х годов прошлого века обозначило новое направление в применении методов искусственного интеллекта (ИИ). Вместо непосредственного создания программы (или аппаратно-программной системы), которая бы имитировала разумное поведение человека в обычной жизни, идеологи ЭС предлагают направить усилия на создание программ, которые могли бы решать задачи в достаточно узкой предметной области наравне с человеком.

Вскоре после создания первых ЭС исследователи заметили, что принципы работы со знаниями в одной предметной области (ПО) можно применять и в других ПО. Для этого нужно лишь сменить набор знаний. Так, из ЭС MYCIN [1] мир получил оболочку ЭС (ОЭС) E-MYCIN (Empty MYCIN). Таким образом, ОЭС можно рассматривать не только в качестве инструментария для создания ЭС, но и как естественное обобщение ЭС. Но, как и для многих обобщений, при конкретных реализациях может возникнуть избыточность функциональности, снижение эффективности и скорости работы системы. Чтобы избежать этого, необходимо включить в оболочку ряд настроек, изменяя которые, можно оптимизировать поведение конкретной ЭС, и подстроить ее под особенности используемой предметной области. Именно эта идея и легла в основу создания ОЭС PION.

Архитектура системы PION

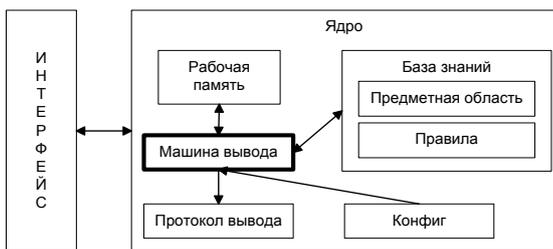


Рис.1. Общая модель системы

На Рис.1 показаны основные компоненты системы и их связи между собой. Для создания конкретной ЭС на основе оболочки нужно наполнить базу знаний (БЗ), которая состоит из описания предметной области и правил.

Одной из важных особенностей рассматриваемой системы является то, что в качестве основной единицы описания ПО используются лингвистические переменные (ЛП) [2], которые в данной системе называются сущностями. Вводя ЛП мы получаем ряд следующих преимуществ:

- возможность использования разных типов универсальных множеств – носителей (универсумов);
- возможность применения различных квантификаторов значения и истинности к термам ЛП («очень», «не», «более - менее» и т.п.);
- возможность работы с нечеткими знаниями.

На данный момент в системе доступны следующие типы универсумов:

- TInt – целое значение
- TFloat – дробное значение,
- TString – строковое значение,
- TSet – набор объектов,
- TSetTerms – набор термов

Также есть выбор между тремя типами функций принадлежности:

- (L-R)-тип [3].
- Трапезоидный тип.
- Дискретная функция.

Помимо функции принадлежности у термов в системе есть еще два важных свойства – это их релевантность и связанность. Релевантность в данном случае понимается как степень выявленного соответствия данного терма тому, что есть в реальной системе, и изменятся от 0 (этого терма точно нет) до 1 (этот терм точно есть).

Термы, связанные с термом Т, – это список пар вида $\langle T', lt\langle T' \rangle \rangle$, где T' – это терм, связанный с данным термом Т, а $lt\langle T' \rangle$ – коэффициент присутствия в исследуемой системе терма T' в случае присутствия терма Т. Когда в системе появляется терм Т, то она просматривает список связанных с ним термов и для каждого из них выставляет релевантность в значение произведения релевантности терма Т на коэффициент $lt\langle T' \rangle$. Таким образом можно вводить не только неявные правила, но и “размывать” термы в пределах одной лингвистической переменной.

Описание ПО представляет собой иерархическую структуру основных понятий, применяемых в процессе вывода. Каждое из этих понятий имеет ряд свойств, таких как название, описание, вопрос, и может включать в себя список сущностей, которые относятся к данному понятию. Например, предметную область «Медицина» можно описать следующим образом:

- Медицина
1. Симптомы
 - Состояние глаз
 - ...
 - Состояние горла
 2. Болезни
 - Простуда

- ...
- Сердечная недостаточность
Где “Медицина”, “Симптомы”, “Болезни” – это понятия, а “Состояние глаз”, “Состояние горла” и т.д. – сущности.

Правила в упрощенном виде можно представить следующим образом:

ЕСЛИ Условие1(Терм, Pn, Py, Вес),..., ТО Заключение(P, Вес).

Где Pn – вероятность выполнения данной посылки при ложности заключения; Py – вероятность выполнения данной посылки при истинности заключения; P – вероятность выполнения правила по умолчанию; Вес – вес либо посылки, либо правила. То есть это обычные продукционные правила, но с дополнительными коэффициентами, которые могут использоваться в процессе вывода.

Как уже было сказано выше, создание конкретной ЭС, состоит в наполнении базы знаний понятиями и правилами. При этом машина вывода остается неизменной и эффективность ее работы не зависит от содержания БЗ. Повысить эффективность работы ЭС можно путем подстройки машины вывода. Для этого в систему введен файл настроек, содержащий около 30 элементов. При этом отдельно настраивается каждый из 4 основных блоков машины вывода, отвечающих за:

- этап сопоставления
- этап разрешения конфликтов
- этап выполнения
- этап консультации

На этапе сопоставления осуществляется означивание и подсчет оценок правил. В зависимости от заданных настроек, подсчет осуществляется либо через нечеткий интеграл:

$$e = \int_A r(s) \circ g = \sup_{\alpha \in [0,1]} (\alpha \wedge g(A \cap R_\alpha))$$

где

- e- оценка правила,
- A- множество посылок правила,
- g- нечеткая мера,
- r(s)- релевантность посылки (терма s),
- $R_\alpha = \{E | r(E) \geq \alpha\}$, где E- посылка.
- либо на основе теоремы Байеса [4]:

$$e = r(s) \cdot P(H:E) = r(s) \cdot \frac{P_y \cdot P}{P_y \cdot P + P_n \cdot (1 - P)}$$

где

- e- оценка правила,
- r(s)- релевантность посылки (терма s),
- P - вероятность исполнения правила по умолчанию, причем при первом симптоме $P = P$, а при последующих $P = e$,
- Py- вероятность выполнения данной посылки при истинности заключения,
- Pn- вероятность выполнения данной посылки при ложности заключения,

Если релевантность посылки неизвестна, тогда берем в качестве релевантности вероятность присутствия соответствующего термина при заданной вероятности правила, то есть:

$$r(s) = P_y \cdot P + P_n \cdot (1 - P)$$

На этапе разрешения конфликтов настройки определяют композитную стратегию разрешения конфликтов, которая состоит из комбинации 11 базовых стратегий, встроенных в систему. Они представляют собой упорядочивания по какому-либо критерию, специальный случай и случайный выбор.

На этапе выполнения настройки влияют на оценки результирующих термов.

Помимо этого можно настраивать интерпретации операций, которые используются в процессе вывода. Так, интерпретация операции “И” может быть одной из следующих:

- Среднее арифметическое $((x + y) / 2)$
- Умножение $(x * y)$
- Минимум $(\min(x, y))$

Аналогично могут быть определены операции “ОТРИЦАНИЕ” и “ИМПЛИКАЦИЯ”.

Заключение

В работе рассмотрены средства представления знаний и настройки стратегий вывода в оболочке экспертных систем PION. В связи с тем, что ОЭС PION предоставляет широкий набор настроек, влияющих на поведение построенной с помощью нее ЭС, то требуется поддержка выбора оптимальных настроек для конкретной ЭС. Для решения этой проблемы планируется создать специальное приложение, которое будет помогать разработчику системы выбирать наиболее подходящие настройки. Принцип работы такого приложения будет основан на накоплении статистики работы машины вывода с различными настройками над большой выборкой состояний системы и ее использовании для целей повышения эффективности, точности и корректности работы ЭС.

Литература

1. Г.Д. Реннелс, Э.Г. Шортлиф. Вычислительные системы для медицины // В мире науки, 1987.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его использование в принятии приближенных решений. М: Мир, 1976.
3. С.Л. Сотник. Конспект лекций по курсу “Проектирование систем искусственного интеллекта”, <http://www.intuit.ru/department/expert/artintell/>
4. К. Нейлор. Как построить свою экспертную систему, Москва, “Энергоатомиздат”, 1991.

МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ

В.И. Яровиков

Томский политехнический университет

vadim.yarovikov@gmail.com

Введение

В настоящее время в поисковых системах используется релевантная модель оценки соответствия исследуемого документа поисковому запросу. Данная модель практически не справляется с решением задач распознавания и поиска омонимов (грамматических, и, особенно, - лексических), синонимов и многозначных слов. Это обусловлено тем, что в основу релевантной модели поиска заложен лингвистический подход и ряд оценочных синтетических критериев (таких как положение слов на странице), а перечисленные выше языковые конструкции не могут быть распознаны без понимания смысла (семантики) поискового запроса. Семантические поисковые системы пытаются привнести такой смысл в результаты запросов поиска.

Критерии классификации

Существует множество различных критериев, по которым можно оценить качество семантических систем поиска данных, однако наиболее важными из них считаются следующие:

- архитектура,
- сцепление,
- прозрачность,
- пользовательский контекст,
- структура онтологии,
- технология онтологии

Кроме этих критериев, существуют и другие критерии для классификации семантических поисковых машин, например, работа/масштабируемость, распределение, адаптируемость и ранжирование результатов.

Архитектура

Для семантических систем поиска так же, как для несемантических поисковых машин, существуют две возможные архитектуры:

- Автономная поисковая машина. Автономная поисковая машина состоит из нескольких частей: робот, индекс, обработчик запросов. Робот просматривает основу документа и сохраняет метаданные документов в индексе. На основе этого индекса обработчик запросов выполняет поиск документов.
- Метапоисковая машина. Метапоисковая машина не поддерживает индекс документов самостоятельно. Она отправляет запросы другим зависимым поисковым машинам и комбинирует полученные результаты.

Сцепление

Один из самых очевидных критериев классификации - сцепление между документами и онтологиями. Есть два подхода:

- Строгое сцепление: в подходах строгого сцепления, метаданные документов ссылаются явно на понятия определенной онтологии или наоборот. Иногда документы рассматривают как индивидуалы в онтологии.
- Свободное сцепление: документы не принадлежат ни к какой доступной онтологии. Следовательно, семантическая мощность свободного сцепления ограничена. Однако во Всемирной Паутине (WWW), где только очень маленькая часть документов семантически аннотируется, этот подход очень востребован. Критерий сцепления очень важен, т.к. свободное сцепление ограничивает способности поиска, а строгое сцепление требует аннотируемых документов.

Прозрачность

Относительно взаимодействия пользователя с семантическими особенностями системы существуют следующие типы прозрачности:

- Прозрачный: семантические способности системы невидимы для пользователя; система кажется «обычной» поисковой машиной. У прозрачных систем нет никаких средств, которые требуют дополнительную информацию от пользователя (например, разъяснить омонимы).
- Интерактивный: интерактивные системы могут спросить у пользователя разъяснение или рекомендовать изменения к запросу. Эти системы иногда называют «системами рекомендации».
- Гибридный: гибридные системы комбинируют интерактивное и прозрачное поведение. В стандартном случае они действуют как прозрачные системы. Они требуют пользовательских действий только для определенных случаев.

Прозрачность - двойственная особенность. С одной стороны, пользователь освобождается от длинных диалогов системы. Это делает систему простой в использовании. С другой стороны, пользователь не может влиять на семантические решения системы, и это потенциально приводит к низкой точности.

Пользовательский контекст

Значение документов всегда имеет отношение с пользовательским контекстом. Большая часть семантических поисковых машин применяют пользовательский контекст, чтобы лучше удовлетворить информационную потребность пользователя. Различают следующие классы:

- Изучение: пользовательский контекст извлечен из пользовательского взаимодействия динамично. Система предполагает желательные

результаты, основываясь на запросе пользователя и истории обработки запроса. Если термины запроса всегда принадлежат тому же самому онтологическому контексту, система может предположить решение омонимий.

- **Сильно закодированный:** в сильно закодированном подходе, запросы распределены в категориях запроса, которые определяют информационную потребность пользователя. Система обеспечивает постоянное число категорий запросов, которые используются во время выполнения запроса. Типичные категории могут определить характеристики информационной потребности, такие как «местоположение ...», «общие ресурсы для ...» и т.д. или контекста информационной потребности, например «Джаз». Пользовательский контекст обеспечивает важные знания об информационной потребности пользователя. Определение категории запроса пользователя может быть сделано явно пользователем или неявно основано на пользовательской группе пользователя, или при анализе запроса.

Модификация запроса

Семантическая модификация пользовательских запросов - известная техника информационного поиска, используемая, например, в Mitra и др. (1998). В области семантического поиска для этой цели часто используют информацию из онтологий. Это играет центральную роль во многих семантических поисковых машинах. Увеличение точности часто называют снятием омонимии запроса.

Существует три метода: ручная модификация запроса, модификация переписыванием запроса и модификация запроса на основе графа.

Ручной: самый простой способ, т.к. изменение запроса осуществляется пользователем. Когда пользователь вводит запрос, система возвращает не только документы, но также и соответствующую часть онтологии. Пользователь просматривает онтологию и повторно формулирует запрос, т.е. добавляет или удаляет термины запроса.

Переписывание запроса: основная идея переписывания запроса в том, что запрос может быть оптимизирован системой. Наблюдается три различных пути, увеличение, сокращение и замена терминов.

Основанный на графе: третья техника. Для оптимизации пользовательского запроса требуется строгое сцепление между документами и онтологией. Этот подход учитывает и онтологические понятия, и документы как узлы графа. Термины запроса используются для нахождения соответствующих узлов в графе. Алгоритм просматривает граф, чтобы определить семантически связанные документы.

Структура онтологии

Семантические поисковые машины основаны на определенных структурах онтологии. Онтологии

обычно строятся из понятий, свойств, ограничений и возможных аксиом.

- **Анонимные свойства:** в случае анонимных свойств система игнорирует название и семантику свойства. Взаимосвязь между двумя понятиями только указывает, что они разделяют тот же самый контекст.
- **Стандартные свойства:** Свойства - `synonym_of` (синонимы), `hypernym_of`, `meronym_of`, `instance_of` и `negation_of`. Использование стандартных свойств увеличивает семантические способности поиска. Однако это также вводит в зависимость от онтологических структур.
- **Свойства конкретной области:** помимо стандартных свойств, система может использовать свойства конкретной области, как например, «тип камеры» в системе поиска фотографии. Фактически, системы могут выбрать любую комбинацию трех типов из стандартных свойств и рассматривать остальных как анонимные свойства.

Структура онтологии – важный критерий, так как он характеризует гибкость поисковых машин относительно повторного использования онтологий.

Технология онтологии

За исключения решений, которые используют собственные языки описания онтологии, самые широко распространенные технологии содержат F-Logic (Kifer и др., 1995), RDF (Manola и McBride, 2004), DAML (+OIL) (Horrocks, 2002) и OWL (McGuinness и van Harmelen, 2004). Некоторые подходы также используют лексическую базу данных от WordNet (Fellbaum, 1998).

Литература

1. Arjohn Kampman, Frank van Harmelen, and Jeen Broekstra. Sesame: A generic architecture for storing and querying rdf and rdf schema. in proceedings of ISWC 2002, October 7 - 10, Sardinia, Italy, 2002
2. Otis Gospodnetic and Erik Hatcher. Lucene in action. Manning publications, 2004.

ЯЗЫК ОПИСАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ПРОДУКЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА КОНФИГУРАЦИЙ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8»

Ахаев А.В.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
AkhaevAV@gmail.com

Введение

Система программ «1С:Предприятие 8» предназначена для автоматизации управления и учета на предприятиях различных отраслей, видов деятельности и типов финансирования, и включает в себя разнообразные отраслевые и специализированные решения, разработанные фирмой «1С», ее партнерами и независимыми организациями [1].

Постановка задачи

Широкий спектр предоставляемых решений, а также популярность фирмы способствует высокому спросу на программные продукты «1С:Предприятие 8». Менеджер по продаже данных продуктов должен оперативно подобрать такое решение, которое в наибольшей степени удовлетворит потребностям заказчика. Однако при выборе необходимо не только обладать знанием перечня конфигураций (их названия и цены), но и пониманием функционала каждой из программ. Для решения проблемы выбора оптимальной конфигурации необходимо разработать экспертную систему, которая будет способна частично или полностью заменить менеджера (эксперта) по продажам.

Экспертные системы относятся к классу систем, основанных на знаниях, базируются на знаниях эксперта, работают в узких предметных областях и способны объяснить свои действия и результаты [2].

Для представления знаний в экспертной системе существуют различные модели. Продукционная модель является одной из распространенных. Модели этого типа основаны на правилах, то есть позволяют представить знание в виде предложений типа:

ЕСЛИ «ситуация», ТО «заклучение»;

ЕСЛИ «ситуация», ТО «действие».

Системы обработки знаний, использующие продукционную модель, получили название продукционных систем.

Продукционная система – это машина, которая воспринимает совокупность известных фактов и строит новые заключения, работая в режиме распознавание – заключение (действие) [2]. В состав экспертных систем продукционного типа входит три основных компонента [2]:

1. база правил – набор правил, используемый как база знаний;
2. база фактов (рабочая память) – память временного хранения, в которой хранятся предпосылки, касающиеся конкретных задач предметной области, и результаты выводов, получаемые на их основании;

3. механизм (машина) логического вывода – механизм, обрабатывающий правила в соответствии с содержанием рабочей памяти.

Важной задачей при построении продукционной системы является разработка структуры базы знаний.

Язык описания базы знаний

Продукционные правила предполагается формировать с использованием языка, который разрабатывался специально для рассматриваемой проблемной области. В основу данного языка лег язык OPS5 – представитель семейства OPS (средства разработки систем продукции) – язык программирования, ориентированный на правила. Правила имеют вид:

<антецедент> → <консеквент>,

где антецедент является частичным описанием данных, а консеквент – одно или более действий, которые должны быть выполнены, если антецеденты соответствуют содержимому базы фактов.

Управление осуществляется циклом, в котором ищутся правила с удовлетворяющимися антецедентами, из них выбирается одно правило, затем выполняются действия.

Рассматриваемый язык правил может быть представлен в форме Бэкуса – Наура следующим образом:

```
<правило> ::= ЕСЛИ <антецедент>  
ТО <консеквент> ИНАЧЕ <консеквент>  
<антецедент> ::= (И {<условие>}*)  
<консеквент> ::= (И {<действие>}*)  
<условие> ::= (<значение> <знак> <значение>)  
<действие> ::= (<значение> := <значение>) |  
(<значение> := ф<имя_функции>(<значение>)).
```

Под условием понимается некоторое предложение, по которому осуществляется поиск в базе знаний, а под действием – действия, выполняемые при успешном исходе поиска (они могут быть промежуточными, выступающими далее как условия, или целевыми, завершающими работу системы). Значениями в антецеденте и консеквенте могут быть числа, символы (выделяются кавычками «, ») или переменные. Переменной называется символ, который заключен в ломаные скобки, например <A>. Знак может быть одним из знаков сравнения – больше (<), меньше (>), равно (=) или неравно (<>).

Для подэлементов условия должны выполняться следующие правила [3]:

1. символ константы или числа сопоставим только с равной константой;

2. переменная сопоставима с любым символом или числом, однако если переменная в antecedente встречается несколько раз, то все вхождения этой переменной должны быть сопоставимы с одним и тем же значением.

Наиболее важными элементами языка являются функции (название начинается на букву *f*), которые выполняют назначенное им задание и возвращают значение в переменную.

В языке используются следующие виды переменных (рядом с названием указаны их обозначения, которые будут использоваться в примере представленном ниже):

1. входные – хранят факты, поступающие из рабочей памяти:
 - безусловные (<полужирный>) – содержат данные, собранные при первоначальном опросе пользователя;
 - условные (<#полужирный>) – содержат дополнительные данные, необходимость в которых возникла при определенном условии (наборе фактов).
2. определяемые (<полужирный_курсив>) – хранят факты, выясненные в процессе работы машины вывода;
3. выходные (<полужирный_подчеркнутый>) – получают данные, являющиеся результатом работы.

Интерпретатор данного языка, как и языка OPS5 исполняет систему продукций, делая следующие операции [3]:

1. шаг сопоставление – определить, какие правила имеют удовлетворительные antecedенты;
2. шаг разрешение конфликта – выбрать одно правило с удовлетворенным antecedентом; если правил с удовлетворенным antecedентом нет, остановить выполнение;
3. шаг действие – выполнить действия выбранного правила;
4. перейти на 1 (возврат к первому шагу).

Эту последовательность действий можно рассматривать, как общую схему структуры управления, которую пользователь наполняет по своему усмотрению.

Продукционные правила

Рассмотрим пример, в котором представлены наиболее характерные правила языка описания базы знаний продукционной системы выбора конфигураций программных продуктов «1С:Предприятие 8». Текст, помещенный после точки с запятой, представляет собой более детальное пояснение того, что означает правило.

ЕСЛИ (<K> = 1) ТО (<Версия> := «Базовая»)
 ИНАЧЕ (<Версия> := «ПРОФ»)
 ;ЕСЛИ количество пользователей равно 1
 ;ТО версия – базовая, ИНАЧЕ версия – ПРОФ.
 ЕСЛИ (<ВД> = «услуги»)
 ТО <#ПВД> := фУточнитьПВД(<ВД>)
 ;ЕСЛИ вид деятельности – услуги

;ТО уточнить подвид деятельности для данного вида деятельности.

ЕСЛИ (<ВР> = «отраслевой»)

И (<ТП> = «хозрасчетный»)

И (<ВУ> = «отр ОУ, элем УУ»)

И (<#ПВУ> = «»)

И (<Версия> = «ПРОФ»)

И (<ВД> = «услуги»)

И (<#ПВД> = «гостиница»)

ТО (<Конф> := «1С:Предприятие 8. Отель»)

И (<ЦенаКонф> := фЦКонф(<Конф>))

;ЕСЛИ вид решения – отраслевой

;И тип предприятия – хозрасчетный

;И вид учета – отраслевой оперативный учет с

элементами управленческого

;И подвид учета – пустой

;И версия – ПРОФ

;И вид деятельности услуги

;И подвид деятельности – гостиница

;ТО конфигурация – 1С:Предприятие 8. Отель

;И определить цену данной конфигурации

ЕСЛИ (<K> > 1)

ТО (<ЦенаКЛ> := фЦенаКЛ(<K>))

;ЕСЛИ количество пользователей больше 1

;ТО определить цену клиентской лицензии для

данного количества пользователей.

В результате выполнения данных правил определяется необходимость в уточнении информации, определяются дополнительные факты и в конечном итоге принимается решение о том, какая программа является наиболее подходящей. Также определяется цена программы и цена на клиентские лицензии.

Заключение

В настоящей работе представлен язык программирования, который был разработан для описания базы знаний продукционной системы выбора конфигураций программных продуктов «1С:Предприятие 8». В дальнейшем планируется программная реализация данной системы.

Литература

1. Официальный сайт системы программ «1С:Предприятие 8» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.v8.1c.ru>, свободный.
2. Ходашинский И.А. Методы искусственного интеллекта, базы знаний, экспертные системы: Учебное пособие / И.А. Ходашинский. – Томск: ТУСУР, 2002. – 138 с.
3. Хейес-Рот Ф. Построение экспертных систем / Ф. Хейес-Рот, Д. Уотерман, Д. Ленат. – М.: Мир, 1987. – 441 с.

ИЗМЕРЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ ПОНЯТИЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Серова Т.О., Тузовский А.Ф.
Томский Политехнический Университет
tanua-8b50@bk.ru

На сегодняшний момент существует множество методов для подсчета семантического сходства. Меры близости онтологических термов используют различные семантические характеристики сравниваемых термов – их свойства (атрибуты и отношения с другими термами), взаимное положение в онтологических иерархиях [1].

- Существующие методы поиска семантического сходства могут быть отнесены к следующим трем подходам:
- Методы на основе подсчета граней: в этом подходе используется длина пути, соединяющего концепты и позиция концептов в таксономии.
- Методы на основе информационного содержимого: в этом подходе измеряется различие информационного содержимого двух концептов. Информационное содержимое концептов – это вероятность возникновения в корпусе (текстов).
- Методы на основе свойств: в данном подходе сходство двух понятий измеряется как функция их свойств или основана на их отношениях с другими схожими терминами в таксономии. Рассмотрим описанные техники.

Нелинейная комбинация кратчайшего пути и глубины общего предка

Li и др. [2] описывает, как подсчитывается сходство, используя глубину низшего общего предка (lowest common subsumer (LCS)) и число граней в кратчайшем пути между концептами.

Этот метод основан на следующей логике: концепты в верхних слоях иерархии имеют более общую семантику и меньшее сходство между собой, тогда как концепты в нижних слоях имеют более конкретную семантику и большее сходство. Близость понятий между концептами определяется не только длиной пути, но и глубиной и плотностью.

Этот метод описывается следующей функцией. Наилучшая пара понятий (α , β) получена экспериментальным путем в [2].

$$sim_{Li}(c_1, c_2) = e^{-\alpha d(c_1, c_2)} \frac{(e^{\beta N(LCS)} - e^{-\beta N(LCS)})}{(e^{\beta N(LCS)} + e^{-\beta N(LCS)})}, \quad (1)$$
$$\alpha = 0.2 \text{ и } \beta = 0.6,$$

где $d(c_1, c_2)$ – длина кратчайшего пути между вершинами c_1 и c_2 ,

N – глубина LCS -вершины.

Нормализованная длина пути (Leacock и Chodorow)

Данный подход основан на длине кратчайшего, измеряемого числом вершин (или ребер) в пути между двумя соответствующими вершинами в is-a

иерархии семантической сети], с учетом глубины таксономической иерархии – чем меньше длина пути между вершинами, тем они ближе. Leacock и Chodorow [3] предлагают следующую формулу:

$$sim_{LC}(c_1, c_2) = \log \frac{2D}{d(c_1, c_2)} \quad (2)$$

где D – глубина дерева,
 $d(c_1, c_2)$ – длина кратчайшего пути между вершинами c_1 и c_2 .

Метрика (Wu и Palmer)

В данном подходе используется расстояние между узлами в таксономии is-a [4]. Семантическое сходство представлено в следующем виде:

$$sim_{WP}(c_1, c_2) = \frac{2 \text{depth}(LCS)}{\text{length}(c_1, LCS) + \text{length}(c_2, LCS) + 2 \text{depth}(LCS)}, \quad (3)$$

где LCS – низший общий родитель,
 depth – количество ребер от LCS до корневого узла,

$\text{length}(c, LCS)$ – расстояние от вершины LCS до вершины c .

Метрика информационного содержимого (Lin)

Сходство концептов c_1 и c_2 измеряется разностью между количеством информации необходимой для того чтобы установить общность между этими двумя концептами и информацией необходимой для их полного описания [5].

$$sim_{Lin}(c_1, c_2) = \frac{2 * \log p(LCS(c_1, c_2))}{\log p(c_1) + \log p(c_2)},$$

где $p(c)$ – is the вероятность встретить an экземпляр концепта.

В [6] при оценке семантической близости понятий предлагается ограничивать конфигурацию пути: длину пути и количество перегибов. Предполагается, что два понятия семантически близки, если соединены достаточно коротким путем, который имеет малое количество перегибов. Могут так же рассматриваться пути либо, состоящие из совокупности иерархических отношений, направленных в одну сторону (например, последовательность отношений от потомка к предку), либо включающие ровно один перегиб [7].

В [8] предлагаются меры близости, основанные на неиерархических («горизонтальных») отношениях и атрибутах. Оценка близости понятий, использующая горизонтальные отношения, опирается на предположение, что если два понятия имеют одно и то же отношение с третьим, то они ближе, чем два понятия, которые имеют это же отношение с различными понятиями, т. е. близость двух понятий зависит от близости понятий, с которыми они имеют

отношения. Таким образом, мера близости вычисляется рекурсивно. Атрибутивная мера близости основана на близости значений общих атрибутов понятий. Атрибуты можно рассматривать как отношения, диапазоны которых литералы, числа, строки и другие типы данных.

Так же существует модификация формулы (3.4), приведенная в [9]:

$$sim(c_1, c_2) = \frac{2depth(LCS)}{length(c_1, LCS) + length(c_2, LCS) + 2depth(LCS) + AVG} \quad (4)$$

где LCS - низший общий родитель,
depth – количество ребер от LCS до корневого узла,

length(c, LCS) – расстояние от вершины LCS до вершины c.

AVG – это средняя длина расстояния от MAX до глубины концептов c_1 и c_2 ,

MAX – это величина самого длинного пути от корневого концепта онтологии до любого из ее листовых концептов.

Применение расчетов семантической близости понятий

Формулы (1), (2), (3) и (4) были использованы в системе автоматической классификации файлов произвольного типа, использующей метаданные, основанные на онтологической модели. Классами являются папок из иерархии. Каждый новый файл должен быть отнесен к одной или более папкам.

Файлы и папки имеют описание в виде семантических метаданных, которые содержат набор понятий онтологической модели и коэффициенты соответствия t_{bi} (t_{bj}), которые показывают, насколько понятие b из метаданных соответствует информации, содержащейся в файле i (папке j). Коэффициент задается в процентах и может принимать значения от 1% до 100%.

Онтологическая модель в самом простом случае содержит иерархию понятий для описания файлов и папок. Онтологическая модель описывается с использованием какого-либо редактора (например, Protege) на языке OWL.

Классификация проводится на основе метаданных файлов и метаданных папок. На каждом шаге классификации метаданные файла поочередно сравниваются с метаданными папок, и по формуле (5) подсчитывается коэффициент близости папки i и файла j (Φ_{ij}). Если этот коэффициент больше заданного порогового значения, то в папку i добавляется ссылка на файл j и процесс продолжается, пока не будут просмотрены все папки.

$$\Phi_{ij} = \frac{\sum_1^n k_n + \sum_1^q sim_q}{m} \quad (5)$$

q – количество не совпавших определений из метаданных файла с определениями из метаданных папки;

где n – количество совпавших по названию определений из метаданных файла и папки:

$$n = x \cap y,$$

m – общее количество неповторяющихся определений в метаданных файла и папки;

где x – множество определений для файла i, y – множество определений для папки j;

k_n – нормированный коэффициент для совпавшего метаданного n из описания файла i и папки j, рассчитываемый по формуле:

$$k_n = \begin{cases} 1, & t_{ni} \geq t_{nj} \\ \frac{t_{ni}}{t_{nj}}, & t_{ni} < t_{nj} \end{cases}$$

где t_{ni} – коэффициент соответствия метаданного n из множества совпавших определений для файла i,

t_{nj} – коэффициент соответствия метаданного n из множества совпавших определений для папки j.

Таким образом используя онтологическую модель можно определить зависимость между содержимым файла и папки на основе их метаданных даже в том случае, если нет прямого совпадения определений в их описании.

Литература

1. Yumiko Mizoguchi-Shimogori, Toshiaki Nakamoto, Kazuma Masumi Inaba, Takahiro Kawamura TV Navigation Agent for Measuring Semantic Similarity Between Programs. - Corporate Research & Development Center, Toshiba Corporation, Japan, - 84 с.
2. Li, Y., Bandar, Z.A., McLean, D. An Approach for Measuring Semantic Similarity between Words Using Multiple Information Sources. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 15(4), 2003, 871–882с.
3. Leacock, C., Chodorow, M.: Combining local context and WordNet similarity for word sense identification. Fellbaum, 1997, 265–283 с.
4. Wu, Z., Palmer, M.: Verb semantics and lexical selection. In: 32nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 1994, 133–138 с.
5. Lin, D.: An information-theoretic definition of similarity. In: Proceedings of International Conference on Machine Learning, Madison, Wisconsin, июль 1998
6. Hirst G., St-Onge D. WordNet: An electronic lexical database. Cambridge, 1998. P. 305.
7. К.В. Крюков, Л.А. Панкова, В.А. Пронина, Л.Б. Шпилина. Меры семантической близости в онтологиях. Институт проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова. – Москва, - 4 с.
8. Nguyen H.A. Thesis for the Degree Master of Science. – University of Houston-Clear Lake, 2006.
9. Gil Chamiel and Maurice Pagnucco. Exploiting Ontological Information for Reasoning with Preferences. - School of Computer Science and Engineering, The University of New South Wales, Sydney, Australia, - 6с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОБЫТИЯМИ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ПОДХОДОВ SEMANTIC WEB

А. О. Сидоров *; С. С. Щербак **

* Томский политехнический университет

** Харьковский национальный университет радиоэлектроники
alexidsa@gmail.com

Введение

Несмотря на активное развитие в академической среде, направление Semantic Web испытывает недостаток приложений, демонстрирующих его преимущества. Поэтому актуальность создания приложений, основанных на принципах Semantic Web, не подлежит сомнению.

Выбор событий в качестве объекта автоматизации объясняется двумя причинами.

Во-первых, события можно очень удобно смоделировать в виде онтологии. Использование онтологии порождает два преимущества по сравнению с классическими средствами:

1. Возможность изменения количества свойств у тех или иных типов событий.
2. Возможность логического вывода по онтологии. Подобный функционал можно реализовать более классическими, императивными средствами (как противоядие декларативным), однако:
 - Для этого потребуется больше усилий
 - Такое решение будет менее производительным
 - Код, реализующий это решение, сложнее поддерживать

Во-вторых, при описании мест проведения события образуются точки соприкосновения с Linked Data, что позволяет сделать поддержку геоданных более удобной и функциональной по сравнению с тем, чего можно добиться классическими средствами.

Проектирование онтологии событий

Онтология событий служит основой для описания событий.

При первоначальном проектировании акцент был сделан на широкое использование таксономий. В результате была спроектирована таксономия типов событий, представленная на рисунке 1.

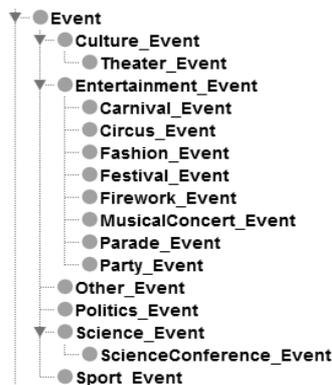


Рис. 1. Структура типов событий в виде одной таксономии

В приведенной таксономии на втором уровне располагаются сферы жизни, а на нижележащих – характерные для них типы событий

Данная структура позволяла эффективно использовать логический вывод, например, для поиска развлекательных событий (сколько бы нижележащих уровней иерархии ни было).

Однако такой подход оказался недостаточно гибким: невозможно было корректно описать события, касающиеся нескольких сфер жизни. Так, событие "музыкальный концерт" являлось наследником "развлекательного события", однако концерты классической музыки должны также являться и культурными событиями. Аналогично событие типа "выставка" могут иметь широкий тематический диапазон: картины, книги, игры и т. д., и не могут быть приписаны к какой-либо одной сфере жизни.

В результате было решено вместо иерархии использовать (за редкими исключениями) «плоскую» структуру. А задачу добавления гибкости процессу поиска и фильтрации было решено решить посредством возможности группировки типов событий и значений свойств на уровне веб-приложения.

В ходе приведения таксономии типов событий к «плоскому» виду, корневые элементы (отражавшие сферы жизни), были вынесены в отдельную иерархию «категорий события» (рисунок 3).



Рис. 2. Категории и типы событий

Проведенные изменения сделали онтологию более гибкой и решили возникшие проблемы.

Интеграция с геоданными

Одной из важнейших характеристик событий является место их проведения. В ходе исследования было выявлено, что наиболее полными и популярными открытыми массивами геоданных являются GeoNames и OpenStreetMap.

OpenStreetMap (OSM; дословно «открытая карта улиц») — это свободный проект по совместному развитию общедоступных карт и схем городов, улиц, дорог с помощью ручного или автоматического ввода данных, а также получения данных с портативных GPS-приёмников. [1]

LinkedGeoData — проект, нацеленный на добавление пространственной информации в Web of Data / Semantic Web. LinkedGeoData использует информацию, собранную проектом OpenStreetMap и делает ее доступной в виде базы знаний RDF в соответствии с принципами Linked Data. LinkedGeoData связывает свои данные с другими базами знаний в рамках инициативы Linking Open Data. [2]

Одним из преимуществ LinkedGeoData над OpenStreetMap является онтология LinkedGeoData Vocabulary. Онтология связывает все категории и свойства OpenStreetMap при помощи языка OWL. Наличие онтологии открывает дополнительные возможности для поиска и фильтрации (в том числе и с включенным логическим выводом, например, для поиска зданий всех типов), а также валидации.

GeoNames — географическая база данных, доступная в формате CSV, а также посредством разнообразных Web-сервисов и распространяющаяся под лицензией Creative Commons [3]

База данных GeoNames доступна как в форме CSV-файла, так и виде RDF-массива, построенного по принципам LinkedData.

У использования RDF-версии GeoNames есть ряд преимуществ:

1. За счет использования движка логического вывода появляется возможность просто и эффективно работать с транзитивными иерархиями (например, город->район->область->страна).
2. Появляется возможность интеграции с геополитической онтологией [4], которая содержит основные геополитические объединения стран (которые на сегодняшний день не представлены в GeoNames). Например, следующий SPARQL-запрос отфильтрует события, актуальные для всего Европейского Союза:

```
PREFIX beaware: <http://beaware.at/>
PREFIX geonames: <http://sws.geonames.org/>
PREFIX fao: <http://www.fao.org/>
SELECT ?event
WHERE
{
  ?event beaware:inCity ?geoNamesCity .
  ?geoNamesCity geonames:inCountry ?country .
```

```
?country fao:inGroup fao:europeanUnion .
}
```

3. При помощи маппинга к DbPedia (которая является RDF-представлением Википедии), можно получать дополнительную информацию о месте проведения события. Например, следующий SPARQL-запрос получит для города из GeoNames его описание из DbPedia:

```
PREFIX geonames: <http://sws.geonames.org/>
PREFIX dbpedia: <http://dbpedia.org/>
SELECT ?event ?population ?founded ?mayor
WHERE
{
  ?event beaware:inCity ?geoNamesCity .
  ?geoNamesCity dbpedia:population ?population .
  ?geoNamesCity dbpedia:founded ?founded .
  ?geoNamesCity dbpedia:mayor ?mayour
}
```

OpenStreetmap содержит информацию не только об объектах, но и о городах, странах и т. д. Однако ввиду ориентации OSM на контент, а не на контекст, города (а также области, штаты и т. д.) размечены очень плохо: нет ни той четкой иерархии, ни того богатства локализованных имен, что есть в GeoNames. Поэтому было решено использовать GeoNames для привязки события к городу (а, пройдя вверх по иерархии, получить регион и страну), а OpenStreetMap (точнее — LinkedGeoData) для привязки к конкретному объекту в городе.

Заключение

В ходе проведенного исследования, а также последовавшей за ним реализации, было выяснено, что возможности семантики, недоступные при использовании классических средств: онтологические модели, логический вывод, связи между массивами данных и т. д. способны вывести приложение на качественно иной уровень; а события являются подходящей площадкой для целевого использования этих преимуществ.

Литература

1. OpenStreetMap - Википедия. [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>, свободный. – Загл. с экрана
2. LinkedGeoData. [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://www.linkedgeodata.org>, свободный. – Загл. с экрана.
3. GeoNames. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.geonames.org>, свободный. – Загл. с экрана.
4. FAO Country Profiles – Geopolitical ontology web services. [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://www.fao.org/countryprofiles/webservices.aspx>, свободный. - Загл. с экрана

ВЫДЕЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ КЛАССИФИКАЦИИ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Корабельников И.А., Киселева Т.В.
Сибирский государственный индустриальный университет
skazochnikps@mail.ru

Введение

Системы поддержки принятия решений (СППР) играют огромную роль в аналитическом обосновании вариантов управленческих решений.

Можно выделить следующие отличительные особенности систем поддержки принятия решений [1]:

- ориентация на слабо структурированные (неструктурированные) задачи;
- помощь в принятии решений и анализе широкого круга проблем, не ограниченного конкретными предметными рамками;
- поддержка принятия решений, а не полная замена суждений человека информационной системой;
- использование методов принятия решений при обосновании альтернатив.

Для идентификации, описания и классификации СППР целесообразно выбрать набор признаков, позволяющих описать как характерные особенности данного вида систем в целом, так и отличительные черты каждой конкретной системы поддержки принятия решений в частности.

Исследования в этой области в дальнейшем позволят сформулировать требования, которыми должна обладать современная СППР.

Признаки классификации СППР

Сформулируем признаки, с помощью которых целесообразно описывать/классифицировать СППР, а также поясним отдельные признаки на примере различных СППР:

1. Технические спецификации

- 1.1. Наименование системы.
- 1.2. Тип пользователя.
- 1.3. ИТ-составляющая (перечень используемых информационных технологий).
- 1.4. Совместимость с другими программными продуктами.

2. Методы принятия решений, используемые в СППР

Большинство существующих СППР используют какой-либо один математический метод принятия решений, в основном метод анализа иерархий Томаса Л. Саати [2].

Важнейшим преимуществом СППР является многообразие используемых методов принятия решений, поскольку в этом случае альтернативы оцениваются с позиций различных математических моделей, отражающих отдельные аспекты задачи принятия решения.

3. Особенности ввода исходных данных

Входные данные могут формироваться вручную, подгружаться из внешних источников или копироваться из уже созданных в системе задач.

4. Особенности представления результата решения задачи

Выходные данные в разных системах формируются с разной степенью детализации. Преимуществом обладают системы, формирующие выходную информацию наиболее детально.

В отдельных системах реализован анализ чувствительности результатов, позволяющий проследить, как изменение весов критериев влияет на результат решения задачи.

5. Наличие базы знаний

База знаний – это набор правил для выбора соответствующих методов принятия решений в зависимости от условий задачи принятия решения. Единственной системой, имеющей базу знаний, является ЭСППР [3].

6. Наличие базы данных

База данных в СППР служит для хранения данных, описания задач и методов принятия решений.

7. Оценка альтернатив

7.1. Способы задания множества альтернатив.

Множество альтернатив (вариантов решений) может быть конечным, счетным, представлено в виде подмножества n -мерного пространства или задано иным способом. Например, система UTA [4] работает с конечным множеством альтернатив. В ЭСППР [3] множество альтернатив может быть конечным или представлено в виде подмножества n -мерного пространства.

7.2. Способы задания предпочтений на множестве альтернатив

Существенным преимуществом обладают системы, предоставляющие возможность выбора различных шкал для задания оценок альтернатив. Например, в системе Expert Choice [5] предусмотрены следующие варианты:

- оценки задаются для каждой пары альтернатив;
- оценки задаются в порядковой шкале;
- оценки проставляются на заранее построенной кривой;
- оценки проставляются на заранее построенной кривой с расширенными возможностями;
- прямой ввод оценок;
- прямой ввод оценок в интервале от 0 до 1.

7.3. Принципы согласования оценок альтернатив по различным признакам

Принципы согласования оценок альтернатив по различным признакам определяются методами принятия решения, используемыми в СППР. В качестве примеров можно привести принцип большинства [6], принцип Парето [7], принцип последовательного рассмотрения критериев [2], принцип Саати [8].

7.4. Способы задания относительной значимости признаков (критериев)

Большинство СППР позволяют задавать относительную значимость признаков экспертно. Кроме того, существуют системы, в которых предусматривается возможность рассчитывать веса признаков.

7.5. Проверка согласованности оценок альтернатив по отдельным признакам

Проверка согласованности входных данных позволяет избежать формирования суждений на основе противоречивых оценок. Например, в СППР, основанных на методе анализа иерархий [2], рассчитывается коэффициент согласованности для всех матриц попарных сравнений. Значение данного коэффициента не должно превышать некоторого установленного уровня. В случае его превышения эксперту рекомендуется пересмотреть сформированные оценки.

8. Возможность согласования оценок альтернатив в различных проблемных ситуациях

Учет условий внешней среды, возможные реализации которых в совокупности задают проблемные ситуации принятия решений, существенно повышает качество аналитического обоснования альтернатив. Единственной СППР, включающей в себя методы принятия решений в условиях риска и неопределенности, является ЭСППР [9].

9. Организация работы с экспертами

9.1. Возможность привлечения экспертов

Современные СППР обладают возможностью сбора и обработки групповых суждений экспертов. Некоторые системы позволяют присваивать различные роли экспертам, привлекаемым для решения задачи. Например, система Expert Choice (модуль Comparion™ Suite [6]) предусматривает роли администраторов и простых экспертов. Простые эксперты имеют возможность задавать оценки, администраторы – редактировать исходные данные задачи.

9.2. Учет коэффициентов компетентности экспертов

Учет коэффициентов компетентности экспертов в большинстве случаев предполагает ручной ввод коэффициентов их относительной значимости [9].

9.3. Принципы согласования оценок экспертов

Среди таких принципов можно выделить принцип большинства, принцип Парето, расчет среднего геометрического отдельных оценок [7].

9.4. Оценка согласованности мнений экспертов

Для оценки согласованности мнений экспертов, которые высказывают свои предпочтения по порядковой шкале, может использоваться коэффициент частной ранговой корреляции

Кенделла и взвешенное расстояние между предпочтениями экспертов (модификация коэффициента частной ранговой корреляции Спирмена) [10].

Заключение

Предпринята попытка выделения признаков, с позиции которых можно описывать и классифицировать СППР. Данные признаки сформированы на основе аналитического обзора наиболее часто цитируемых в литературе систем.

Характеристика СППР по всем выделенным признакам произведена на примере экспертной системы поддержки принятия решений.

В результате дальнейших исследований предполагается дать определение системы поддержки принятия решений, отвечающее современному уровню развития теории принятия решений, теории экспертных оценок, информационных систем и информационных технологий.

Литература

1. Горский П. Уточнение понятия «система поддержки принятия решений» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.devbusiness.ru/development/dms/dmss_terms.htm.
2. Саати Т. Л.; Принятие решений – Метод Анализа Иерархий, Радио и связь, 1993, 278.
3. Портал о программах поддержки [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.softsklad.ru/businesses/complexs/6234_prog.html.
4. Портал Парижского университете Dauphine [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.lamsade.dauphine.fr/english/software.html>.
5. Портал системы expertchoice [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.expertchoice.com/>
6. Корнеев С. В. Системы поддержки принятия решений в бизнесе, 2005. № 6 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.management.com.ua/ims/ims096.html>.
7. Ларичев О. И.; Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах, Логос, 2002, 296.
8. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети, ЛКИ, 2008, 360.
9. В.И. Бодров, Т.Я. Лазарева, Ю.Ф. Мартемьянов; Математические методы принятия решений, ТГТУ, 2004, 83.
10. Миркин Б. Г.; Проблема группового выбора, Наука, 1974, 256.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕКСТОВЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ СЕМАНТИЧЕСКИ СОГЛАСОВАННЫХ ТЕКСТОВ

Скорин А.В.

Омский государственный технический университет
skoropups@gmail.com

Исследуются возможности построения эффективных текстовых представлений семантически согласованных текстов, представленных в виде разрозненных операторных структур составляющих текст исходного кириллического текста.

Анализ семантически согласованных текстов долгое время осуществлялся лишь человеком, с развитием информационных технологий появились статистические методы анализа текстов, однако в силу ограничений, накладываемых инструментарием статистических методов, они не позволяют учитывать семантическую связность любого осмысленного текста на естественном языке, то есть статистические методы не видят разницы между бессмысленным набором слов, и смысловыми конструкциями естественного языка. Любой семантически согласованный текст – избыточен [1], однако существующие на сегодняшний день методы анализа текстов не учитывают семантические связи между отдельными предложениями и внутри них, в то время как основная динамика развития процесса [2] описывается именно этими связями, таким образом - выявление семантических связей как внутри предложений, так и между ними существенно упростит процесс перевода текстов естественного языка на формальный, что может значительно облегчить процесс взаимодействия пользователя с технической системой, а так же может позволить более эффективно использовать тексты естественного языка в машинном анализе данных. В данной работе приводится описание двух методов выявления семантических связей между предложениями внутри одного абзаца текста на естественном языке, а так же исследование эффективности их применения.

Проекционный метод

За основу данного метода взяты методы, подробно описанные в статье [1], а именно, принцип построения на основании набора ЭП конечного множества слоев, содержащих в себе информацию о повторении элементов в соседних ЭП по различным ячейкам их атрибутов.

Данный метод содержит в себе несколько этапов поиска связей:

1. Установление полного соответствия значения атрибута одного ЭП со значением атрибута другого. Этот этап выявляет наличие тривиальных связей по объекту, субъекту или обстоятельству процесса. В случае установления связи на данном этапе обработка остальных этапов не требуется, и связь может считаться однозначно установленной.
2. Установление соответствия значения начальной формы атрибута одного ЭП с начальной формой атрибута другого. Этот этап позволяет

установить связь в случае, если значение атрибута было подвержено частичному искажению, вызванному как требованиями семантики естественного языка, так и ошибкой в ходе передачи данных. В случае установления соответствия по начальной форме необходимо выполнить ряд проверок на достоверность, зависящих от типа атрибута, в случае успешного их выполнения связь может считаться однозначно установленной.

3. В случае, если ЭП содержит в одном из своих атрибутов местоимение или иной тип указателя на контекст, то устанавливается связь по данному атрибуту с предыдущим ЭП. Этот этап требует проверки на согласованность указателя со значением атрибута в предыдущем ЭП, в случае ее успешного выполнения связь может считаться однозначно установленной.
4. Установка наличия пересечения между множеством синонимов атрибута одного ЭП и множеством синонимов атрибута другого. Этот этап позволяет установить связь между атрибутами, несущими сходную смысловую нагрузку. Для данного метода в случае установления пересечения связь может считаться однозначно определенной.

В случае определения связи одним из этапов, последующие не выполняются. Поиск связей осуществляется поочередно по всем полям ЭП.

В ходе исследования было установлено, что вследствие особенностей естественных языков данный метод имеет ряд существенных ограничений:

1. Данный метод предоставляет возможность отслеживать связи между ЭП только по значению одних и тех же атрибутов, в то время как связь может проходить между разными атрибутами.
2. Отсутствие вероятностной оценки точности установления связи.
3. Отсутствие возможности установки связи по косвенным признакам.
4. Отсутствие возможности заложить в словари синонимов полное описание множеств для каждого возможного значения атрибута.

Корреляционный метод

На основе обнаруженных в ходе исследования проекционного метода недостатков был разработан корреляционный метод построения связей, частично снимающий ряд ограничений, присущих проекционному методу.

В основе метода лежит гипотеза, что каждый ЭП, поданный на вход системы, является членом семантически согласованной структуры и, как следствие, имеет связь как минимум с одним из множества ЭП данной структуры. Эта гипотеза

позволяет использовать вероятностную модель, а так же делать предположения о наличии связи, которая не была выделена набором заранее заложенных правил.

Данный метод содержит в себе несколько этапов поиска связей:

1. Установление полного соответствия значения атрибута одного ЭП со значением атрибута другого. Этот этап выявляет наличие тривиальных связей по значению одного из атрибутов. В случае установления связи на данном этапе отработка остальных этапов не требуется, и связь может считаться однозначно установленной.
2. Установление соответствия значения начальной формы атрибута одного ЭП с начальной формой атрибута другого. Этот этап позволяет установить связь в случае, если значение атрибута было подвержено частичному искажению, вызванному как требованиями семантики естественного языка, так и ошибкой в ходе передачи данных. В случае установления соответствия по начальной форме необходимо выполнить ряд проверок на достоверность, зависящих от типа атрибута, в случае успешного их выполнения связь может считаться однозначно установленной.
3. В случае, если ЭП содержит в одном из своих атрибутов местоимение, или иной тип указателя на контекст, то делается предположение о наличии связи по данному атрибуту с одним из множества ЭП, после чего строится таблица, содержащая вероятности наличия связи по каждому из атрибутов предыдущего ЭП. Из полученной таблицы выбирается атрибут с максимальным значением вероятности нести связь, после чего связь можно считать однозначно установленной.
4. Установка наличия пересечения между множеством синонимов атрибута одного ЭП и множеством синонимов атрибута другого. Этот этап позволяет установить связь между атрибутами, несущими сходную смысловую нагрузку. После проверки всех атрибутов анализируемого ЭП получаем таблицу, содержащую вероятность наличия связи по каждому из возможных атрибутов, вероятность вычисляется по степени близости синонимов к изначальному значению анализируемого атрибута. Из полученной таблицы выбирается атрибут с максимальным значением вероятности нести связь, после чего связь можно считать однозначно установленной.
5. В случае, если не удалось установить связь анализируемого ЭП ни на одном из

предшествующих этапов, то строится таблица предположений, содержащая в себе вероятности наличия связи каждого атрибута анализируемого ЭП с атрибутами элементарных процессов, предположительно имеющих с ним связь (на текущий момент такими считаются предыдущий и последующий ЭП). Вероятность вычисляется в зависимости от количества совпадающих дополнительных характеристик каждого атрибута. Из полученной таблицы выбирается атрибут с максимальным значением вероятности нести связь, после чего связь можно считать однозначно установленной.

В случае определения связи одним из этапов, последующие не выполняются. Поиск связей осуществляется поочередно по всем полям анализируемого ЭП.

Разработанный метод позволил снять первые три ограничения, имеющиеся у проекционного метода, однако его применение требует больше машинных ресурсов.

Помимо усовершенствования двух разработанных методов для увеличения вероятности безотказной работы системы потенциально возможно введение третьего метода, устанавливающего нелинейные связи внутри анализируемого множества ЭП. Ввиду особенностей текстов естественного языка связь между отдельными ЭП может проследиваться не только по одному и тому же атрибуту в двух ЭП но и по смежным. Разработка и введение подобного метода обработки множества ЭП позволит отслеживать не только очевидные связи между соседними ЭП, но и связи с любым из ЭП рассматриваемого множества, так как большинство семантически согласованных текстов имеют несколько связей между составляющими их предложениями.

Литература

1. Скорин А. В. Определение зависимости надежности восстановления основной информации из семантически согласованных текстов от избыточности их представлений // Молодежь и современные информационные технологии: сбор. труд. науч.-практ. конф., 3-5 марта 2010г., ч. 1. – Томск 2010. – С. 95 – 96.
2. Флоренсов А. Н. Динамические аспекты информационной компоненты сложных систем: Монография. – Омск: ОмГТУ, 2007
3. Гуров А. А. Формализация процесса генерации операторных структур текстов в терминах теории надёжности // Молодежь и современные информационные технологий: сбор. труд. науч.-практ. конф., 3-5 марта 2010г., ч. 2. – Томск 2010. – с. 104-106.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ ИЗ ДАННЫХ, ОСНОВАННОГО НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОСЦИЛЛИРУЮЩИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Рыжов К.А., Стоянов А.К.
Томский политехнический университет
karn@sibmail.com

Введение

Data Mining (извлечение данных из знаний) - это процесс обнаружения в необработанных данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности [1]. Суть и цель технологии Data Mining можно охарактеризовать так: это технология, которая предназначена для поиска в больших объемах данных неочевидных, объективных и полезных на практике закономерностей. Знания можно определить как совокупность сведений, которая образует целостное описание, соответствующее некоторому уровню осведомленности об описываемом вопросе, предмете, проблеме. Одним из наиболее удобных видов представления знаний являются ассоциативные правила [1]. Ассоциативные правила позволяют находить закономерности между связанными событиями и имеют вид: "Из события А следует событие В".

Ассоциативные правила могут быть получены путем анализа информации, полученной в результате разбиения исходных данных на кластеры.

Модель нейронной сети-кластеризатора

Для решения задачи кластеризации в работе использована осцилляторная нейронная сеть [2]. Отличительной особенностью такой сети является использование колебательного режима. Переход нейрона в колебательный режим работы можно объяснить, исходя из свойств точечного отображения. Рассмотрим нейрон, который охвачен локальной обратной связью, то есть выходной сигнал нейрона подаётся на его вход. Таким способом реализуется точечное отображение входного значения нейрона на его активационной функции. Это отображение может быть записано соотношением вида $x_{n+1} = f(x_n)$, где n - номер итерации отображения входного значения, а $f(x_n)$ - активационная функция нейрона. Пусть

$$f(x) = \frac{\mu}{1 + \exp(-\alpha x + \beta)}.$$

Рассмотрим случай, когда $f'(x) < 0$. В этом случае функция $f(x)$ будет иметь одну неподвижную точку и две точки устойчивого цикла X_{\min} и X_{\max} . Для любого значения входного сигнала процесс заканчивается периодическим повторением X_{\min} и X_{\max} , то есть нейрон переходит в колебательное состояние. Для решения задачи

кластеризации используется следующее свойство нейронного осциллятора: для входных величин из интервала между неустойчивой и одной из двукратных неподвижных точек отображения он даёт одну и ту же выходную величину.

На основе этого свойства создается сеть-кластеризатор. Число нейронов входного слоя сети равно числу информативных признаков объектов исследуемой выборки, входным сигналом нейрона считалось значение признака. Параметры нейрона входного слоя определяются из решения системы уравнений $x_i = f(x_k, \alpha, \beta, \mu), i \neq k, i = 1, 2$, где

$x_1 \equiv X_{\min}, x_2 \equiv X_{\max}$. При решении μ считалось известным. В дальнейшем значения μ менялись в заданном диапазоне, что позволяло менять и значения параметров α и β . В качестве окончательных значений этих параметров выбираются те, при которых скорость изменения от μ энтропии распределения значений входного сигнала максимальна.

При отображении с использованием найденных значений α, β и μ значения выходного сигнала разбиваются на две группы, которые при установлении колебательного режима будут иметь равную амплитуду, но противоположные фазы. После установления колебательного режима на всех нейронах значения выходных сигналов с нейронов на некотором шаге n_0 отображения суммируются на нейроне выходного слоя. Тогда значение на выходном нейроне будет равно:

$$S_j(n_0) = \sum_{m=1}^M Y(x_m, n_0).$$

Здесь Y - выходное значение активационной функции нейрона на шаге n_0 , M - количество нейронов во входном слое, x_m - входное значение сигнала на m -м нейроне. Сумма $S_j(n_0)$ может принимать 2^M различных значений и, следовательно, каждому элементу из множества значений суммы можно сопоставить кластер.

На рисунке 1 изображена используемая нейронная сеть. Черными кругами обозначены нейроны, охваченные обратной связью, белым кругом обозначен нейрон, на котором производится суммирование.

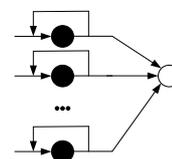


Рис 1. Нейронная сеть для кластеризации

Описание программного модуля

Для решения задачи извлечения знаний из данных было реализовано программное обеспечение, состоящее из двух модулей: нейронной сети - кластеризатора и модуля формирования правил. Модуль - кластеризатор включает в себя три класса: *neuron*, *net*, *Form*. Класс *neuron* моделирует работу одного нейрона, охваченного локальной обратной связью и работающего в колебательном режиме. Так же в классе *neuron* реализован метод подбора коэффициентов активационной функции нейрона. На основании подобранных коэффициентов осуществляется разбиение входных данных на два класса. Класс *net* моделирует работу нейронной сети в целом; в классе *net* реализованы методы, позволяющие считать входные данные из текстового файла и провести предварительный анализ считанных данных. Класс *Form* реализует оконный интерфейс. На рис. 2 изображен этап работы программы «данные считаны».

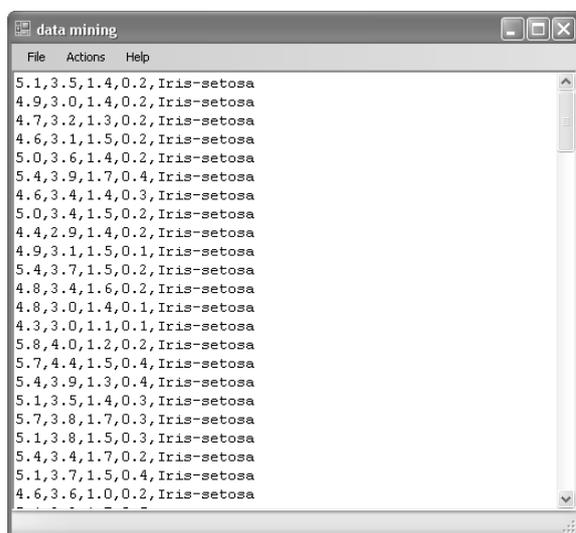


Рис 2. Этап работы программы «Данные считаны»

Функциональные возможности данного программного модуля:

1. Считывание данных о значениях параметров, записанных в определенном формате, из текстового файла.
2. Вычисление коэффициента вариации, для разбиения входных параметров на информативные и неинформативные.
3. Разбиение входных данных на кластеры.
4. Составление и вывод набора ассоциативных правил, сформированных на основании полученного разбиения.

Экспериментальная проверка

Для экспериментальной проверки работоспособности программного обеспечения был

выбран классический для задач классификации и кластеризации, набор данных – ирисы Фишера [3]. Этот набор данных включает в себя описание 150 цветков ириса, характеризуемых четырьмя признаками: длиной и шириной чашелистика, длиной и шириной лепестка. В наборе данных представлена информация о трех различных видах растений, поступающая в случайном порядке. Итоговое разбиение на кластеры:

Таблица 1. Результат кластеризации

Кластер	Число объектов	Точность кластеризации
Setosa	50	100%
Versicolor	41	82%
Virginica	59	82%

На основании данного разбиения был сформирован набор ассоциативных правил, которые устанавливают соответствие между значениями параметров объектов, принадлежащих к одному классу. Некоторые из полученных ассоциативных правил приведены ниже:

1. if param 4 between 0.2 and 1.7 then param 2 is between 2 and 3.5
2. if param 3 between 1.4 and 4.6 then param 1 is between 4.9 and 6.7

Полученные правила можно интерпретировать следующим образом:

1. Если ширина лепестка находится в пределах от 0.2см до 1.7см, то ширина чашелистика лежит в пределах от 2см до 3.5см
2. Если длина лепестка находится в пределах от 1.4см до 4.6см, то длина чашелистика лежит в пределах от 4.9см до 6.7см

Заключение

Разработанный программный модуль успешно решает задачи кластеризации и нахождения ассоциативных правил. В дальнейшем планируется продолжить работу над данным модулем с целью повышения точности решения задачи кластеризации, реализации возможности извлечения знаний при отсутствии некоторых значений во входных данных. Так же планируется реализовать оценку достоверности и поддерживаемости полученных правил.

Литература

1. В. Дюк, А. Самойленко. Data mining: учебный курс. – СПб: Питер, 2001. – 368 с.
2. Стоянов А.К. Осцилляционная нейронная сеть – классификатор //Известия Томского политехнического университета, 2010. - т.317 - № 5. - с. 117-121 (65579904).
3. Репозиторий данных для машинного обучения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets.html>, свободный.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ

С.О.Лучкова

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)
sonetta27@gmail.com

Введение

Широкое применение нечетких систем для решения проблем автоматического управления, прогнозирования, принятия решений заставляет специалистов искать эффективные методы построения систем, для идентификации которых наряду с алгоритмами оптимизации, основанными на производных, применяются генетические алгоритмы, эволюционные стратегии и нейронные сети. Эволюционные стратегии совместно с эволюционным программированием и генетический алгоритм представляют три главных направления развития эволюционного моделирования. Несмотря на то, что каждый из методов возник независимо от других, они характеризуются рядом общих свойств. Для любого из них формируется исходная популяция, которая подвергается селекции и воздействию различных генетических операторов, что позволяет находить более хорошие решения. Эволюционная стратегия – это алгоритмы, созданные в качестве методов решения оптимизации задач и основанные на принципах природной эволюции [3]. Целью работы является описание классического алгоритма эволюционной стратегии для идентификации нечеткой системы и сравнение результатов работы алгоритма с результатами аналогов.

Нечеткая системы

В работе рассматривается нечеткая система типа синглтон, в которой n входных переменных, m нечетких правил, каждое из которых имеет следующий вид:

ЕСЛИ $x_1=A_{1j}$ И $x_2=A_{2j}$ И ... И $x_n=A_{nj}$ ТО r_j ,

где r_j — действительное число, $r_j \in \mathfrak{R}$. Нечеткая система осуществляет отображение $F: \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}$, заменяя оператор нечеткой конъюнкции произведением, а оператор агрегации нечетких правил — сложением. Получаем выходное значение $F(\mathbf{x})$:

$$F(\mathbf{x}) = \frac{\sum_{j=1}^m r_j \cdot \prod_{i=1}^n \mu_{A_{ij}}(x_i)}{\sum_{j=1}^m \prod_{i=1}^n \mu_{A_{ij}}(x_i)},$$

где $\mathbf{x} = [x_1, \dots, x_n]^T \in \mathfrak{R}^n$ - значение i -го входа, $\mu_{A_{ij}}(x_i)$ — функция принадлежности нечеткого понятия A_{ij} , r_j — значение консеквента в j -м правиле.

Пусть дано множество обучающих данных $\{(x_p; t_p), p = 1, \dots, m\}$, тогда средняя квадратичная ошибка, являющаяся численным критерием

адекватности модели, вычисляется по следующей формуле:

$$E(\theta) = \frac{\sqrt{\sum_i^N (f(\mathbf{x}_i) - F(\mathbf{x}_i))^2}}{N}$$

Проблема идентификации сводится к проблеме поиска не только глобальных, но и локальных оптимумов заданной функции в многомерном пространстве, координаты которого соответствуют параметрам нечеткой системы. Для решения проблемы идентификации предлагается использовать алгоритм эволюционной стратегии [1,2].

Функция принадлежности

Функции принадлежности для нечетких систем представляют собой субъективное представление эксперта о предметной области. Часто такая субъективность помогает снизить степень неопределенности при решении слабо формализованных задач. Существует свыше десятка типовых форм кривых для задания функций принадлежности. Наибольшее распространение получили: треугольная, трапецеидальная и гауссова функции принадлежности. В работе для идентификации воспользуемся треугольной функцией, которая определяется тройкой чисел (a, b, c) , и ее значение в точке x вычисляется согласно выражению:

$$\mu_{A_{ij}}(x_j) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-b}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

При $(b-a)=(c-b)$ имеем случай симметричной треугольной функции принадлежности, которая может быть однозначно задана двумя параметрами из тройки (a, b, c) [1].

Эволюционная стратегия

Эволюционная стратегия - эвристический метод оптимизации в разделе эволюционных алгоритмов, основанный на адаптации и эволюции. Стратегия основана на механизмах естественного отбора и наследования. В ней используется принцип выживания наиболее приспособленных особей. Преимущества алгоритма перед другими методами оптимизации заключаются в параллельной обработке множества альтернативных решений [3].

Алгоритм работает с популяцией особей (хромосом), каждая из которых представляет собой упорядоченный набор параметров задачи, подлежащих оптимизации. Основной

характеристикой каждой особи является ее мера приспособленности.

При поиске решения в эволюционной стратегии вначале происходит мутация и скрещивание особей для получения потомков, затем происходит детерминированный отбор без повторений лучших особей из общего поколения родителей и потомков. В качестве мутации часто используется добавление нормально распределенной случайной величины к каждой компоненте хромосомы. При этом параметры нормального распределения самоадаптируются в процессе выполнения алгоритма.

Работа алгоритма представляет собой итерационный процесс, который продолжается до выполнения одного из условий останова:

- выполнение заданного числа поколений;
- прекращение улучшения популяции.

Алгоритм идентификации нечеткой системы на основе эволюционной стратегии

Шаг 1. Задание количества термов;

Шаг 2. Построение базы правил для каждой хромосомы:

- Построение нечетких термов, равномерно распределенных по каждой переменной;
- Задание консеквентов для каждого правила методом ближайшего из таблицы наблюдение;

Шаг 3. Генерация хромосом;

Шаг 4. Подсчет ошибок;

Шаг 5. Выбор параметров алгоритма эволюционной стратегии:

- задание количества итераций;
- количество точек скрещивание;
- алгоритм скрещивание;
- вероятность мутации;
- тип алгоритма селекции;

Шаг 6. Генерация начальной популяции;

Шаг 7. Вычисление меры приспособленности.

Если достигнуто условие выхода Шаг 11, иначе Шаг 8;

Шаг 8. Применение алгоритма скрещивания;

Шаг 9. Применение алгоритма мутации;

Шаг 10. Селекция и отбор хромосом для новой популяции. Переход на Шаг 7;

Шаг 11. Вывод решения – «наилучшей» хромосомы.

Постановка эксперимента

Суть эксперимента заключалась в аппроксимации нечеткой системой тестовыми функциями на основе треугольной функции принадлежности, критерием адекватности модели являлась средняя квадратичная ошибка вывода:

1. $f(x_1, x_2) = \sin(2 \cdot x_1 / \pi) \cdot \sin(2 \cdot x_2 / \pi), x_1, x_2 \in [-5, 5]$
2. $f(x_1, x_2) = x_1 \cdot \sin(x_2), x_1, x_2 \in [-\pi / 2, \pi / 2]$
3. $f(x_1, x_2) = x_1 + x_2 - 5, x_1, x_2 \in [0, 5]$
4. $f(x_1, x_2) = (1 + x_1^{-2} + x_2^{-1.5})^2, x_1, x_2 \in [1, 5]$
5. $f(x) = (1 + 10 \cdot \exp(-100 \cdot (x - 0.7)^2)) \cdot \frac{\sin(125/(x + 1.5))}{x + 0.1}, x \in [0, 1]$

Настройка нечетких моделей разработанным алгоритмом и аналогами для аппроксимации четвертой тестовой функции производилась по таблице наблюдений, состоящей из 400 строк. В таблице 1 представлены результаты работы эволюционной стратегии + метода наименьших квадратов (ЭС+МНК), и алгоритмов, описанных в работе [1]. Как видно из таблицы, представленный в работе, алгоритм превосходит аналоги.

Таблица 1. Результат работы алгоритмов

Алгоритм	Количество во правил	RMSE
Rojas, Pomares, Ortega, Prieto	9	0,146
	16	0,051
	25	0,026
	36	0,017
прямой АМК + МНК	9	0,00391
	16	0,00302
	25	0,00189
	36	0,000219
ЭС + МНК	9	0,00309
	16	0,00233
	25	0,00113
	36	0,000372

Заключение

В настоящей работе предложен новый подход к идентификации нечетких систем, основу которого составляет эволюционная стратегия, оптимизирующая параметры antecedentов нечетких правил. Консеквенты правил настраиваются методом наименьших квадратов. Имитационные эксперименты и сравнительный анализ с аналогами показали, что у предложенного алгоритма есть преимущества перед другими методами параметрической идентификации нечетких систем

Литература

1. Ходашинский И.А., Гнездилова В.Ю., Дудин П.А., Лавыгина А.В. Основанные на производных и метаэвристические методы идентификации параметров нечетких моделей / Труды VIII международной конференции "Идентификация систем и задачи управления" SICPRO '08. Москва, 2009 г.
2. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 383 с.
3. S. Hoche, and S. Wrobel. A Comparative Evaluation of Feature Set Evolution Strategies for Multirelational Boosting. Proc. 13th Int. Conf. on ILP 2003 г.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МОДУЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ УНАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ НАД ИСТОЧНИКАМИ ИНФОРМАЦИИ В РАМКАХ ИВС «МОЛЕКУЛЯРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ»

*Котов Д.Е., Фазлиев А.З.
ИОА СО РАН имени В.Е. Зуева, Томск.
KotovDmitriy@yandex.ru*

Введение

Данные о спектральных свойствах вещества являются важнейшим источником информации о строении молекул и процессах, происходящих в газовых средах. Спектроскопическая информация широко применяется для решения задач астрофизики, атмосферной оптики, физики пламени и ряда других, как научных, так и технических проблем.

Существующие массивы данных, предоставляемые для пользователей [1, 2], содержат данные, не удовлетворяющие ряду ограничений которые существенны в некоторых предметных областях. Изменение этих массивов в Web ИВС требует создание программного обеспечения для манипуляции данными.

Первым шагом в этом направлении является реализация унарных операций, позволяющих редуцировать кортежи, не удовлетворяющие ограничениям, накладываемым пользователем. В докладе обсуждаются унарные операции, аргументами которых являются высказывания, и их реализация в ИС.

Операции над данными в молекулярной спектроскопии

Набор типовых операций для данных в молекулярной спектроскопии ограничен и определён спецификой предметной области. Операции можно разделить по количеству операндов на унарные и бинарные. В рамках работы рассмотрен механизм реализации унарных операций в web ИС.

К числу унарных операций относятся выборка и проекция. Выборка – выбор из отношения кортежей, удовлетворяющих заданному условию. Новое отношение будет иметь ту же степень, а кардинальность будет меньше или равной кардинальности исходного отношения. Проекция – выбор из кортежей значений определённых атрибутов. При этом в зависимости от особенностей предметной области удаление дубликатов строк может не производиться. Новое отношение будет иметь такую же кардинальность, а степень меньше или равную степени исходного отношения.

Унарные операции применимы к источникам данных, содержащих строки произвольной структуры (в рамках понятий, связанных с параметрами спектральных линий) [3].

Определение унарных операций в ИС

Эксперт в рамках ИВС формирует набор ограничений в виде логических высказываний накладываемых на источник информации (ИИ), в результате выполнения которых, получает

модифицированный ИИ удовлетворяющий его требованиям для последующей работы с ним.

Ограничения накладываемые, в рамках данной предметной области, на физические величины носят интервальный характер, т.е. задается минимальное и максимальное значение параметра, причем границы интервалов включаются ($0 \leq J \leq 5$). Если при формировании набора ограничений пользователь не указал, для какой спектральной полосы они применимы, то ограничения накладываются для всех полос, входящих в состав источника информации. В предметной области имеется два типа ограничений – ограничения на ИИ и на полосу (часть ИИ).

Для составление высказываний пользователю доступно два логических операнда – конъюнкция (AND или &) и инверсия (NOT или ¬), операция дизъюнкции (OR или +) исключена, т.к. при формировании ограничений на полосу, ИВС предоставляет полную информацию о выбранной полосе, следовательно, наложенные ограничения всегда будут верны, с точки зрения их корректности для рассматриваемого источника информации, и следовательно применение данного операнда теряет свой смысл. Истинность элементарных высказываний, формируемых пользователем, обусловлена проверками интервальных значений, входящих в состав реализованного программного обеспечения (ПО).

В работе используется оператор Delete[B], где B логическое высказывание сформированное пользователем. Выполнение данного оператора будет приводить к удалению заданных спектральных полос, с наложенными на них ограничениями, из источника данных, или удалению кортежей не удовлетворяющих ограничениям значений физической величины. Пусть a_i и a_j – спектральные полосы из источника данных A , $a_i, a_j \subseteq A$, $a_i \cap a_j = \emptyset$, n – элементарное ограничение, состоящие из отношений $<$, $>$ либо $=$. Обозначим $\{n_0\}_{a_i}$ – логическое высказывание для i -ой полосы. Тогда $Delete[\{n_0\}_{a_i}] = A \setminus a_i^{n_0}$, где $a_i^{n_0}$ – подмножество полосы a_i , удовлетворяющие ограничениям n_0 , \setminus – операция дополнения. Полученный результат будем трактовать следующим образом – “Удалить из источника данных A полосу a_i с наложенным на нее ограничением n_0 ”. Введем $\{N\}_{a_i} = \{n_0 \& \dots \& n_k\}_{a_i}$ – логическое высказывание для i -ой полосы, содержащее набор элементарных ограничений. На

основании выдвинутых суждений сформулируем ряд основных правил, используемых в ИС при выполнении унарных операций:

1. $Delete[\{N\}_{a_i} \& \{M\}_{a_j}] = (A \setminus a_i^N) \setminus a_j^M$
2. $Delete(\neg\{N\}_{a_i}) = a_i^N$
3. $Delete(\neg\{N\}_{a_i} \& \neg\{M\}_{a_j}) = (a_i^N \cup a_j^M)$
4. $Delete(\neg\{N\}_{a_i} \& \{M\}_{a_j}) = a_i^N$

Эти правила позволяют реализовать требуемые унарные операции.

Реализация модуля

Данный модуль реализован в рамках ИВС коллективного использования "Молекулярная спектроскопия" (<http://www.saga.iao.ru>). При разработке учитывалось два основных аспекта: 1) Создание, интуитивно понятного для пользователя,

интерфейса (Рис.1). 2) Реализация Java скриптов направленных на выполнение большей части операций работы модуля, выполняемой на стороне клиента Web браузером, что позволило бы частично разгрузить работу сервера.

Хранение и обработка данных в ИВС осуществляется с помощью реляционной СУБД под управлением MySQL сервера. Основной трудностью при разработке ПО, являлось реализация алгоритма синтаксического разбора логических выражений, сформулированных пользователем, и их интерпретация на язык запросов СУБД.

Программное обеспечение реализовано с применением языков программирования PHP, JavaScript, XML, MySQL, под управлением веб-сервера Apache в операционной системе Linux.

Унарные операции над данными

2016_PITiBe_CO2

EARLE K. PLYLER, EUGENE D. TIDWELL, and W. S. BENEDICT,
Absorption Bands of Carbon Dioxide from 2.8-4.2 μ,
Journal of Optical Society of America, 1962, Volume 52, Pages 1017-1022,
DOI: 10.1364/JOSA.52.001017, <http://www.opticsinfobase.org/josa/abstract.cfm?URI=josa-52-9-1017>.

Annotation

Колесательная полоса		2 1 1 0 2 ----- 0 0 0 1	
Ветвь Br	Полный угловой момент $J_{min} < J < J_{max}$	Симметрия S	
Вакуумные волновые числа $\omega_{min} < \omega < \omega_{max}$			
Неопределенность вакуумных волновых чисел $\Delta\omega_{min} < \Delta\omega < \Delta\omega_{max}$			
Коэффициент Эйнштейна $E_{min} < E < E_{max}$			
Неопределенность коэффициента Эйнштейна $\Delta E_{min} < \Delta E < \Delta E_{max}$			
Ok			

id	Колесательная полоса	Ветвь (Br)	Полный угловой момент (J)	Симметрия (S)	Вакуумные волновые числа (ω)	Неопределенность вакуумных волновых чисел (Δω)	Коэффициент Эйнштейна (E)	Неопределенность коэффициента Эйнштейна (ΔE)
Band_1	2 1 1 0 3 ----- 0 0 0 1	p	10 < J < 35	e	3148.58 < W < 3217	-	-	-
Band_2	2 1 1 0 2 ----- 0 0 0 1	-	2 < J < 54	-	3299 < W < 3345	-	-	-

Band_1 AND Band_2

Рис.1 Унарные операции над данными, относящихся к задачам определения переходов в молекулах (на примере молекулы диоксида углерода).

Заключение

Предоставление пользователям интерфейса для манипуляций с данными дает пользователю возможность составления собственных источников данных в рамках введенных операций. Стоит отметить, что введенная нами процедура составления собственных источников данных, накладывает жесткое условие на обеспечение сохранности первичных источников информации.

Литература

1. Jacquinet-Husson N., Scott N.A., Chédin A., et al. The GEISA spectroscopic database: Current and future archive for Earth and planetary atmosphere studies // J. Quant. Spectrosc. and Radiat. Transfer. 2008. V. 109. N.6, P. 1043-1059.

2. Rothman L.S., Gordon I.E., Barbe A., et al., The HITRAN 2008 molecular spectroscopic database. // J. Quant. Spectrosc. and Radiat. Transfer. 2009. V. 110. No. 9. P. 533-572
3. Козодоев А.В., Привезенцев А.И., Фазлиев А.З. Аннотирование информационных ресурсов в распределенной информационной системе "Молекулярная спектроскопия" // Труды 7-ой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». RCDL'2005, Ярославль, Россия, 2005.

СЕМАНТИЧЕСКОЕ АННОТИРОВАНИЕ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

И.А. Потапов, В.В. Разин, А.Ф. Тузовский
Томский политехнический университет
igorpot@sibmail.com

Введение

Понятие «управление знаниями» появилось в крупных корпорациях, для которых проблемы обработки информации приобрели особую остроту и стали критическими. При этом стало очевидным, что основным узким местом является работа (сохранение, поиск, тиражирование) со знаниями, накопленными специалистами компании, так как именно знания обеспечивают преимущество перед конкурентами. Обычно информации в компаниях накоплено даже больше, чем она способна оперативно обработать. При этом часто одна часть предприятия дублирует работу другой просто потому, что невозможно найти и использовать знания, находящиеся в соседних подразделениях.

Ресурсы знаний различаются в зависимости от отраслей индустрии и приложений, но, как правило, включают руководства, письма, новости, информацию о заказчиках, информацию о сотрудниках, сведения о конкурентах и технологии, накопившиеся в процессе разработки. Сами эти ресурсы могут находиться в различных местах: в базах данных, базах знаний, в картотечных блоках, у специалистов и могут быть рассредоточены по всему предприятию. Традиционно проектировщики систем управления знаниями (СУЗ) ориентировались лишь на отдельные группы потребителей — главным образом, менеджеров. Более современные СУЗ спроектированы уже в расчете на целую организацию.

Ключевым понятием в СУЗ является понятие «знания», которое трактуется в УЗ крайне свободно и широко. В работе [1] дано следующее определение понятия «знания»:

«Знания – это сложная сеть понятий и многообразных отношений (оценок, мнений, причинно-следственных и пространственно-временных связей и зависимостей) между ними, которая сознательно (логически) или бессознательно используется нейронной сетью головного мозга при необходимости выработки новых суждений или принятии разнообразных решений. Они отражают окружающий мир, позволяют делать выводы о его поведении. Знания передаются людьми друг другу в виде информации, которая представляет собой выделенные некоторым образом частью сложной сети».

Знания как сеть понятий в современных СУЗ с использованием семантических технологий (или семантических СУЗ — ССУЗ) представлены в виде онтологий — концептуальных схем предметной области. В сущности, онтология — ER-модель некоторой предметной области. Именно онтологии

являются стержневым элементом семантической СУЗ.

Семантическая система управления знаниями, основанная на применении онтологических моделей, предоставляет возможность хранить, представлять и обрабатывать всю доступную организации информацию в виде, воспринимаемом как человеком, так и машиной.

В настоящее время существует ряд стандартов хранения и обработки информации при работе с онтологиями, принятыми консорциумом W3C (World Wide Web Consortium). Двумя основными стандартами являются модель описания ресурсов RDF (Resource Description Framework)[2] и язык описания онтологий OWL (Ontology Web Language)[3].

В основе модели RDF лежит идея об использовании специального вида утверждений, высказываемых о ресурсе. Каждое утверждение имеет вид «субъект — предикат — объект» и в терминологии RDF называется триплетом. Например, утверждение «Небо голубого цвета» в RDF-терминологии можно представить следующим образом: субъект — «небо», предикат — «имеет цвет», объект — «голубой».

OWL (англ. Web Ontology Language) — язык онтологий для интернета на основе XML/Web стандарта. Язык веб-онтологий OWL призван обеспечить язык, который может быть использован для описания классов и отношений между ними.

В основе языка лежит представление действительности в модели данных объект — свойство. OWL пригоден для описания не только web-страниц, но и любых объектов действительности.

Предлагаемый метод частичной автоматизации процесса внесения в систему информации о содержании документа основан на построении семантической сети текста документа и выделения из неё набора метаданных, характеризующих его содержание. Эти метаданные представлены в формате, являющемся общепризнанным стандартом описания онтологических баз знаний и, вкуче с онтологией, содержащейся в системе, могут быть интерпретированы любым из широкого класса программных продуктов, работающих с онтологиями (таких, например, как Protégé, Ontolingua, Swoop).

Алгоритм формирования метаданных документа

На вход алгоритма поступает исходный текст файла, а также набор текстовых меток элементов онтологии.

Шаги алгоритма.

1. Производится семантический анализ текста. Выходом этого шага является программная структура, содержащая всю требуемую информацию о тексте – слова с номером их начальных символов, смысловые связи между словами, обнаруженные «заготовки» RDF-триплетов (части предложений, соответствующие одному из описанных выше фреймов).
2. Подсчитывается количество вхождений слов в текст. При этом не учитываются так называемые «стоп-слова». Стоп-словами являются предлоги, союзы и частицы. Остальные слова нормализуются и количество вхождений подсчитывается именно для нормы слова.
3. Составляется ранговое распределение слов в документе. Слова с одинаковым количеством вхождений объединяются в классы, которые затем нумеруются в порядке убывания количества вхождений слов-членов класса в тексте, начиная с 1.
4. Производится поиск класса, слова в котором являются значимыми для текста, с наибольшим номером. Все классы, идущие после него, отсеиваются и в дальнейшей работе не участвуют.
5. Выставляется первичное значение «веса» слов в документе. Оно равняется $\frac{N_{\max}}{N_i}$, где N_{\max} — количество вхождений слов первого ранга, а N_i — количество вхождений слова t_i .
6. Производятся корректировки значений весов для упорядоченных пар слов, имеющих вхождения в одни и те же триплеты либо предложения.

Из множества всех выделенных из текста RDF-триплетов выбираются:

1. Триплеты, каждая из позиций которых (субъект, предикат и объект) заняты в естественно-языковом представлении вхождением метки (соответственно, субъект и объект – метками понятия либо экземпляра, а предикат – меткой свойства).
2. Триплеты, одна из позиций которых занята вхождением ключевого слова, а две других – вхождением метки, так называемые триплеты-«кандидаты».

Выход алгоритма — метаописание документа, в которое входит набор записей вида $\langle E_i, S_i \rangle$, где E_i — идентификатор элемента онтологии (так называемый URI – Universal Resource Identifier), а S_i — индекс значимости этого элемента для документа. При этом S_i имеет вид $S_i = \langle S_{TF}, S_{IDF}, S_{IC} \rangle$, где S_{TF} – коэффициент значимости элемента с точки зрения документа (модифицированный коэффициент TF), S_{IDF} – коэффициент значимости элемента с точки зрения набора документов (коэффициент IDF), S_{IC} – итоговое значение коэффициента значимости термина. В метаописание также входят все

обнаруженные в тексте триплеты, все позиции которых заняты вхождениями меток элементов онтологии. Кроме того, по завершении работы алгоритм генерирует набор вспомогательных записей, уменьшающих время возможной последующей повторной обработки документа. В этот набор входит:

1. Множество записей вида $\langle t_i, S_i \rangle$, где t_i — значимое для документа слово, S_i — индекс его значимости для документа. Эти записи по сути формируют кэш значимых для документа слов.
2. Множество триплетов — «кандидатов», то есть таких выделенных в тексте триплетов, в которых вхождением метки элемента онтологии не занята только одна позиция. Они имеют вид $\langle E_i, t, E_k \rangle$, $\langle t, E_j, E_k \rangle$ или $\langle E_i, E_k, t \rangle$, где E_i — идентификатор элемента онтологии, а t — слово из документа.
3. Статистические характеристики текста, такие, как количество предложений, слов и триплетов. В состав индекса TF-IDF входят две части — Term Frequency и Inverse Document Frequency.

$$TF = \frac{n_i}{\sum_k n_k}, \text{ где } n_i \text{ — число вхождений}$$

слова в документ, а знаменатель равен общему числу слов в данном документе.

$$IDF = \log \frac{|D|}{|d_i \supset t_i|}, \text{ где } |D| \text{ — количество}$$

слов в документе, $|d_i \supset t_i|$ — количество документов со вхождениями слова t_i .

Заключение

Разработанный модуль построения семантической аннотации текста позволяет в значительной степени облегчить затраты времени и труда на изначальное наполнение системы и поддержание её в актуальном состоянии. Использование стандарта RDF при формировании метаописания документа обеспечивает совместимость разработанного модуля практически с любым программным комплексом, работающим с использованием онтологий, описанных при помощи OWL – стандарта консорциума W3C для описания онтологий.

Литература

1. Тузовский А.Ф. Формирование семантических метаданных для объектов системы управления знаниями. Известия Томского Политехнического университета. – 2007. – Т. 310. – №3. – С. 184–188
2. Раздел сайта консорциума WWW, посвященный RDF [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.w3.org/2007/03/rdf_concepts_ru/Overview.html, свободный.
3. Раздел сайта консорциума WWW, посвященный OWL [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>, свободный.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Дмитриев Д. В., Андреева О. В.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Andreevaov@gmail.com*

Введение

В работе сделан обзор основных свойств, параметров и технических характеристик центробежных насосов. Анализируются возможности использования нейронных сетей для расчета геометрических параметров рабочих колёс насосов. Отдельные исследования проводятся с целью подбора оптимальной структуры не для определения коэффициентов с учетом коэффициента быстроходности, главным критерием которых является ошибка результатов. Что позволяет получить оптимальную конструкцию проточной части рабочего колеса насоса.

Основная часть

Под насосом принято понимать гидравлическую машину, преобразующую механическую энергию приводного двигателя в энергию потока жидкости, механической смеси жидкости с твёрдыми или коллоидными веществами или в энергию сжиженных газов. Так же это система, имеющая крайне обширную область применения.

Насосы, в которых преобразование энергии основано на силовом взаимодействии лопастной системы с перекачиваемой жидкостью, называются лопастными. В зависимости от характера силового взаимодействия и направления потока лопастные насосы разделяют на центробежные и осевые. В осевых насосах поток жидкости параллелен оси вращения и перемещается в поле действия гидродинамических сил, возникающих при взаимодействии потока и решётки лопастного колеса. В центробежных насосах поток жидкости имеет в области лопастного колеса радиальное направление и перемещается главным образом в поле действия центробежных сил. Принцип действия центробежных насосов заключается в следующем. От вала насоса приводится в движение рабочее колесо, находящееся в корпусе. Колесо при своем вращении захватывает жидкость и благодаря развиваемой центробежной силе выбрасывает эту жидкость через направляющую (спиральную) камеру в нагнетательный трубопровод. Уходящая жидкость освобождает занимаемое ею пространство в каналах на внутренней окружности рабочего колеса. Давление в этой области понижается, и туда устремляется жидкость из всасывающего трубопровода под действием разности давлений. Разность давлений в резервуаре и на всасывании насоса должна быть достаточной, чтобы преодолеть давление столба жидкости, гидравлические и инерционные сопротивления во всасывающем

трубопроводе. Если жидкость забирается насосом из открытого резервуара, то всасывание жидкости центробежным насосом происходит под действием перепада давлений, равного разности атмосферного давления и давления на входе в рабочее колесо.

Насосы являются обязательным для ядерных электроустановок (ЯЭУ) оборудованием. Они обеспечивают циркуляцию теплоносителя в реакторе, парогенераторах и вспомогательных контурах.

Рынок центробежных насосов обеспечивается промышленностью в большом многообразии, – на одни и те же параметры (подачу (Q), напор (H)) предлагаются насосы различного конструктивного исполнения, частоты вращения, материалов, приводов и т.д. [2]. Разобраться в этой номенклатуре, с учетом стоимости оборудования и затрат на его эксплуатацию, бывает непросто. Рассмотрение этой проблемы во всех ее аспектах возможно только при полном знании условий эксплуатации, как-то: необходимости регулирования по подаче и напору, параметров перекачиваемой среды, условий установки, необходимости параллельной и последовательной работы насосов. Специалисты-разработчики гидравлических систем на основании анализа определяют необходимые требования к насосному оборудованию, включая и требования к форме напорной характеристики. Обеспечение устойчивой работы насоса в системе определяется характеристиками насоса. Наиболее распространенные методы регулирования насоса – изменение рабочего колеса. Геометрические параметры колёс определяются исходя из значений различных коэффициентов. Для расчетов коэффициентов рабочих колёс насосов с учетом быстроходности (ns) специалисты используют диаграммы, пример которых изображён на рис 1.

В целом, теория центробежных насосов базируется на обобщенных опытных данных. Исходя из этого предварительный оценочный расчет можно производить при помощи искусственных нейронных сетей. Для решения данной задачи использовалась нейронная сеть, структура которой выбиралась на основе проведенных испытаний. Критерием оценки была среднее с выбросом значение полученной ошибки. Критерием остановки при обучении сети являлся момент достижения минимума ошибки.

Для исследования были выбраны: стандартная сеть (с прямым распространением ошибки), сеть Джордан (этот вид сетей получается из многослойного перцептрона, если на его вход

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ИНТЕРЕСА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

М.В. Дамов, А.Г. Зотин

Сибирский государственный аэрокосмический университет им. ак. М.Ф. Решетнева
info@lightsoft.org

В настоящее время в сфере профессионального кино и телевидения, а также бытового редактирования видеоматериалов в целях повторного использования видеоматериала высоко востребована задача реконструкции и улучшения оригинальной отснятой видеопоследовательности и компенсация объектов интереса – примитивной наложенной графики, изображения произвольного объекта сцены малого размера, удаление царапин, пятен. До реконструкции необходимо решить задачу локализации объектов интереса. Также задача локализации актуальна при отслеживании рекламы, изображений дополненной реальности, обработки визуальной информации, полученной с различных датчиков и представленных в виде изображений (аэрофотоснимков, тепловых и медицинских снимков).

Классификацию объектов интереса можно разделить на категории: искусственно наложенные графические объекты, искажения изображения и другие объекты малого размера, такие как изображение человека, дерева, камня и т.п. на некотором фоне. В свою очередь встречающиеся в видеоматериалах искусственно наложенные изображения компьютерной графики, можно разделить по следующим видам:

1. телевизионные логотипы – изображения небольшого размера, как правило, размещенные в одном или нескольких углах кадра или у границ кадра;
2. титры – текстовые области с информацией о создателях фильма, могут быть размещены в любом месте кадра;
3. субтитры – текстовые области у верхней или нижней границ кадра с периодически изменяющимся статическим текстом;
4. бегущая строка – текстовая область у верхней или нижней границ кадра с перемещающимся текстом, перемещение текста осуществляется в соответствии с общепринятыми правилами чтения и письма;
5. прочие наложенные графические объекты.

Искажения изображения вследствие повреждения носителя чаще всего имеют протяженную геометрическую структуру, могут возникать на любом месте кадра и иметь различные углы наклона. Характерным поведением во времени является их присутствие на нескольких последовательных кадрах, никак не связанное с изменением сцены. На видеопоследовательности могут присутствовать несколько структур такого характера, причем каждая из них характеризуется собственным поведением и может перекрывать другие структуры.

Случайно снятые и ненужные в кадре объекты должны характеризоваться малым размером своего изображения (до 10%) относительно размеров кадра, а также они могут характеризоваться: статическим положением на фоне динамического фона; динамическим положением на статическом фоне; динамическим положением на динамическом фоне; динамическим положением в сложных случаях [1].

Рассмотрим математическую модель локализации объектов интереса. Модель локализации изображений объектов интереса выражается формулой

$$LOC \ll \{O_{sg}^{LOC}\}, \{O_{ar}^{LOC}\}, \{O_{so}^{LOC}\} >$$

где: O_{sg}^{LOC} – оператор локализации искусственно наложенной графики в сценах; O_{ar}^{LOC} – оператор локализации искажений изображения вследствие повреждения видеоносителя (царапин, пятен и т.д.); $O_{ю}^{LOC}$ – оператор определения типа объекта; O_{so}^{LOC} – оператор отслеживания объектов интереса малого размера в сценах видеопоследовательности. Локализация искусственно наложенной графики выполняется на основе перепадов яркости изображения сцены и изображения внедренной графики на основе анализа пиковых значений. Локализация искажений изображения вследствие повреждений видеоносителя выполняется с помощью преобразования Хафа. Локализация объектов интереса малого размера в сцене выполняется человеком, их отслеживание возможно с помощью известных контурных методов. Локализация повреждений видеоносителя подробно рассмотрела в работе [2]. В этой работе предлагается рассмотреть локализацию изображений искусственно наложенной графики и объектов сцены малого размера.

Изображение искусственно наложенной графики имеет функцию яркости, отличную от функции яркости основного изображения, т. к. оно должно быть видимо для человека. Выбор функции яркости обусловлен тем, что она является одной из основных характеристик при передаче видеосигнала или телевизионного сигнала. Для определения областей интереса в кадре вычислим математические характеристики острровершинности функции яркости $I(x, const)$ или $I(const, y)$, где $(x, const)$ или $(const, y)$ – координаты некоторого локального максимума P функции яркости (формулы приведены для варианта функции $I(x, const)$, для варианта $I(const, y)$ они аналогичны):

$$P_i = \max_i I(x, const).$$

Найдем соседние локальные минимумы V_a и V_b функции яркости:

$$\begin{aligned} V_{a,i} &= \min_i I(x, \text{const}), \\ V_{b,i} &= \min_i I(x, \text{const}), \\ x_a &< x_p < x_b, \\ i &= 0..n. \end{aligned}$$

где $(x_a, \text{const}), (x_b, \text{const})$ – координаты левого и правого локальных минимумов соответственно, между которыми расположен локальный максимум P_i с координатами (x_p, const) ; n – количество локальных экстремумов. Рассчитаем меру островершинности PM i -го максимума по формуле:

$$PM_i = \left(1 - \frac{(V_{a,i} + V_{b,i})}{2P_i}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_i}{(V_{b,i} - V_{a,i}) \cdot P_i}\right).$$

где:

$$N_i = \int_{V_a}^{V_b} I(x, \text{const}) dx$$

Найдем максимальную меру островершинности в кадре и ее координаты:

$$PM_{\max}(x,y) = \max(PM_i(x,y)), \quad i=0..n.$$

Используя алгоритм распространения волны, найдем границу области с вершиной. Найденная граница будет ограничивать область интереса с изображением искусственно наложенной графики.

При отслеживании частей сцены малого размера первоначально этот объект интереса должен быть выделен человеком. В этом случае необходимо лишь найти его на остальных кадрах сцены. Примем, что в некотором кадре объект интереса выделен геометрической фигурой (прямоугольником, эллипсом или более сложной фигурой), контур объекта задается множеством PR , где элемент множества pr_i – точка (пиксель) заданного контура объекта с координатами (x_i^{pr}, y_i^{pr}) . Далее уточняем контур объекта с помощью методов поиска особенных точек и анализа контуров в окрестности заданного объекта. Вычисленный контур объекта обозначим как множество PC , где элемент множества pc_i – точка (пиксель) вычисленного контура объекта с координатами (x_i^{pc}, y_i^{pc}) . Определим множество погрешностей E :

$$\varepsilon_i = \sqrt{(x_i^{pc} - x_i^{pr})^2 + (y_i^{pc} - y_i^{pr})^2}$$

Для остальных кадров отслеживание, коррекция и проверка контура объекта интереса выполняется следующим образом. Перенесем заданный контур объекта интереса PR в следующий кадр, учитывая смещение между кадрами:

$$\begin{aligned} x_{i,j+1}^{pr} &= x_{i,j}^{pr} + x_{\Delta} \\ y_{i,j+1}^{pr} &= y_{i,j}^{pr} + y_{\Delta} \end{aligned}$$

где: $x_{i,j+1}^{pr}, y_{i,j+1}^{pr}$ – координаты i -й точки заданного контура объекта интереса на следующем $(j+1)$ -м кадре сцены; $x_{i,j}^{pr}, y_{i,j}^{pr}$ – координаты i -й точки заданного контура объекта интереса на текущем j -м кадре сцены; x_{Δ}, y_{Δ} – координаты вектора смещения между кадрами.

Скорректируем контур объекта PC в новом кадре с помощью методов нахождения контуров [3]. Если результат выражения выше не превышает найденного порога, то объект интереса был отслежен успешно, и можно продолжать отслеживание в следующих кадрах. В противном случае требуется запросить новый контур объекта интереса.

Рассмотренная выше модель локализации объектов интереса в видеопоследовательности позволяет создавать программно-аппаратные комплексы обработки видеоматериалов различного назначения. На основе приведенной выше модели авторами создана программная система реконструкции текстур под текстовыми блоками в видеопоследовательностях [4].

Литература

1. Дамов М.В. Пространственный метод локализации изображений логотипов в видеопоследовательностях // В материалах всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации. НТИ-2008», Новосибирск, ч. 1, 2008. – с.191 – 193.
2. Фаворская М.Н., Дамов М.В. Визуальный метод локализации и реконструкции поврежденных видеоносителей // В материалах IX международной научно-технической конференции «Кибернетика и высокие технологии XXI века», т.1, Воронеж, 2008. – 192-197 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
4. Favorskaya M., Zotin A., Damov M. Intelligent Inpainting System for Texture Reconstruction in Videos with Text Removal // Proceedings of International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems ICUMT2010, Moscow, Russia. 2010. Article number 1569331721.

АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ ПОСРЕДСТВОМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Глот К.Ю., Гергет О.М., Марухина О.В.
Томский политехнический университет
kira_glot@mail.ru

В настоящее время во всем мире пристальное внимание акушеров-гинекологов, неонатологов, педиатров уделяется улучшению состояния здоровья рождающегося поколения. Качество оказания медицинской помощи плоду и новорожденному в перинатальном периоде является одним из интегральных показателей качества всей медицинской помощи населению. Для всех основных систем новорожденного характерно состояние "неустойчивого равновесия", поэтому незначительные изменения окружающих ребенка условий могут стать причиной заболеваний.

Лишь с учетом особенностей адаптации могут быть решены основные задачи педиатрии и перинатологии: прогнозирование риска развития заболеваний, превентивная терапия, оздоровление и лечение [1].

Современные компьютерные технологии используют широкий спектр методов визуализации информации. Легкость построения графиков и диаграмм с помощью ЭВМ все заметнее меняет когнитивные навыки исследователя. Современные пакеты анализа информации позволяют строить сотни типов различных графиков и диаграмм. Исследователь может одним взглядом обнаружить особенности, выявить закономерности и аномалии в больших объемах информации.

Было принято решение об использовании специализированного пакета прикладных программ (СППП) по визуализации «NovoSpark Visualizer». Выбор объясняется главным образом тем, что данный пакет предназначен для качественного анализа статических и динамических многомерных данных посредством визуализации, в котором визуализация является основным инструментом, где многомерным наблюдениям соответствуют образы, содержащие в себе всю известную информацию об объектах данных. [2]

Для успешного анализа необходимо изучить данные и подготовить их к анализу. Первым шагом в этом направлении является выявление и удаление аномальных наблюдений. «NovoSpark Visualizer» позволяет задавать и визуализировать многомерный интервал различными способами, одним из которых является облако многомерного интервала. Если кривая (образ) наблюдения полностью лежит внутри облака, то соответствующее ей наблюдение лежит внутри границ заданного интервала во всех измерениях, как это показано на рисунке 1.

Генерация образа $W_ALL_VS-2D-1-NW$ задается следующими параметрами:

$P1 = VS$ (фронтальный вид на плоскость YX);
 $P2 = 2D$ (вид сбоку 2D);
 $P3 = 1$ (не преобразованные значения W);
 $P4 = NW$ (без фильтра)

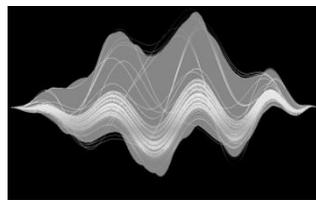


Рис. 1. Общая выборка с аномальными наблюдениями $W_ALL_VS-2D-1-NW$

С помощью СППП избавимся от аномальных наблюдений (рис. 2)

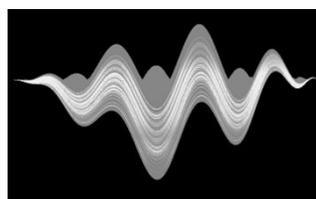


Рис. 2. Общая выборка без аномальных наблюдений $W_ALL_VS-2D-1-NW$

Задача кластеризации – это разбиение выборки на группы схожих объектов, путем выявления кластерной структуры для упрощения дальнейшей обработки данных.

В пакете «NovoSpark Visualizer» существует понятие упорядочивания визуализированных линий по оси Z (от ее начала в направлении справа налево) в соответствии с одной из выбранных метрик (Евклида, Махалонобиса) или в хронологическом порядке (для временных рядов), то можно идентифицировать на образе близость данных линий друг другу, а следовательно, констатировать факты близости соответствующих им объектов по результатам функционирования. Выберем способ упорядочивания по Евклидову расстоянию и получим следующие три кластера, которые отображены на рисунке 3.

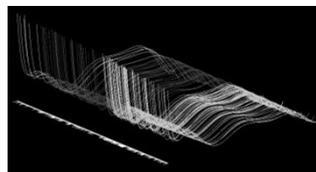


Рис. 3. Трехмерный визуализированный образ $W_NA_R-3D-1-NW$

Генерация образа $W_NA_R-3D-1-NW$ задается следующими параметрами:

$P0 = A$ (нет аномалий);
 $P1 = R$ (направление локализации – справа от оси Z);
 $P2 = 3D$ (вид сбоку);
 $P3 = 1$ (стандартизованное представление значений W);
 $P4 = NW$ (нет фильтрации данных).

Таблица 1. Процентное и относительное содержание кластеров в сравнимых группах

Наименование	Сравнимые группы		
	Группа контроля	Группа сравнение	Основная группа
Кластер 1	2,0%	20,4%	77,6%
Кластер 2	65,2%	2,2%	32,6%
Кластер 3	0%	0%	100%
Аномальные наблюдения	4,5%	42,2%	53,3%

Допустим, гипотезу, что данное разделение на кластеры верно и проверим полученный результат кластерным анализом по методу к-средних, доступным в разделе анализа СППП.

Таблица 2. Процентное и относительное содержание кластеров (метод к-средних) в сравнимых группах.

Наименование	Сравнимые группы		
	Группа контроля	Группа сравнение	Основная группа
Кластер 1	58,8%	0%	8,1%
Кластер 2	0%	52,5%	56,1%
Кластер 3	35,3%	0%	16,3%
Аномальные наблюдения	5,9%	47,5%	19,5%

Таблица 3. Дистанция кластеров

	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
Кластер 1	к	2358,468	542,039
Кластер 2	2358,468	-	640,872
Кластер 3	542,039	640,872	-

Вследствие кластерного анализа, проведенного двумя методами, мы получили достаточно схожие результаты. Второй кластер метода к-средних практически идентичен кластеру № 1, сформированному с помощью визуализатора СППП. Метод к-средних привел к более однородному результату, поскольку величина кластером имеет меньший разброс, но метод визуализатора позволил с большей точностью отделить группу контроль от остальных пациентов, тем самым подтверждая правильность первоначального разделения.

Таблица дистанции кластеров говорит о том, что наиболее отделенные значения друг от друга имеют первый и второй кластеры, что подтверждается визуальным образом получившимся при другом методе кластеризации.

Проверка устойчивости кластеризации сводится к проверке её достоверности. Здесь существует эмпирическое правило — устойчивая типология сохраняется при изменении методов кластеризации. Результаты иерархического кластерного анализа можно проверять итеративным кластерным анализом по методу к-средних. Если сравниваемые классификации групп респондентов имеют долю совпадений более 70 % (более 2/3 совпадений), то кластерное решение принимается. [3]

В нашем примере доля совпадений равна 82,24%, таким образом, гипотеза верна, кластерный анализ, проведенный с помощью визуализатора, подтвержден кластеризацией по методу к-средних.

Вывод

Проблемы ранней диагностики занимают ведущие позиции в современной медицине и являются как никогда актуальными, поэтому анализ первичных данных, отражающих состояние беременной женщины, может способствовать нахождению закономерностей, помогающих корректировать поведение пациенток для благоприятного протекания беременности и исходов родов.

С помощью кластеризации медицинских показателей крови обосновано выделение группы контроля из общего числа исследуемых.

Визуальная реализация факторного анализа позволила разделить клинико-лабораторные показатели крови на три фактора, вес каждого из которых позволяет выявить влияние определенного фактора на наблюдения, подверженные определенным факторам риска.

Литература

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина. 1979.
2. Современные методы представления и обработки биомедицинской информации : учебное пособие/ Томский политехнический университет; Сибирский государственный медицинский университет; Под ред. Ю. В. Кистенева; Я. С. Пеккера. — Томск : Изд-во ТПУ, 2004.
3. Пеккер Я.С., Бразовский К.С. Компьютерные технологии в медико-биологических исследованиях. Сигналы биологического происхождения и медицинские изображения.— Томск: Изд-во ТПУ, 2002
4. Novospark Visualazer - [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.novospark.ru> <http://www.ref.by/refs/67/28466/1.html>, свободный. – Исследования.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АВТОСИМУЛЯТОР

А. Н. Залого, Т. А. Янковская
Сибирский федеральный университет
zaloga@yandex.ru

Введение

Применение вычислительной техники в системах управления и программного обеспечения позволяет реализовать интеллектуальные способности человека и заменить его в сфере оценки ситуации и принятия решений. Совокупность интеллектуальных и механических способностей любой робототехнической системы позволяет заменить человека в сфере его производственной деятельности. В робототехнике системы очувствления и искусственного интеллекта нашли широкое применение в разработке игровых роботов, где при выполнении игровых задач отрабатывается структура искусственных машин, их возможности и интеллектуальные способности.

Целью данной работы является разработка среды моделирования поведения автомобилей-роботов, действующих самостоятельно в виртуальном мире.

Интеллектуальный автосимулятор сочетает в себе современные возможности компьютерной графики и моделирование физических явлений, а также инструментальные возможности для исследователя. Под автосимулятором будем понимать программное обеспечение, имитирующее управление автомобилем, которое может применяться как для обучения водителей, проведения исследований, так и для развлечения.

В системе реализовано моделирование виртуального мира, в котором действуют автомобили-роботы под управлением алгоритмов, созданных пользователями. Взаимодействие авто-робота с виртуальным миром предполагается быть максимально интерактивным. При моделировании физических явлений используется технология NVIDIA PhysX [1], что обеспечивает точное моделирование влияния характеристик автомобиля на его поведение. На рисунке 1 представлено изображение процесса моделирования при помощи данной системы на примере гонки виртуальных автомобилей.

Особенности системы

Авто-робот получает информацию об окружающем мире от нескольких сенсоров – устройств, преобразующих физическое изменение в объекте наблюдения в информационный сигнал для алгоритма управления [2]. Сенсор – это связующее звено между виртуальным "физическим" миром и миром информационных моделей, которым оперирует «искусственный интеллект» автомобиля. В нашем случае сенсоры позволяют узнать расстояние до объекта, который пересекает луч датчика, а также тип этого объекта (например: другой автомобиль, ограждение, дорога и т.д.).

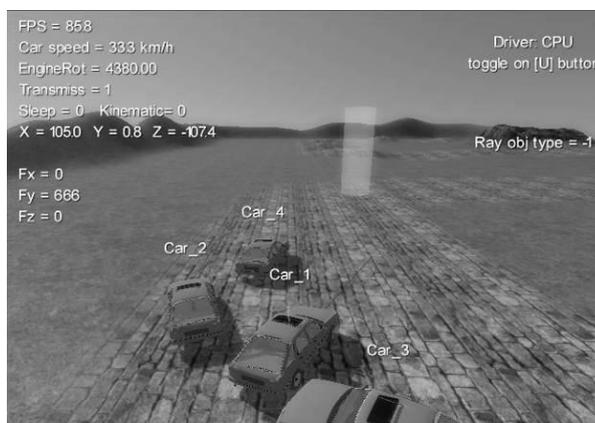


Рис. 1. Виртуальный мир «интеллектуального автосимулятора».

Информация от сенсоров передается в алгоритм управления автомобилем. Основой этого проекта является то, что такие алгоритмы отделены от основной программы моделирования виртуального мира, и могут быть изменены пользователем в любой момент. Именно поэтому симулятор назван «интеллектуальным».

В качестве языка программирования выбран интерпретируемый язык Lua [3]. По возможности, идеологии и реализации этот язык ближе всего к JavaScript, однако Lua отличается более мощными и гораздо более гибкими конструкциями, спроектирован с целью «не плодить сущности сверх необходимого». В настоящее время он используется в различных проектах, где требуется встроить достаточно быстрый и нетрудный в освоении скриптовый язык программирования - например, в разработке игр, где Lua часто используется между игровым «движком» и данными для написания сценариев взаимодействия объектов.

Система управления авто-роботом

Алгоритмы управления разрабатываются для выполнения различных типов заданий, например: кольцевые гонки – проехать трассу за минимальное время с максимальной аккуратностью; или доставить условный груз через улицы города, наполненные пешеходами. На данный момент реализована система гонок, где автомобиль должен проехать по специальным точкам, расставленным на поворотах трассы. Такие точки принято называть «чекпоинты».

Входной информацией для алгоритма управления является: скорость автомобиля; расстояние до следующего чекпоинта; разница, между направлением на него и ориентацией автомобиля; а также массив данных от сенсоров. Количество и расположение сенсоров задается до процесса моделирования и затем не изменяется. Выходной информацией является: интенсивность

нажатия на педали газа и тормоза (значения от 0 до 1), а также поворот рулевого колеса (значения от -1 до +1). На рисунке 2 приведена схема управления авто-робота.

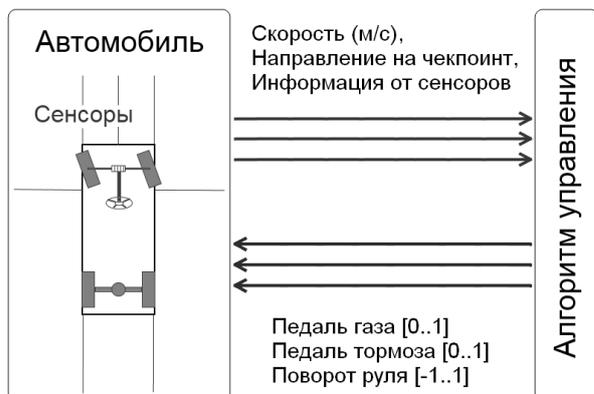


Рис. 2. Схема управления авто-робота.

Далее приведен пример очень простого алгоритма авто-робота на языке Lua, в котором не используется информация от сенсоров:

получаем информацию о текущем положении дел
 скорость автомобиля

```
vel = GetVelLen ()
```

расстояние и направление на чекпоинт

```
cpDist, cpSin = GetCPInfo ()
```

устанавливаем положение руля

```
steer = cpSin
```

```
troque = 1 – нажатие на педаль газа
```

```
brake = 0 – нажатие на педаль тормоза
```

при резких поворотах снизим скорость

```
if math.abs(steer) == 1 then
    if vel > 8 then troque = 0.35 end
end
```

при приближении к чекпоинту притормозим

```
if cpDist < 35 then
    if vel > 8 then troque = 0 brake = 0.5
    else troque = 0.9
end
```

```
end
```

передаем сигналы управления

```
SetSteer(steer)
```

```
SetTroque(troque)
```

```
SetBrake(brake)
```

конец алгоритма

Создание авто-робота

Процесс создания авто-робота состоит из нескольких этапов:

1. пользователь создает в 3D редакторе (например, в 3D Studio Max) модель автомобиля для отображения в виртуальном мире;
2. при помощи встроенных средств на эту модель натягивается низкополигональный каркас физической модели для обработки столкновений с другими объектами виртуального мира;
3. задаются характеристики автомобиля (его масса, мощность двигателя, жесткость подвески и т.п.);
4. пишется алгоритм действий авто-робота при помощи интерпретируемого языка программирования Lua.

При этом пользователь может всё это сделать самостоятельно, или воспользоваться на каких-либо этапах уже готовыми решениями и лишь внести в них свои изменения. Таким образом, проект имеет несколько степеней сложности, подходящих для различных типов исследований: от изменения нескольких характеристик автомобиля или редактирования алгоритма-заготовки, до создания авто-робота с нуля.

Заключение

Считаем, что представленный проект интеллектуального автосимулятора является уникальным в своем роде, так как виртуальный мир этой системы позволяет любому желающему почувствовать себя настоящим экспериментатором в очень перспективных направлениях современного мира: автотранспорт, кибернетика и робототехника.

Предполагается развитие программного продукта в следующих направлениях: увеличение типов объектов окружающего мира, увеличение реалистичности моделирования механики автомобиля, моделирование повреждений автомобиля при столкновениях. Возможно, в скором времени будут проводиться соревнования виртуальных авто-роботов.

Литература

1. Основные возможности технологии NVIDIA PhysX [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://developer.nvidia.com/object/physx_features.html, свободный.
2. Интеллектуальные сенсоры [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/hardware/intsensor/s/1/>, свободный.
3. Описание интерпретируемого языка программирования Lua [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Lua>, свободный.

ПРОВЕРКА ПОЛУЧАЕМЫХ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

А.С. Серый, Е.А. Сидорова
Институт систем информатики им. Еришова СО РАН
32112.alien@gmail.com

Введение

В ряду проблем компьютерной лингвистики довольно актуальной представляется задача автоматического извлечения знаний из представленных документов. В настоящее время существуют различные инструменты [1] для сканирования текстовых корпусов и наполнения базы данных выделенной полезной информацией. В то же время, современные подходы не решают задачу проверки полученных данных при наполнении БД. Однако отсутствие такой проверки может повлечь за собой перегруженность базы данных устаревшей, дублирующейся или противоречивой информацией.

В данной статье предлагается подход к автоматизации наполнения информационной системы данными, полученными в результате автоматической обработки естественно-языковых ресурсов. Все извлекаемые из текста данные унифицируются в виде множества объектов, описывающих значимую информацию. Для решения задачи необходимо каждому такому объекту однозначно сопоставить объект из БД, т.е. идентифицировать его, либо выяснить, что он уникален.

Методика идентификации данных

В качестве информационных систем рассмотрим информационные системы под управлением онтологии [2]. Каждый информационный объект соответствует некоторому понятию онтологии и имеет заданную им структуру. Между конкретными информационными объектами могут существовать связи, семантика которых определяется отношениями, заданными между соответствующими понятиями онтологии.

Ключевым для предлагаемого метода идентификации данных является понятие *фокусного множества*. Фокусное множество включает все экземпляры отношений, с помощью которых текущий объект непосредственно связан с другими входными объектами. При этом множество отношений разбивается на подмножества связей с идентифицированными и требующими идентификации объектами. Основой метода является построение фокусных множеств для найденных в тексте объектов и сопоставление с фокусными множествами объектов, уже содержащихся в базе данных информационной системы.

Процесс идентификации включает в себя следующие этапы:

- Поиск различных экземпляров одного объекта;
- Точный поиск;
- Поиск похожих объектов;

- Поиск фокусными множествами.
Теперь подробнее об этих этапах.

Поиск различных экземпляров одного объекта. Различные экземпляры (или вариации) одного объекта могут быть созданы в случае референции к уже упомянутому ранее объекту. Под референцией понимается отнесённость актуализованных (включённых в речь) имён, именных групп или их эквивалентов к объектам внеязыковой действительности (референтам, денотатам) [3]. Объект-дублер, порожденный в результате референции, может быть обнаружен по некоторым признакам (отсутствие атрибутов, связей с другими объектами и т.д.). Объект, удовлетворяющий одному из признаков, считается потенциальным дублером и сравнивается с несколькими ближайшими объектами классов того же иерархического дерева. Если два объекта после сравнения признаны вариациями одного и того же объекта, то информацию, содержащуюся в них, следует объединить в одном объекте.

Точный поиск. В силу определения фокусного множества, для применения основного алгоритма необходим некоторый стартовый список идентифицированных объектов. Поэтому для каждого входного объекта в базе данных проводится поиск объектов, имеющих идентичный набор ключевых атрибутов. Под ключевыми атрибутами понимается набор атрибутов, однозначно идентифицирующий объект в информационном пространстве. У каждого объекта информационного пространства этот набор полностью определен, чего нельзя утверждать о входных объектах. Те из них, для кого был найден лишь один соответствующий объект БД, считаются идентифицированными. Если входной объект имеет полностью определенный набор ключевых атрибутов, и нет однозначного соответствия ни с одним из имеющихся в базе данных, то он также является идентифицированным, но не участвует в построении фокусных множеств. Такой объект является новым и вносится в информационную систему как есть, а не как уточнение одного из старых объектов.

Поиск похожих объектов. На этом этапе для входного объекта строится список наиболее похожих на него объектов БД. Построение осуществляется путем сравнения текущего входного объекта с объектами базы данных по различным подмножествам атрибутов. Пусть $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – набор атрибутов рассматриваемого объекта (РО). На первом шаге из базы данных выбираются объекты, имеющие хотя бы один атрибут вида a_i с таким же значением. Если

результатом этого шага является пустой список, то на основе имеющейся информации идентифицировать РО невозможно. Далее, i -й шаг представляет собой выбор объектов БД, имеющих совпадения с РО по любому набору из i атрибутов. Мощность списка найденных объектов БД может становиться только меньше от шага к шагу. За окончательный результат принимается результат i -го шага при условии $i < n$ и результат шага $(i+1)$ – пустое множество. Последним возможным шагом алгоритма является n -й шаг – проверка совпадений по всем атрибутам из множества $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. Если алгоритм не остановился ни на одном шаге $i < n$, то после n -го шага выбирается список минимальной положительной мощности. Это и будет список наиболее похожих объектов.

Поиск фокусными множествами. Этот этап является основным в процедуре идентификации. Общий принцип его работы можно кратко описать следующими шагами:

1. Входной список объектов делится на два подсписка, A и B – идентифицированных и неидентифицированных объектов соответственно.
2. Для каждого объекта $b_i \in B$ строится фокусное множество $F_i = \langle b_i^I, b_i^{II} \rangle$ – пара множеств отношений, связывающих b_i с объектами подсписков A и B соответственно.
3. Из списка наиболее похожих объектов, поочередно удаляются объекты, имеющие 1 связи из множества b_i^I , до тех пор, пока мощность его не достигнет 1 ($1 = 0, 1, 2, \dots$). В случае если этого не произошло, объект b_i не может быть идентифицирован по имеющейся о нем информации.
4. Пусть объект b_i был идентифицирован на предыдущем шаге. В этом случае он переносится в подсписок A , все связи вида $\langle b_i, b_j \rangle \in b_j^{II}$ переносятся во множество b_j^I , а объекты b_j анализируются даже в том случае, если ранее уже были рассмотрены и информации оказалось недостаточно для их идентификации.

Понятия онтологии находятся в иерархической связи друг с другом («общее-частное»). Если объект не был идентифицирован, то можно сделать

предположение о неточности указания его онтологического класса и расширить область поиска на экземпляры всех классов его иерархического дерева. Необходимо определить как классы-наследники, так и классы-родители. Глубина поиска по иерархии понятий может регулироваться в зависимости от количества входных объектов и требований производительности.

Использование иерархических связей по отношению «часть-целое» возможно в случае, когда объект подчинен другому объекту и имеет сложную структуру, представленную линейными цепочками наименований, совокупность которых образует дерево (множество деревьев) информационных объектов. Для идентификации такого объекта нужно восстановить иерархию вложенности объектов.

Заключение

Описанный метод применяется при разработке сервисов анализа документов для информационного ресурса «Хроники СО АН» [4] и портала знаний по компьютерной лингвистике. В дальнейшем планируется ограничить время работы самых затратных алгоритмов (в частности, алгоритма поиска похожих объектов) и частично абстрагировать процедуру идентификации от структуры онтологии информационной системы.

Литература

1. Официальный сайт компании RCO. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rco.ru/>, свободный.
2. Сидорова Е.А., Загорулько Ю.А., Кононенко И.С., Семантический подход к анализу документов на основе онтологии предметной области. Труды международной конференции «Диалог 2006» Московская область: 2006. С. 468-473.
3. Лебедев М.В., Черняк А.З., Онтологические проблемы референции. М.: Праксис, 2001.
4. Кононенко И.С., Сидорова Е.А., Подход к извлечению фактов из текста на основе онтологии. Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: По материалам ежегодной Международной конференции «Диалог 2009». Вып. 8 (15). М.: РГГУ, 2009. –С. 451-457.

ПРИМЕНЕНИЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ КОХОНЕНА ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЕМ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Д.В. Девярых
Томский политехнический университет
moonstafari@gmail.com

Введение

Для медика, принятие решения об отнесении больного к той или иной группе риска является важной задачей. Такое разделение больных на группы позволит подбирать индивидуальную методику лечения для пациентов.[6] К сожалению, не существует объективного индивидуального показателя, отражающего состояние здоровья, а имеющиеся процедуры диагностики состояния пациента слишком длительны и дороги.

Существующее программное обеспечение по большей части решает задачи автоматизации сбора, хранения и упорядочивания различной информации о пациентах. При этом имеющихся на данный момент специализированных программных средств, помогающих врачам обрабатывать собранную информацию и принимать решения, явно не достаточно. Такая ситуация обуславливает интерес к методам классификации данных.

При использовании статистических методов классификации, можно столкнуться с проблемой нехватки данных, так как эти методы хорошо работают при достаточном их количестве. [1]

Активно развивающееся, в последнее время, метода анализа данных с помощью нейросетевых технологий могут решать задачи классификации данных. Одним из таких методов, позволяющим автоматизировать все эти действия по поиску закономерностей является метод анализа с использованием самоорганизующихся карт Кохонена.

Отсюда вытекает цель: Исследовать возможности анализа данных с использованием самоорганизующихся карт Кохонена на примере кластеризации детей с заболеваниями щитовидной железы.

Данные о пациентах с заболеванием щитовидной железы были предоставлены томским НИИ Курортологии и Физиотерапии. Объектами исследования являлись 120 детей обоего пола от 7 до 15 лет с заболеваниями щитовидной железы. Для каждого пациента были получены данные о химическом и гормональном составе крови до и после лечения. Из этих данных с помощью метода Парето были выделены 6 наиболее информативных.

Искусственные нейронные сети

Существуют задачи анализа данных, которые с трудом можно представить в математической, числовой форме. Это случай, когда нужно извлечь данные, принципы отбора которых заданы нечетко: например разделить больных по степени тяжести заболевания, предсказать состояние здоровья в будущем. Наиболее очевидным является применение методов математической статистики.

Но тут возникает проблема с количеством данных, статистические методы хорошо работают при большом объеме априорных данных, а у нас может быть ограниченное их количество. При этом статистические методы не могут гарантировать успешный результат. [2]

Другим путем решения этой задачи может быть применение нейронных сетей, которые можно обучить на имеющемся наборе данных. В этом случае в качестве исходной информации используются данные о ферментативном составе крови, а в качестве целевого поля – состояние здоровья.

Но при использовании описанных выше методов мы навязываем результат, не пытаемся найти закономерности в исходных данных. В принципе все больные похожи друг на друга хотя бы тем, что они больны. Значит, в их состоянии должно быть что-то более общее, что привело их к этому итогу. Значит, можно попытаться найти эти закономерности с тем, чтобы использовать их в дальнейшем. И тут перед нами возникает вопрос о том, как найти эти закономерности.

Однако существует метод, позволяющий автоматизировать все эти действия по поиску закономерностей – метод анализа с использованием самоорганизующихся карт Кохонена. Рассмотрим, как решаются такие задачи и как карты Кохонена находят закономерности в исходных данных.

Самоорганизующиеся карты Кохонена

Это одна из разновидностей нейросетевых алгоритмов. Основным отличием данной технологии от нейросетей, обучаемых по алгоритму обратного распространения, является то, что при обучении используется метод обучения без учителя, то есть результат обучения зависит только от структуры входных данных. Нейронные сети данного типа часто применяются для решения самых различных задач, от восстановления пропусков в данных до анализа данных и поиска закономерностей, например, в медицинской задаче.

Алгоритм функционирования самообучающихся карт (Self Organizing Maps – SOM) представляет собой один из вариантов кластеризации многомерных векторов.

Предварительная обработка входных векторов

Весьма желательно (хотя и не обязательно) нормализовать входные векторы перед тем, как предъявлять их сети. Это выполняется с помощью деления каждой компоненты входного вектора на длину вектора. Эта длина находится извлечением квадратного корня из суммы квадратов компонент вектора.[6] В алгебраической записи

$$x'_i = \frac{x_i}{\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}}$$

Это превращает входной вектор в единичный вектор с тем же самым направлением, т. е. в вектор единичной длины в n-мерном пространстве.

Выбор программной среды

Deductor Studio – аналитическое ядро платформы Deductor. Deductor Studio содержит полный набор механизмов импорта, обработки, визуализации и экспорта данных для быстрого и эффективного анализа информации. Реализованные в Deductor Studio механизмы позволяют в рамках одного приложения пройти весь цикл анализа данных – получить информацию из произвольного источника, провести необходимую обработку (очистку, трансформацию данных, построение моделей), отобразить полученные результаты наиболее удобным образом (OLAP, таблицы, диаграммы, деревья решений) и экспортировать результаты на сторону.

Реализация

Deductor Studio позволяет настраивать следующие параметры сети:

Значение столбцов(входное, выходное, информационное); Способ разделения данных на обучающую и тестирующую выборки; Количество нейронов выходного слоя(так как нейроны выходного слоя располагаются в двумерном пр-ве, настраивается как число нейронов по оси X, так и по оси Y); Способ начальной инициации карты; Радиус обучения в начале и в конце процесса обучения; Скорость обучения в начале и в конце процесса обучения. [3]

Экспериментально подобрав параметры SOM Кохонена, была получена ИНС, способная кластеризовать данные на 4-5 классов. Результат работы SOM Кохонена представляется в виде следующих карт.

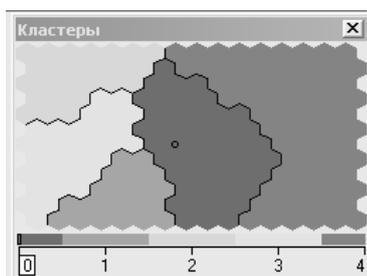


Рис. 1. Результат кластеризации

Как видно из рисунка, Deductor Studio разделил пациентов на 5 групп. При наведении курсора на каждый кластер можно получить информацию о составе каждого кластера. Также программа позволяет предоставить данные, позволяющие интерпретировать полученные результаты. Более подробные результаты представлены в приложении.

Карты Кохонена могут быть интерпретированы следующим образом:

Карта «Кластеры» описывает унифицированную матрицу расстояний между

каждым нейроном и его ближайшими соседями. [3] Узлам, резко контрастирующим со своей окрестностью, соответствует черный цвет, а участкам, носящим характер "сглаженного плато", – белый. Группу ячеек, расстояние между которыми внутри этой группы меньше, чем расстояние до соседних групп, определим как кластер. Можно выбрать любую переменную исходной таблицы и отобразить ее в виде карты. Эти карты представляют собой проекции матрицы расстояний на соответствующую компоненту.

Заключение

Кластеризации подверглись данные о пациентах с заболеванием щитовидной железы. Отдельно были кластеризованы данные до лечения и после лечения. Результаты кластеризации могут быть использованы для оценки эффективности лечения. Экспертами из томского НИИ Курортологии и Физиотерапии были предоставлены данные об оценке степеней тяжести заболевания, для каждого пациента. В результате сравнения результатов кластеризации данных и экспертных оценок состояния здоровья, можно сделать вывод о том, что автоматизация процессов оценки и прогнозирования состояния здоровья с помощью искусственных нейронных сетей представляется возможной. В дальнейшем планируется исследование различных типов искусственных нейронных сетей для решения задач медицинской диагностики.

Литература

1. Васильев В.И., Жернаков С.В. Диагностика состояния авиационных двигателей с использованием нейронных сетей.//Нейрокомпьютеры: разработка, применение. №10, 2007
2. Куравский Л.С., Баранов С.Н., Буланова О.Е., Кравчук Т.Е. Нейросетевая технология диагностики патологических состояний по аномалиям электроэнцефалограмм.// Нейрокомпьютеры: разработка, применение. №4, 2007
3. Официальный сайт компании DocsVision [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.basegroup.ru>, свободный
4. Цой Ю.Р., Спицын В.Г. Эволюционный подход к настройке и обучению искусственных нейронных сетей.// Нейроинформатика. №1, 2006
5. Курейчик В.М., Родзин С.И. Эволюционные алгоритмы: генетическое программирование. Обзор // Известия РАН. ТиСУ, 2002, № 1, с. 127-137.
6. Степанова Е.И., Нарциссов Р.П., Кочегуров В.А., Константинова Л.И. Прогнозирование здоровья детей раннего возраста. Изд. Томского Университета, Томск, 1987. -156с

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ В ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ АСУ ТП

И.С. Цевменкова, А.Е. Карелин, А.А. Светлаков
Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники
iriskis@sibmail.com

Введение

Наряду с теоретической частью процесса обучения специалистов в области автоматизации технологических процессов важную роль, как и в любой другой сфере деятельности, играют практические занятия, дающие навыки работы с современным оборудованием [1]. В процессе подготовки кадров и повышения квалификации специалистов на производстве, где используются сложные автоматизированные системы управления аварийно-опасными технологическими процессами особенно важным является подготовка специалистов в условиях максимально приближенным к реальным. Это возможно реализовать посредством тренажерных комплексов, которые сейчас получают все большее распространение и на отечественных предприятиях.

Вопросами разработки концептуальных решений, структуры, отдельных элементов тренажерных комплексов для обучения управлению технологическими процессами на данный момент занимается большое количество научных сотрудников. Но хотелось бы уделить особое внимание проблеме оценки качества обучения, так как этот вопрос в области разработки тренажерных комплексов в настоящее время почти не освещается.

Общие сведения о концепции тренажера для подготовки операторов АСУ ТП

Если говорить о тренажере как о средстве подготовки операторов и производственного персонала, то в это понятие следует вкладывать более обширный круг решаемых задач. В рамках данных представлений сформулируем основные задачи, которые позволит решить проектируемый тренажер:

- обучение операторов и производственного персонала технологических объектов трубопроводного транспорта;
- наладка и испытания, вновь создаваемых систем контроля и управления технологическими объектами трубопроводного транспорта;
- проверка новых алгоритмов управления технологическими процессами трубопроводного транспорта.

Также необходимо учитывать, что экономическая эффективность тренажера будет тем выше, чем больше его функциональность. Поэтому немаловажно наличие дополнительных функций, позволяющих повысить конкурентоспособность данного продукта:

- анализ потенциальной опасности промышленных объектов, отработка действий

по возвращению к нормальным условиям при аварийной ситуации и способов ликвидации последствий аварий;

- исследование режимов работы процесса в разнообразных условиях, проверка работы системы управления, оптимизация технологического процесса и АСУ ТП;
- использование созданной для тренажера модели для проверки и настройки технических средств автоматизации;
- прогнозирование параметров безопасного и оптимального функционирования действующего технологического процесса (далее ТП) [2].

Проблема оценки качества обучения в тренажерных комплексах

Безусловно, основной функцией тренажерных комплексов для подготовки операторов АСУ ТП должно быть обучение персонала навыкам работы по управлению определенным технологическим процессом (включая отработку внештатных и аварийных ситуаций, изменение режима технологического процесса). Таким образом, целесообразно проработать данную функцию более детально и качественно, обращая внимание не только на построение процесса обучения, но и на оценку этого обучения.

В современных зарубежных тренажерных платформах, например Honeywell [3], существуют программные средства для осуществления мониторинга и оценки процесса обучения. В отечественных аналогах оценка качества обучения в основном сводится к автоматизированному протоколированию действий оператора, генерации отчетов и ведения статистики.

Например, в режимном тренажере диспетчера «Финист» предусмотрена автоматизированная поддержка оценивания результатов тренировки, в которой итоговая оценка результатов проведения тренировок выставляется инспектирующим лицом. Данный инструментарий представляет собой журнал, на основании которого судья может дать итоговую оценку. Судья заполняет журнал автоматизированными средствами в ходе тренировки. Записи могут быть нескольких типов: замечания, нарушения, оценка, которые могут быть связаны с принятой бальной системой оценивания тренировки. Реализованы средства генерации отчетов и ведения статистики интегральных показателей эффективности предпринятых в ходе тренировки действий [4].

В автоматизированных системах обучения, входящих в состав многофункционального компьютерного тренажера КТК-М, процесс оценки

обучения происходит посредством проведения тестирования и сравнения ответов, данных обучаемым с правильными ответами.

Как видно, в рассмотренных тренажерных платформах (и в ряде других, проанализированных ранее) отсутствует системный подход к оценке качества получаемых знаний и используются достаточно примитивные методы оценки. При создании многозадачного универсального тренажера для подготовки операторов АСУ ТП следует выделять отдельную подсистему оценки качества обучения с распределенной архитектурой, жестко связанную с остальными подсистемами (рисунок 1).

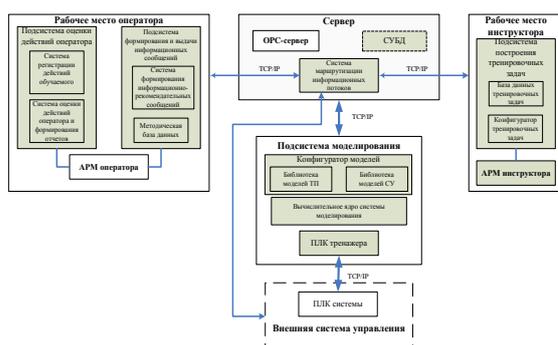


Рис. 1. Структура тренажера с подсистемой оценки качества обучения

По традиционной схеме, данная подсистема должна протоколировать процесс обучения, и программно оценивать действия обучаемого по заранее заданным критериям. Для большей информативности необходимо получать данные с подсистемы построения тренировочных задач об основных технических параметрах, в соответствии с которыми построен текущий сценарий обучения. Результаты можно представлять в виде графиков, статистической информации и общей оценки в форме отчетного документа, который получает как обучающийся, так и инструктор. Таким образом, при такой структуре оценивания становится возможным не только максимально автоматизировать, но и формализовать процесс обучения и подведения итогов

Одним из ключевых моментов предложенной концепции являются критерии оценки. Данные критерии можно сформировать на основе технических регламентов по управлению технологическими процессами и рабочих документов, в которых указаны основные

технологические параметры нормального, предаварийного и аварийного состояний объектов управления [5]. Но при создании универсального тренажера критерии не должны быть жестко привязаны к определенному технологическому процессу, поэтому следует выделить более общие характеристики, свойственные большинству технологических процессов. Одни их таких, например, максимальные отклонения от нормируемых значений основных показателей объекта управления (давление, температура, напряжение и т.д.), факт возникновения аварийных ситуаций на объекте управления по вине обучающегося, максимальная продолжительность аварийной ситуации, правильность выполнения действий при возникновении внештатных ситуаций и т.д. Также при оценивании следует учитывать и такие критерии, как время, затраченное на отработку типового сценария, частота использования методического материала и другие.

Заключение

Таким образом, получив возможность быстрой и эффективной оценки обучения, станет возможным не только ускорить процесс обработки данных о действиях обучаемого, но и формализовать этот процесс с дальнейшей возможностью на более качественном уровне проводить аттестацию специалистов, работающих в сфере автоматизации технологических процессов.

Литература

1. Медведев Р.Б., Евтушенко А.А., Сангинова О.В. Учебный стенд на базе оборудования компании HONEYWELL//Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №4/2 – С.52-56.
2. Цевменкова И.С., Карелин А.Е. Прототип тренажерного комплекса для операторов АСУ ТП//Материалы молодежной научно-практической конференции «Средства и системы автоматизации». – 2010.
3. Официальный сайт компании Honeywell [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://honeywell.com/>
4. Режимный тренажер диспетчера «Финист». Брошюра. 2008 г. – 8с.
5. РД-35.240.00-КТН-207-08. Руководящий документ. Автоматизация и телемеханизация магистральных нефтепроводов. Основные положения. Утвержден 20.10.2008 г. – 153с.

WEB-SERVICE PROVIDER FOR MEDIUM AND SMALL BUSINESS

J. Nardiello, V. Sokolova

*Polytechnic University of Milano, Tomsk Polytechnic University
me@jacoardonardiello.com*

Introduction

Internet keeps growing despite the recent world-widespread crisis and increasingly it influences our daily life. In Business-to-Costumers (B2C) there are 3 main driving areas: Social Networks, E-Business and Mobile Applications.

Social Networks have represented complexity of human relations and created, for the first time since internet exists, a well-defined digital identity for each of us. Web and Mobile Applications allow us to be connected no matter where we are or what we are doing.

E-Business is getting us used to a more abstract concept of value without an immediate physical counterpart.

In the present situation there are 2 main actors: users and multinational/big companies. Big companies use to invest a lot of resources in terms of money and technical competences to develop new tools and services for final users, users employ these tools to develop their own social network (Facebook, Vkontakte, Twitter, etc..) or to develop activities which contribute to value creation for the service provider itself (Amazon, Ebay, Online publishing and advertising).

Within this context professionals, freelancers and medium/small companies are completely excluded. They do not have either technical or financial resources to develop custom web solutions to provide web services to their customers.

They are obliged to use third party services which almost always have following disadvantages:

1. They have a too general purpose, not specifically developed for business and professionals needs.
2. Different services from different companies can't complement each-other.
3. They still require a lot of technical and professional qualities in order to be used properly.
4. They are usually very expensive.

We want to develop a web platform integrated with existing social networks that will allow companies to deliver specific services to their customers at no costs and without requiring any technical skill.

This web platform will be actually engineered as a framework composed of: a software core, database, Application Programming Interface (API) and website.

The core idea: service links

We have chosen a modular way of building the service. Conceptually we have to define a new kind of node (intended as a set of data), with its own methods which will allow it to interact with service modules and with third party programs via API.

Services (booking service, Cloud-based documents archive, contact list, simple static website, etc.) will be built as modules with which nodes will interact. Here is

a preview of the general structure of the web application (fig. 1).

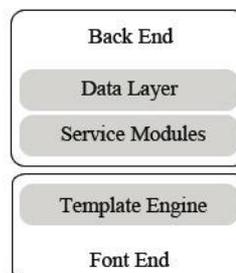


Fig. 1. Web application general structure

Nodes are defined in the Data Layer and they can be accessed by service modules which can read, modify and delete data from the database.

The Template engine is the layer which is responsible to create a proper Front End layout for the user which will connect to the service.

A node is a collection of data which contain main information about the company, the professional or the user (see fig. 2).

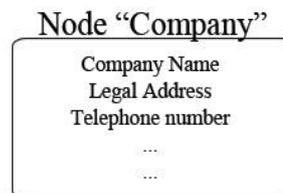


Fig. 2. Example of node

This collection of data can be created from the scratch using the website itself or by importing required information from an existing social network, such as Facebook or Vkontakte.

There are 2 kinds of nodes:

1. "Node Company" which contains all the official data of the company such as name, legal address or tax number.
2. "Node People" represents a real existing person. This node, once connected to a Company node, will define a professional. When it is not connected to a company directly it will be just a usual User profile which is able to use but not to provide any service.

Relations or Connections between nodes are basically the definition of the so called "Service Link". Exactly like Facebook or Vkontakte, in order to get connected to a Professional the User must send a request which can be automatically or manually accepted. Once the connection between two nodes is established the user can fully access to all the service-modules the professional is using. For example Users will be able to book appointments with their Lawyer or to access documents in their shared folder.

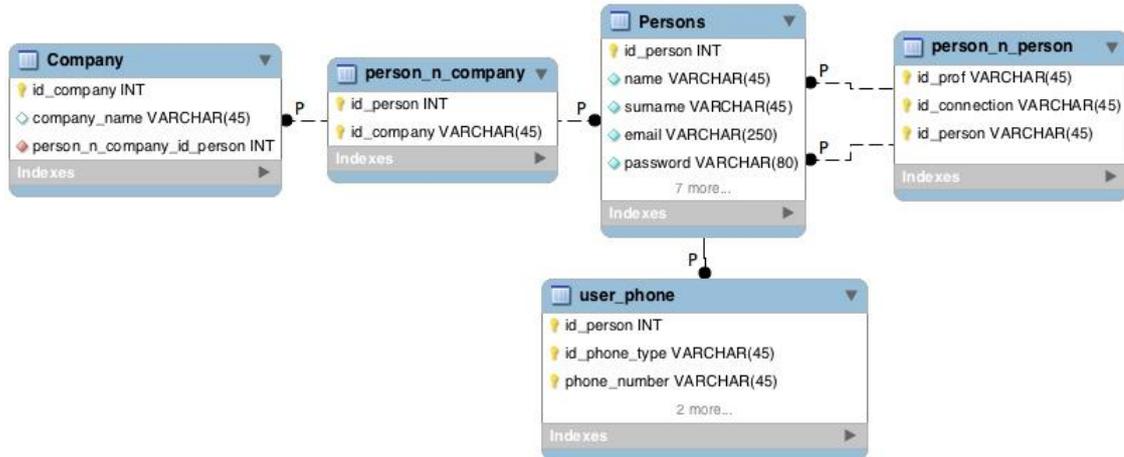


Fig. 3. Part of the data structure

Database development technologies

As a first step, the database will be developed using MySQL with InnoDB storage engine.

MySQL is a powerful open source RDBMS developed by Oracle. It is based on the relational paradigm and supports (thanks to InnoDB) full data integrity.

Data integrity is one of the main priorities of this project. As far as it will manage a lot of sensible and important personal data no redundancy, no data conflicts nor inconsistency are allowed.

The data structure was developed using the relational paradigm. We have developed a E-R model of the whole data structure according to first, second, third, fourth and fifth normal forms for relational databases.

For each table we have defined a primary key, which can be simple or composite, and some foreign keys which relate tables between each other assuring data consistency.

There are 3 elements represented: The table related to the Node Company and some tables defining the User Node. Nodes are related to each other using 1:M connection tables. Each node is composed by a main table containing mandatory data for the node such as a name or surname, additional optional informationis contained in external tables connected with the main table by foreign keys.

Software development: technologies and paths

The web application will be developed in PHP 5, a server-side programming language. We have chosen this language for different reasons:

1. Is very wide-spread, which it means a lot of documentation is available.
2. It provides full MySQL support and integration.
3. It's free and doesn't require any license nor additional costs.
4. It's cheap to find servers supporting it.
5. PHP 5 supports Object Oriented Programming (OOP).

It's important to underline the last characteristics as it introduces the development approach and path. The whole web application will be developed using the so called "Object Oriented approach".

As explained previously, the aim is to keep different abstraction layers in order to provide a high level of modularity. Conceptually we have nodes structures which define the core level of the service, which is the basis for other independent services. This will keep a high level of scalability.

Third party services: integrability

PHP allows high integrability with third party services. All main social networks and services nowadays provide API to access their data structure and all of them have a specific API for PHP. Facebook allows to develop in PHP specific applications which can be integrated within the Facebook pages, in a way that lets us deliver services not only by the web application main website but also within Facebook or Vkontakte themselves.

Business model

As we have seen, the main goal of this project is to provide an easy, low cost, high interoperability system to small and middle enterprises allowing them to use internet not only to promote their own activities but also to provide actual services that will rise the overall quality.

This project has also a clear Business Model that will allow in a short time to reach the break-even point and to become economically independent from third party investors.

Conclusion

Unfortunately the configuration PHP&MySQL is absolutely not able to manage large numbers of requests/connections per second. High loaded systems have to be built using a different approach. The system will be integrated with a NODE.JS engine, a server-side javascript programming framework which has proved to be absolutely reliable and optimized for high loaded systems.

СИСТЕМА ПРОВЕРКИ СТУДЕНЧЕСКИХ РАБОТ НА ПЛАГИАТ

Р.А. Булдыгин, В.Н. Вичугов
Томский политехнический университет
buldo@tpu.ru

В связи с активным использованием в учебном процессе компьютерной техники проблема взаимного копирования работ в студенческой среде стала особенно актуальной. Встречаются случаи, когда две студенческие работы отличаются лишь фамилиями на титульном листе. С целью решения данной проблемы была поставлена задача разработать программное обеспечение, позволяющее проверять студенческие работы (отчеты по лабораторным работам, курсовые, рефераты) на плагиат между собой.

На сегодняшний день наиболее распространенной на российском рынке системой проверки текстов на заимствования является сервис antiplagiat.ru [1]. Данная система достаточно хорошо справляется с поиском заимствований из открытых сетевых источников для таких типов работ, как сочинения, рефераты или научные статьи. Для проверки отчетов и курсовых база сервиса излишне обширна, к тому же отчеты, в отличие от научных статей, необходимо сравнивать друг с другом, а не с различными материалами, находящимися в открытом доступе в сети, так как курс лабораторных работ или задания для курсовых чаще всего уникальны для каждого. К тому же система antiplagiat.ru работает через веб интерфейс, что не лучшим способом сказывается на удобстве и скорости работы с ней, особенно при необходимости проверки многих работ за короткое время. Так же стоит отметить, что данная система является платной.

В результате поиска систем проверки текстов на заимствования были найдены отдельные программные решения, позволяющие сравнивать тексты. Но в большинстве своем они позволяли сравнивать только два файла в один момент времени. В связи с отсутствием подходящих решений проверки на заимствования была поставлена задача разработать программную систему проверки студенчески работ на плагиат. Основными требованиями при постановке задачи были удобство работы и приемлемая точность сравнения документов.

С точки зрения пользователя программа работает следующим образом: при первом запуске выводится окно выбора рабочей папки (рис.1). Рабочая папка – это папка, в которой будут храниться студенческие работы и которая будет сканироваться на факт появления новых работ.

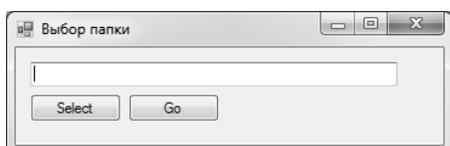


Рис. 1. Окно выбора рабочей папки

Для проверки работы на заимствования пользователю необходимо всего лишь скопировать файл с работой в рабочую папку. Сверка текстов производится в фоновом режиме. Если заимствования из других документов, хранящихся в рабочей папке, превысит установленный порог, пользователю будет выведено сообщение, в котором будет указан процент совпадений и файл, с которым совпадает проверяемый документ (рис.2).

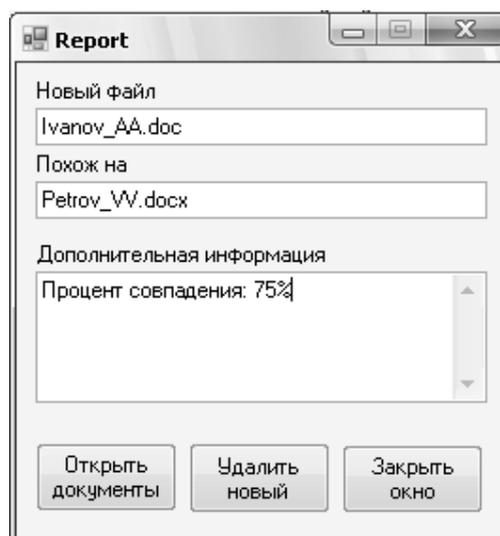


Рис. 2. Сообщение о заимствованиях

Дальнейшее поведение программы предполагается сделать настраиваемым, например, предусмотреть возможность автоматического удаления из рабочей папки новых документов с обнаруженными заимствованиями.

При разработке системы в качестве языка программирования был выбран язык C# и библиотека .Net 4.0. Данный выбор обусловлен простотой и высокой скоростью разработки на данном языке с данной библиотекой. Единственной частью проекта, не входящей в библиотеку .Net, является программный интерфейс Word API, являющийся частью офисного пакета Microsoft Office.

Работа программы происходит по следующему алгоритму. Программа сканирует заданную пользователем папку на предмет появления в ней нового файла. Как только новый файл появляется в папке, происходит его открытие, анализ и занесение в базу данных. Если при анализе файла установлено, что он похож на какой-либо из уже находящихся в папке файлов, то пользователю выводится соответствующее сообщение.

Отслеживание состояния выбранной папки происходит с помощью класса FileSystemWatcher, позволяющего получать информацию об изменениях, происходящих с файлами в папке. В данном случае он настроен на вызов события при

создании файла в папке. Это событие так же отслеживает перемещение или копирование файла в папку. При возникновении данного события происходит создание объекта Microsoft Word, в котором открывается добавленный документ. На следующем шаге происходит анализ текста и поиск дубликатов.

Для анализа текста используется метод шинглов [2]. Алгоритм анализа текста состоит из следующих этапов:

1. канонизация текста;
2. разбиение текста на шинглы;
3. нахождение контрольных сумм;
4. поиск одинаковых последовательностей.

Изменение даже одного символа в тексте приводит к изменению значения контрольной суммы. Поэтому необходимо в первую очередь провести канонизацию текста, которая заключается в удалении первой страницы текста с титульным листом работы, а также знаков препинания и предлогов. В данной системе предлогом считается любое слово с длиной меньшей или равной трем буквам. Побочным эффектом канонизации является удаление значимых слов длиной в три буквы. Последним этапом канонизации является приведение всех букв к нижнему регистру. Рассмотрим канонизацию двух похожих участков текста из студенческих работ: «В ходе лабораторной работы была создана IDEF3 модель процесса «Выкопать яму» и «В ходе лабораторной работы была создана IDEF3 модель процесса «Построить дом». После канонизации эти тексты будут выглядеть следующим образом: «ходе лабораторной работы была создана ideo3 модель процесса выкопать» и «ходе лабораторной работы была создана ideo3 модель процесса построить» Далее происходит разделение этой последовательности на шинглы – последовательности определенной длины. Разбиение на шинглы производится внахлест через одно слово. В данной системе каждый шингл состоит из 5 слов. Для рассмотренного примера система построит следующие шинглы:

Для первого текста:

1. ходе лабораторной работы была создана
2. лабораторной работы была создана ideo3
3. работы была создана ideo3 модель
4. была создана ideo3 модель процесса
5. создана ideo3 модель процесса выкопать

Для второго текста:

1. ходе лабораторной работы была создана
2. лабораторной работы была создана ideo3
3. работы была создана ideo3 модель
4. была создана ideo3 модель процесса
5. создана ideo3 модель процесса построить

На следующем этапе происходит хэширование каждого шингла по алгоритму MD5. Выбор хэширующей функции происходил между MD5 и SHA-1, так как их реализации уже есть в библиотеке .Net. Алгоритм MD5 был выбран в силу большей скорости работы (SHA-1 выполняется на 25% медленнее, чем MD5 на том же аппаратном

обеспечении) и меньшей длины получаемого ключа (128 бит против 160) [2]. Полученные на данном этапе хэши сравниваются с уже имеющимися в базе данных хэшами [3]. При превышении определенного количества совпадений формируется сообщение об обнаружении повторов, которое выводится пользователю.

Например, для рассмотренного выше примера будет высчитано по пять хэшей для каждого текста и из них четыре будут одинаковыми для двух участков текста. Из этого следует, что в данном тексте имеет место быть заимствование.

В качестве СУБД для системы была выбрана MSSQL Server CE, т.к. она встраивается в приложение, что позволяет не устанавливать отдельный SQL сервер на рабочую машину. Такое решение позволит при необходимости с наименьшими изменениями адаптировать программу для работы с удаленным SQL сервером, в котором будет храниться общекафедральная база студенческих работ.

На данный момент система находится на заключительном этапе разработки. Разработка системы проходила параллельно с изучением возможностей языка C# и необходимых для реализации функционала программы функций библиотеки .Net.

На данный момент можно определить дальнейшие пути развития программной системы. В первую очередь – это модернизация алгоритма шинглов, апробирование возможности использования менее ресурсоемких методов супер- и мегашинглов. Следующий шаг – предусмотреть возможность выбора удаленной БД для хранения хэшей. Так же планируется внести изменения, улучшающие использование программы пользователем. Например, предусмотреть возможность просматривать совпадающие места двух документов.

Литература

1. Антиплагиат, вопрос-ответ[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.antiplagiat.ru/index.aspx?doc=faq>, свободный.
2. Сравнительный обзор алгоритмов PGP. Режим доступа: <http://www.pgpru.com/biblioteka/statji/sravnieljnjjjobzoralgoritmovpgp>, свободный.
3. Habradigest №7. Алгоритм Шинглов – поиск нечетких дубликатов текста[Электронный ресурс]. Режим доступа: http://habradigest.ru/hd/habradigest_07.pdf, свободный
4. Русский MSDN[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/default>, свободный.
5. Сравнительный анализ методов определения нечетких дубликатов для Web-документов[Электронный ресурс]. Режим доступа: http://download.yandex.ru_company_paper_65_v1.rtf, свободный.

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Дьячук И.П., Рыжый А.М, Михель Е.В

Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева
ppdyachuk@rambler.ru

Предлагается качественный анализ динамики учебной деятельности в обобщенных координатах обучаемости и обученности. Обучаемость определяется, как скорость продуцирования информации, а обученность, как информация, фактически полученная обучающимся в процессе научения. Для построения фазовых портретов учебной деятельности в качестве обобщенных координат мы будем использовать: относительную частоту правильных действий P и скоростью изменения этой частоты $\frac{dP}{dt}$. При этом, фазовые траектории устойчивой системы будут асимптотически приближаться к точке с координатами: $P=1$ и $\frac{dP}{dt}=0$ при неограниченном увеличении времени. Относительную частоту правильных действий P можно трактовать, как обученность деятельности по решению данного типа задач. Скорость изменения $\frac{dP}{dt}$ рассматривается как обучаемость.

Равновесный режим обучающейся системы (ОС) соответствует ситуации, когда ее состояние не изменяется во времени. В этом режиме у состояния не изменяется ни одна из ее «координат». В пространстве состояний системы ее равновесные состояния будут изображаться неподвижными точками. При обучении какой-либо целенаправленной деятельности можно выделить равновесное состояние, которое отвечает состоянию полной обученности этому виду деятельности. Для обучающихся в идеале должно быть одно равновесное состояние полной обученности. В этом состоянии обучающийся решает проблемы или задачи без ошибок в автономном режиме. Это означает, что он адаптировался к деятельности в проблемной среде.

Однако бывают ситуации, когда ОС имеет не одно равновесное состояние, а два и более. Это накладывает ограничения на достижение состояния полной обученности. Обучающийся в процессе движения по состояниям может попасть в промежуточное состояние, не отвечающее полной обученности. В этом случае он будет осуществлять деятельность с внешними ограничениями.

Квазипериодический режим характеризуется тем, что в системе возникают колебания внешней неэнтропии (информации) и внутренней энтропии деятельности. Причем эти колебания происходят со сдвигом фаз, аналогично колебаниям скорости и координаты в пружинном маятнике. Деятельность осуществляет не только обучающийся, но и та часть ОС, которая управляет его деятельностью. Именно она подает внешнюю информацию.

Таким образом, ОС – это обучающийся плюс внешний управляющий центр. Задача внешнего управляющего центра – подключать датчик внешней информации о расстоянии до цели [1]. Если ОС переходит в состояние полной обученности данному виду деятельности, то внешний управляющий центр не вмешивается в деятельность обучающегося. При этом, суммарный коэффициент обратной связи ОС будет равен нулю.

Исходя из экспериментальных данных, координаты P доля правильных действий и dP/dt скорость изменения доли правильных действий интегрировано описывают состояния обучающейся системы. Фазовые портреты ОС строятся диагностическим программным модулем на основе экспериментальных данных (файлов-протоколов) полученных при динамическом компьютерном тестировании [2].

Рассмотрим плоскость фазового пространства состояний ОС [2]. Фазовое пространство состояний обучающегося в предложенной системе координат

P и $\frac{dP}{dt}$ отвечает следующим условиям: $1 > P > 0.5$

; $\frac{dP}{dt} \in (-\infty, \infty)$. На рис. 1. приведены фазовые портреты, полученные экспериментально.

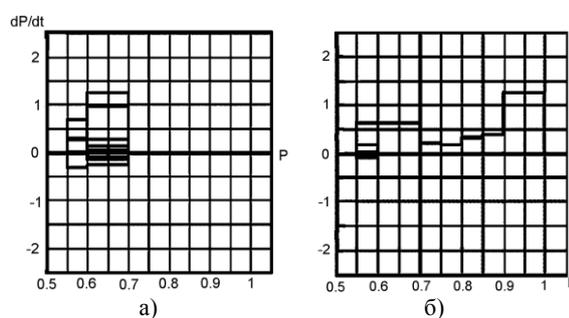


Рис. 1. Фазовые портреты учебной деятельности: а) обучающегося с НСО по математике; б) обучающегося достигающего полной обученности решению задач по математике. (Вертикальная ось dP/dt имеет цену деления $0,012c^{-1}$.)

Фазовые портреты получены из данных динамического компьютерного тестирования процесса научения решению задач по преобразованию графиков функций [3]. Из фазового портрета обучающегося – а) видно, что доля правильных действий P совершает квазиколебания от 0.5 до 0.7. При этом, положительная скорость $\frac{dP}{dt}$ с каждым колебанием увеличивается, а отрицательная скорость уменьшается. Обучающийся «зациклен» на внешнюю помощь и нуждается в, том чтобы внутренняя энтропия его учебных действий гасилась внешней информацией

в виде подключения датчика «расстояния до цели» Стоит ОС перевести его на более высокий уровень достижения и соответственно уменьшить частоту помощи, как он начинает совершать неправильные действия. Доля правильных действий уменьшается, и ОС переходит в состояние, отвечающее уровню ниже. Далее все повторяется. Очевидно, что обучающийся не может сделать обобщение алгоритма на все множество аналогичных задач. В этом случае наблюдается явление недостаточной обучаемости математике.

Фазовый портрет на рис. 1 – б показывает, что обучающийся в процессе обучения переходит в устойчивое равновесное состояние, соответствующее полной обученности. Траектория стремится к фокусу, то есть к точке $P=1$ и $\frac{dP}{dt}=0$.

В этом состоянии деятельность обучающегося по выполнению заданий строго упорядочена и безошибочна. Обучающийся на основе анализа и опыта сделал обобщения и продуцировал алгоритм решения задачи.

Для диагностики недостаточной специфической обучаемости (далее НСО) используют клинический метод динамической оценки [4]. Одна из первых таких качественных адаптаций процедуры тестирования получила название «тестирование пределов». При этой процедуре тестируемому могут даваться дополнительные сведения или подсказки. И чем больше подсказок требуется для удовлетворительного выполнения задания, тем больше выражена НСО.

С точки зрения фазового портрета ОС, состояние НСО соответствует «квазиустойчивым» предельным циклам. Понятие «устойчивость» применимо не только для оценки устойчивости равновесного состояния системы, но и для оценки характера движения системы.

Обучающийся, как динамическая система, обладающая разумом, имеет единственное устойчивое равновесное состояние, которое характеризуется полной обученностью выполнения деятельности по решению задач. Это состояние соответствует автономной стадии в решении проблем.

Выводы

Показано, что применение метода фазовых портретов позволяет интерпретировать экспериментальные данные динамического компьютерного тестирования и диагностировать индивидуальные различия учебной деятельности обучающихся. Установлено, что НСО математике возникает из-за необходимости достижения обучающимися индуктивного порога [5] или осуществления таких операций, как обобщение. Если же для осуществления деятельности достаточно запоминания (памяти), то рано или поздно испытуемые достигают автономности в выполнении заданий, то есть полностью адаптируются к проблемной среде.

Литература

1. Дьячук П.П. (мл.) Дьячук П.П., Николаева Ю.С. Компьютерная система управления поиском решения задач//Программные продукты и системы, №2, 2009, с. 128-130
2. Дьячук П.П. (мл), Дьячук П.П., Лариков Е.В. Динамика процесса обучения решению алгоритмических задач//Научный ежегодник КГПУ, 2003, С. 314-322
3. Дьячук П.П. Недостаточная обучаемость математике//23-ий Всероссийский семинар преподавателей математики университетов и педвузов «Актуальные проблемы преподавания математики в школе и в вузе», Челябинск, 2004, с. 156-158.
4. Анастаси Анна Психологическое тестирование / Анна Анастаси, Сюзан Урбина – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.: ил. – (серия «Мастера психологии»).
5. Люгер, Дж. Искусственный интеллект (стратегия и методы решения сложных проблем) //4 изд.: пер. с англ.- М.: "Вильямс", 2003. - 864 с.
6. Бортновский С.В., Пустовалов Л.В., Лариков Е.В. Использование метода фазовых портретов для диагностики уровня обученности//Межд. Журн. Управляющие системы и Машины, 2010, с. 57- 62
7. Дьячук П.П., С.В. Бортновский Динамическое тестирование процесса обучения//Моделирование неравновесных систем – 2004, с.53-54

ОБУЧАЕМОСТЬ, КАК СКОРОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ОБУЧАЮЩИМСЯ И УПРАВЛЯЮЩИМ ЦЕНТРОМ

Кудрявцев В.С., Ляцук А.А.

Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева
vladimirkudryavc@yandex.ru

Учебная деятельность – это особый способ развития обучающихся; это – особое свойство и способность человека, специфический вид и форма его жизненной активности направленный на изменение, прежде всего самого себя, на развитие способностей и интеллектуальных возможностей, на освоение новых видов деятельности, приобретение знаний, умений и навыков.

Структура системы действий обучающегося имеет сложный вид в силу разнообразия семантического смысла действий и порядка их выполнения. Однако если учитывать только синтаксическое значение данных о действиях обучающегося, то множество действий можно разделить на два подмножества: подмножество правильных действий (приближающих решение задачи) и подмножество неправильных действий (отдаляющих решение). В процессе научения решению задач доля правильных действий возрастает.

В начале обучения, когда энтропия деятельности обучающегося высока, недостаток внутренней информации компенсирует регулятор $Tg@cK$. Чем больше обучающийся накопил информации о способах решения задачи, тем меньше он нуждается в дополнительной информации. В этом случае $Tg@cK$ ограничивает функционирование датчика «Расстояние до цели», а на завершающем этапе обучения – отключает его.

Таким образом, показателем эффективности функционирования системы «Обучающийся – Проблемная среда» должно считать такой параметр, который отражал бы и состояние структуры системы действий обучающегося, и параметры проблемной среды при которых осуществлялась деятельность. Такая мера должна отражать уровень самостоятельности обучающегося.

Следуя работе [1], возьмем в качестве показателя эффективности функционирования обучающегося в проблемной среде при выполнении i -го задания коэффициент обратной связи, который с учетом двух контуров обратной связи принимает вид:

$$R_i^T = P_A^{i-1} \cdot P_B^{i-1} + P_A^{i-1} \quad (1)$$

где $P_A^i = \frac{N_1}{N_0}$ – доля неправильных действий

(N_1 – количество неправильных действий; N_0 – общее количество действий); P_B^i – относительная частота включения датчика «расстояние до цели». Индекс T в обозначении коэффициента обратной связи (указывает количество затраченного на

обучение времени на момент завершения выполнения i -го задания) позволяет рассматривать его как в масштабе выполненных заданий, так и по затраченному времени.

Целью функционирования системы $Tg@cK$ является достижение коэффициентом обратной связи нулевого значения.

Мера рассогласования между требуемой и реальной деятельностью обучающегося – значение функции ценности состояния – представлена в проблемной среде дискретным датчиком, отображающим систему уровней в диапазоне от 1 до 10. Благодаря этому датчику обучающийся имеет возможность осуществлять саморегулирование своей учебной деятельности.

Проблемная среда выступает в роли регулятора учебной деятельности $Tg@cK$. Она связана с обучающимся двумя линиями связи – прямой линией передачи управляющих сигналов от проблемной среды к обучающемуся и линией обратной связи, передающей в проблемную среду информацию о действительном состоянии деятельности обучающегося.

Обратная связь, реализуемая системой $Tg@cK$ поддерживает (усиливает) правильные действия обучающегося и угнетает неправильные. По мере научения относительная частота правильных действий возрастает, т. е. деятельность обучающегося становится самодостаточной и не нуждается во внешнем подкреплении. Благодаря этому потребность в датчике «расстояние до цели» снижается, и вероятность его появления уменьшается от 1 до 0.

Примером реализации изложенных принципов управления является пазловая проблемная среда «Аудиальные пазлы» с помощью которой проводилась диагностика учебной деятельности по конструированию музыкального объекта из фрагментов [2]. Задание состоит в сборке музыкального произведения из 7 фрагментов. Обучающийся может совершать три вида действий: 1 – прослушивание фрагментов (а так же прослушивание всего произведения и прослушивание уже собранной конструкции); 2 – установка выбранного фрагмента на рабочее поле; 3 – отмена установленного ранее фрагмента. Несмотря на то, что задание одно и то же, и потенциально проблемная среда одинакова для всех обучающихся, реальная проблемная среда зависит как от их поведения (учебной деятельности), так и от личности обучающегося. Это определяется тем, что поведение обучающегося является саморегулируемым и взаимосвязанным с проблемной средой и личностными особенностями обучающегося.

Научение проходит в итеративном режиме, т. е. обучающиеся повторяют конструирование объекта до тех пор, пока их деятельность не станет безошибочной.

Для определения особенностей функционирования системы «Обучающийся – Проблемная среда» следует рассматривать последовательность значений коэффициента обратной связи.

Экспериментально полученные зависимости коэффициента обратной связи $R_0(i)$ от номера задания i можно аппроксимировать функцией

$$R_0(i) = e^{-\alpha i} \quad (2)$$

где $i = 0, 1, 2, \dots$

На рис. 1 представлены экспериментальные данные коэффициента обратной связи для двух обучающихся, а так же графики аппроксимированных функций.

Для обучающегося №1 на рис. 1 - а сверху $\alpha = 16.8$, и для обучающегося №2 на рис. 1 - б снизу $\alpha = 1.8$. Обучаемость испытуемого под номером №1 значительно больше обучаемости испытуемого под номером №2.

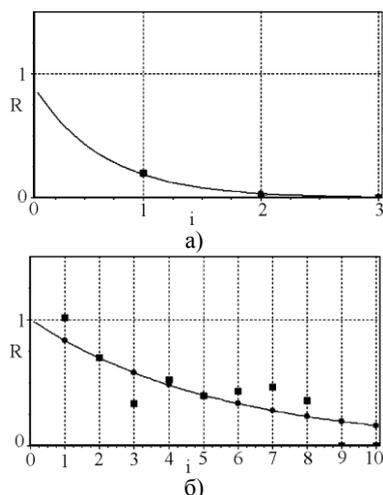


Рис. 1. Квадратами обозначены экспериментальные значения коэффициента обратной связи R_0 при i -ом задании. Линией обозначена аппроксимированная зависимость $R_0(i)$. Круглыми точками обозначены аппроксимированные значения R_0 при i -ом задании ($R_0(i)$ дискретная функция).

Для большинства обучающихся от задания к заданию P_A^i уменьшается, что делает структуру системы действий более совершенной, т. е. функция ценности состояния обучающегося возрастает, а значение суммарной обратной связи убывает. По мере научения недостаток внешней помощи (уменьшение P_B^i , затем отключение датчика расстояния до цели) компенсируется накопленными знаниями и деятельность обучающегося перестает нуждаться в регулировании. Такому положению

вещей соответствует уменьшение коэффициента обратной связи до нуля.

Некоторая часть обучающихся, успешно осуществляющих деятельность при повышенной частоте P_B^i (датчик расстояния до цели компенсирует внутреннюю неопределенность), при уменьшении частоты подкрепления совершают больше ошибочных действий и проблемная среда увеличивает P_B^i при выполнении следующего задания. Происходит колебание показателя общей эффективности функционирования регулятора $Tg@cK R_i^T$.

В эксперименте все обучающиеся достигают десятого уровня (безошибочной деятельности в отсутствие подкрепления). Но, приведенные на рис. 1 графики изменения коэффициента обратной связи показывают, насколько разным может быть процесс научения решению задач в проблемной среде.

Выводы

Предлагаемая система автоматического управления учебной деятельностью, состоящая из проблемной среды, включающей систему автоматического регулирования $Tg@cK$, снимает структурный дисбаланс между желанием обучающегося обучиться решению проблемы и несовершенством структуры системы действий.

Система автоматического управления учебной деятельностью содействует процессу саморегуляции деятельности обучающегося, количественно определяет функции вознаграждения, позволяет измерить скорости изменения коэффициента обратной связи (обучаемость). Эта информация может использоваться при индивидуализации обучения.

Литература

1. Дьячук П.П. (мл.), Кудрявцев В.С., Рыжий А.М., Автоматический регулятор поиска решения задач / Современные проблемы информатизации в моделировании социальных технологиях. – Воронеж: СПИ-МТ-2011. – С. 162-168.
2. Дьячук, П.П., Дроздова, Л.Н., Кудрявцев, В.С., Шадрин, И.В. Диагностика динамических параметров учебной деятельности по конструированию звуковых объектов / Дьячук П.П., Дроздова Л.Н., Кудрявцев В.С. // Системы управления и информационные технологии, 2010. № 1.2(39). – С. 233-238.

ВИРТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ: СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА И ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ БАЗЫ ЗНАНИЙ

П. Н. Садырин, А. Н. Швецов

ГОУ ВПО «Вологодский государственный технический университет»

psadyrin@gmail.com

Современное состояние большинства развитых стран можно определить как этап становления «информационного общества», в котором значительную роль имеет процесс превращения информации и знаний в определяющий ресурс экономического, социального и технологического развития. При этом возрастает значение общественных институтов передачи опыта и знаний, которые приобретают новые формы, используя достижения информационно-коммуникационных технологий.

Интенсивное развитие инфосферы поставило перед образовательными системами серьезные проблемы эффективной передачи знаний, опыта, умений и навыков предыдущих поколений молодежи. Многие страны мира поставили задачи реформирования системы образования на уровень стратегически важных задач государства.

Справиться с решением этих задач могут новые информационные и интеллектуальные технологии, которые открывают принципиально новые возможности и подходы для повышения эффективности процесса обучения новым компетенциям.

В Вологодском государственном техническом университете научно-исследовательские работы по разработке методологии построения интеллектуальных агентно-ориентированных учебных комплексов (ИАОУК) ведутся на базе научно-образовательного центра «Интеллектика» в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы. На втором промежуточном этапе коллективом центра выбрана методология построения комплексов – определены методы и сформулированы ожидаемые результаты.

Одной из составляющих разрабатываемых учебных комплексов являются виртуальные модели (миры) предметных областей. Виртуальные миры (ВМ) можно представить как динамически моделирующую среду, возможно реализуемую как мультиагентная система или агентно-ориентированная система.

При взаимодействии обучаемого с ВМ учитываются требуемые компетенции, межпредметные связи и выбранная агентом преподавателя траектория обучения, характеристики агента обучаемого («аватара»). ВМ хранятся в базе знаний, и по требованию создается или редактируется существующий шаблон модели, в который помещается агент ученика, проходящий теоретический курс и решающий различные проблемные ситуации.

Виртуальную модель предметной области авторы данной статьи рассматривают как интегрированную в модель управления знаниями предметной области и хранящуюся в представлении обучаемого базы знаний формализованной информации предметной области обучения.

Создание виртуальных моделей предметной области невозможно без объективизации знаний средствами знаковых систем – естественных и искусственных языков, учитывая, что нет общепринятого понятия «знание» в областях информационных систем и представления знаний. Поэтому знания в искусственных интеллектуальных системах можно трактовать как виртуальные модели предметной области, выраженные средствами определенных знаковых систем.

Модели представления знаний в информационных системах можно разделить на процедурные и декларативные. Декларативные модели содержат семантические структуры знаний и механизм вывода, оперирующий на структурах знаний и практически независимый от содержания. Процедурные модели содержат знания в алгоритмическом и программном представлении, явно определяя действия в тех или иных ситуациях [1].

Большинство применяемых моделей представления знаний в интеллектуальных системах могут быть сведены к следующим классам: продукционные модели, формальные логические модели, семантические сети, фреймы. Данные классы моделей можно применить в задачах создания виртуальных моделей предметных областей для интеллектуальных агентно-ориентированных учебных комплексов с использованием сервисно-ориентированной архитектуры (СОА).

Формальное определение СОА было сформулировано специалистами корпорации IBM [2]: «СОА — это прикладная архитектура, в которой все функции определены как независимые сервисы с вызываемыми интерфейсами. Обращение к этим сервисам в определенной последовательности позволяет реализовать тот или иной бизнес-процесс».

В виду того, что распределенная информационная система будет создаваться с применением сервисно-ориентированной архитектуры, то стандартами доступа и обмена данными будут являться SOAP и язык WSDL. SOAP (Simple Object Access Protocol) – протокол доступа к простым объектам, то есть механизм для передачи информации между удаленными объектами на базе протокола HTTP и некоторых других Интернет-

протоколов. WSDL (Web Services Description Language) – язык описания Web-сервисов.

Для хранения используемых в интеллектуальных агентно-ориентированных учебных комплексах виртуальных миров требуется использовать систему управления базой данных (СУБД), которая позволяла сформировать базу знаний по учебному курсу на основе выбранной модели представления знаний и работать с ней.

После проведенного обзора существующих СУБД выделено три – MS SQL Server 2008, IBM DB2, Oracle Database 10g, с помощью которых можно строить агентно-ориентированные учебные комплексы с использованием сервисно-ориентированного подхода.

Особенностью СУБД Microsoft SQL Server 2008 (последняя редакция – SQL Server 2008 R2) является поддержка структурированных и частично структурированных данных, включая цифровые форматы для изображений, звуков, видео и других типов мультимедиа. Поддержка мультимедиа-форматов внутри СУБД позволила специализированным функциям взаимодействовать с этими типами данных. Таким образом в базу знаний можно сохранять и извлекать не только текстовую, графическую, числовую информацию, но и, например, файлы созданных аудио- и видеокурсов.

Особенностью СУБД IBM DB2 является расширенная поддержка использования данных в формате XML, в том числе операции с отдельными элементами документов XML. Это проприетарное программное обеспечение, но имеется и бесплатная версия для тестирования и разработки DB2 Express-C.

Особенностью же СУБД Oracle Database 10g является наличие механизма расширяемой индексации (Extensible Indexing) и встроенный механизм полнотекстового поиска. В работе [3] предлагается способ хранения больших и относительно стабильных онтологий (именно такой является онтология компетенций), с использованием технологии Spatial СУБД Oracle 10g, который основан на применении языка RDF. Существует бесплатная для разработки, установки и распространения версия Oracle Database 10g Express Edition. Данное программное обеспечение используется и на выпускающих кафедрах

Вологодского государственного технического университета.

Примером реализации базы знаний является базовая электронная энциклопедия по линейной алгебре «Линеал», созданная В. В. Воеводиным при поддержке Российского фонда фундаментальных исследования (РФФИ).

Особенность «Линеала» от других баз знаний, электронных справочных систем и энциклопедий, использующих перекрёстные ссылки, заключена во встроенном инструменте анализа графов связей, которые являются направленными. Все основные факты и понятия линейной алгебры соединены между собой направленными дугами, несущими разное содержание. Образующийся при этом граф, в котором вершинами являются понятия и факты, является ориентированным ациклическим графом [4].

Так для любого выбранного подмножества фактов и понятий можно получить всех их «предшественников», то есть выяснить опору этого подмножества. Можно также получить все понятия, требующиеся для перехода от одного понятия (факта) к другому. При этом одно из графических представлений системы связей использует минимальную ярусно-параллельную форму графа связей.

Литература

1. Швецов, А. Н. Распределенные интеллектуальные информационные системы / А. Н. Швецов, С. А. Яковлев – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. – 318 с.
2. Channabasavaiah, K., Holley K., Tuggle E.M., Migrating to a service-oriented architecture. / K.Channabasavaiah, K. Holley, E.M. Tuggle // IBM, December 2003.
3. Филатов, В.А. Разработка высокоэффективных средств создания и обработки онтологических баз знаний / В.А. Филатов, С.С. Щербак, А.А. Хайрова, 2008. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://shcherbak.net/razrabotka-vysokoeffektivnyx-sredstv-sozdaniya-i-obrabotki-ontologicheskix-baz-znaniy/>
4. Краткое руководство по работе с электронной энциклопедией ЛИНЕАЛ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lineal.guru.ru/lineal3/manual.html>

СЕМАНТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА И УПРАВЛЕНИЯ ИТ-ПРЕДПРИЯТИЕМ

В. А. Коровкин

*Томский политехнический университет
vitaliy.korovkin@gmail.com*

Введение

В современном мире главная основа дохода государства зависит от малого и среднего бизнеса. Данные сектора экономики не только обеспечивают постоянный поток денежных средств в казну, но и создают рабочие места. Таким образом, решается проблема безработицы и занятости молодежи. Кроме того, именно малый и средний бизнес является ядром инновационной экономике государства, потому что им легче всего перестраиваться под изменяющийся рынок, вводить нововведения, изменять технологии производства.

Чтобы увеличить скорость и эффективность организации и выполнения бизнес-процессов, компании сегодня начинают переходить или сразу внедряют системы электронного документооборота.

Система электронного документооборота (СЭД) – это автоматизированная многопользовательская система, сопровождающая процесс управления работой иерархической организации с целью обеспечения выполнения этой организацией своих функций. При этом предполагается, что процесс управления опирается на человеко-читаемые документы, содержащие инструкции для сотрудников организации, необходимые к исполнению.

Система электронного документооборота очень выгодна, так как по исследованиям ученых сокращает время работы на 60-70 % рабочего времени. К этому стоит добавить отличную (100 %) сохранность данных, возможность проследить их жизненный цикл. Система администрирования позволяет легко редактировать степень выполнения работы (например, «в процессе», «выполнено», «еще не начато» и так далее). Система электронного документооборота также помогает рассматривать и моделировать бизнес-процессы, качество и время выполнения работы. Таким образом, данная система позволяет анализировать работу компании в краткосрочный и долгосрочный период.

Для ИТ компаний данная система особо актуальна, так как позволяет согласовать между работниками, оперативно вносить изменения в работу и методологию. Существует несколько современных методологий разработки программного обеспечения (ПО), но наиболее популярна и действенна Agile Scrum (для работы команды). Данная методология используется, как и крупными корпорациями-гигантами (например, компаниями Google, Microsoft), так и малыми (например, в Томске компанией Rubius и другими).

Для малых ИТ компаний существуют такие системы управления проектами и предприятием, как acunote.com, bitbucket.org, trackstudio.com. Они

должны включать в себя не только введение документации на предприятии, но и специальные функции и сервисы, которые бы отражали специфику предприятия в сфере ИТ. Это, например, введение WIKI по проекту, введение функциональных описаний. Кроме этого каждый член команды должен иметь доступ к его личным заданиям, которые он смог бы комментировать (кроме средства обмена информацией внутри компании, которая должна быть интегрирована в систему). А, кроме того, в системе контроля версий (которая есть в каждой из систем) есть специальная информация с описанием текущей версией файла (например, данные о реализованном функционале, присутствующих и исправленных ошибок, имена людей, работавших с текущим документом). Для принятия каких-либо управленческих решений необходима информация и о сотруднике. Поэтому для каждого из членов команды создается портфолио, которое включает опыт работы, количество проектов, скорость и качество работы, контактную информацию и так далее. Таким образом, мы видим огромное количество информации, которая представлена в отдельных документах.

Современные системы электронного документооборота (СЭД) и системе принятия решений имеют следующие недостатки:

1. синхронизация между первичной базой данных и вносимыми изменениями сотрудниками (не происходит в оптимальное время, нужны специальные преобразования);
2. синхронизация изменений, которые вносит пользователь системы относительно остальных пользователей;
3. проблема получения информации о интересующей теме, а не набора фалов, что как правило и бывает;
4. нет гибкого инструмента обмена информации в компании;
5. проблема ветвлений;
6. проблема совместного доступа к базе знаний.

Чтобы решить данные проблемы лучше всего воспользоваться семантическими технологиями и онтологиями.

База данных предприятия может легко быть представлена при помощи RDF. При этом часть документов может представлять модель знаний, которая будет доступна пользователям, то есть позволит вносить изменения, при этом создавая дополнительную копии (то есть создается онтология для документа, а изменения вносятся не на уровне самого объекта, а на уровне его свойств). Данное решения для базы данных легко расширяемое и

допускает удобную для редактирования многоступенчатую иерархическую структуру.

Основой SAAS-приложения служит Semantic Web (семантическая паутина). Впервые термин Semantic Web (семантическая паутина) ввел Тим Бернерс-Ли в 2001 году. Данная концепция является одной из основных концепций дальнейшего развития интернета (так называемого Web 3.0). Семантика предоставляет большие возможности для машинного логического вывода и продвинутого семантического поиска. Данная модель позволит извлекать информацию по определенному запросу из разных файлов и представлять ее в удобном для пользователя виде. Кроме того пропадает необходимость писать строго шаблонно (строго типизировано), потому что семантическая система, основанная на использовании онтологии, позволит заключать простейшие выводы на основе извлеченных машинной знаний.

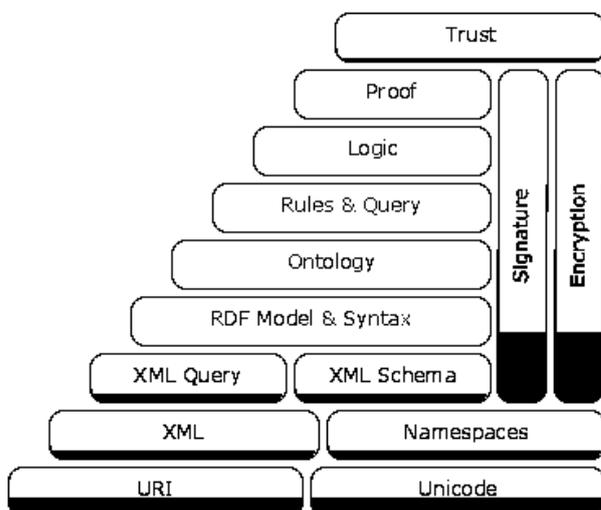


Рис.1. Стек понятий семантической паутины.

Заключение

Система управления документооборотом и проектами для IT компаний с использованием семантических технологий и онтологий позволит решить актуальные проблемы в области управления компанией и принятии решений. Система знаний компании представлена онтологиями, а не отдельными файловыми системами. Система анализирует текст в документе, делая анализ содержания. Поэтому при поиске информация выводится наиболее полная, отвечающая поисковому запросу. Все данные являются единым целым. Изменение их приводит не к созданию новой копии (если конечно речь не идет о новой записи или комментарий, тогда происходит добавление записи в систему знаний) приводит только лишь редактированию уже хранящихся данных. Таким образом, разрешается проблемы ветвления и многопользовательского доступа к одной информации и изменения ее в зоне видимости других пользователей системы.

Литература

1. OWL Web Ontology Language Overview [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.w3.org/index.php>, свободный.
2. D. Allemann, J. Hendler. Semantic Web for Working Ontologist / San Francisco: Morgan Kaufmann Publisher / 2008. – 349 стр.: ил.
3. T Segaran, C. Evans, J. Taylor. Programming the Semantic Web: Build Flexible Applications with Graph Data / O'Reilly Media / 2009.-300 стр.: ил.
4. J. Hebel, M. Fisher, R. Blace. Semantic Web Programming / Wiley Publishing / 2009. – 651 стр.: ил.

МЕДИАИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВОСПИТАТЕЛЬНО- ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Немирич А. А.

МОУ ООШ №16 д. Кулиш Чунского района Иркутской области

ANASTASIJA-NEMIRICH@RAMBLER.RU

В настоящее время уровень усвоения и применения медиаинформационных технологий в обучении и воспитании детей является одним из показателей образовательной состоятельности дошкольного учреждения и фактически элементом его современного имиджа. Современные медиаинформационные технологии при их адекватном использовании выводят учебно-воспитательный процесс дошкольного образования на принципиально новый уровень развития, прежде всего в вопросах наглядности, интерактивности и объективности.

Умение использовать мультимедийные, интерактивные, цифровые технологии в учебно-воспитательном процессе дошкольного учреждения, умение создавать собственные медиатексты, а главное применять их в своей профессиональной деятельности являются основополагающими приоритетами нового медиаинформационного стиля педагогической деятельности, предполагающего владение адекватным уровнем медиакультуры. Медиакультура – это совокупность её материальных и интеллектуальных ценностей в области медиа, исторически определённой системы их воспроизводства и функционирования в обществе, преумножение социокультурного опыта в области медиа. Медиакультура педагогического работника дошкольного учреждения подразумевает знания и умения работы на компьютере, с периферийными электронными устройствами: мультимедийным проектором, сканером, интерактивной доской, поисковыми системами Интернета, осуществлять сетевое взаимодействие (сетевое партнёрство педагогических работников ДОУ), создавать собственные web-портфолио, работать с электронными журналами, а также умение рационально организовать работу по использованию этих технологий в учебно-воспитательном процессе [4].

Сообразно с этим, информатизация дошкольного учреждения понимается нами не как простая презентация учебной и воспитательной информации с помощью электронных образовательных ресурсов, а как создание педагогически спроектированной медиаобразовательной среды дошкольного учреждения, подключенной к мировому медиаобразовательному пространству и удовлетворяющей культурно-образовательные потребности современного дошкольника.

Итак, начнём с того, что понятие «образовательное пространство» рассматривается с разных позиций. Сегодня отсутствует единое

понимание его сущности и природы. Как отмечают в работах за 1998-1999 год исследователи Е. А. Ракитина, В. Ю. Лыскова, «пространство» и «среда» являются близкими, но не синонимичными понятиями. Самое общее представление о пространстве связано с порядком расположения (взаимным расположением) одновременно сосуществующих объектов. Говоря о пространстве, данные исследователи имеют в виду набор определенным образом связанных между собой условий, которые могут оказывать влияние на человека. При этом по смыслу в самом понятии пространства не подразумевается включенность в него человека. Пространство может существовать и независимо от него. Большую роль в уточнении соответствующей терминологии сыграло следующее определение: пространство (образовательное) – абстрактное понятие, подразумевающее совокупность материальных и информационных объектов (образовательных объектов) и субъектов образования во взаимодействии с которыми происходят образование и развитие личности этого взаимодействия (общения, диалога) логических смыслов [12, С. 4]. Не маловажное значение для нас представляет позиция М. Я. Виленского и Е. В. Мещеряковой, интерпретирующих категорию «образовательного пространства», как целостную интегративную единицу социума и мирового образовательного пространства, нормативно или стихийно структурированную и имеющую свою систему координат, которая, по их мнению, способствует эффективной профессиональной подготовке педагога [9].

В свою очередь понятие среда/образовательная среда / медиаобразовательная среда, несмотря на необычайно широкое употребление (а, вероятнее всего, благодаря этому) не имеет четкого и однозначного определения в мире науки. В самом общем смысле «среда» понимается как окружение. Понятие «среда» также отражает взаимосвязь условий, обеспечивающих развитие человека. В этом случае предполагается его присутствие в среде, взаимовлияние, взаимодействие окружения с субъектом. Медиаобразовательное пространство неравнозначно медиаобразовательной среде: существуя в одном и том же медиаобразовательном пространстве, индивид может переходить из одной медиаобразовательной среды в другую, например, при смене профессии, рода занятий, увлечений, перехода на новую ступень обучения. Все эти переходы осуществляются в рамках одного медиаобразовательного пространства. Если

медиаобразовательное пространство образуется в результате жизнедеятельности всего человечества и достаточно консервативно к изменениям, то медиаобразовательная среда создается усилиями отдельной группы людей. Исследователи отмечают, что медиаобразовательная среда дошкольного учреждения формируется: 1) педагогическим работником дошкольного образования, 2) педагогическим коллективом дошкольного учреждения, 3) государством как общественным институтом (оно определяет материальное обеспечение образования в целом, социальный заказ на формирование той или иной системы знаний и взглядов).

Медиаобразовательная среда - понятие более узкое, чем медиаобразовательное пространство. Под медиаобразовательной средой чаще всего понимается функционирование конкретного учреждения образования. Анализируя различные подходы к вопросу об медиаобразовательной среде, исследователи имеют в виду конкретную среду учебного заведения, так как образовательная среда составляет совокупность материальных факторов; пространственно-предметных факторов; социальных компонентов; межличностных отношений. Все данные факторы взаимосвязаны, они дополняют, обогащают друг друга и влияют на каждого субъекта образовательной среды, но и люди организуют, создают образовательную среду, оказывают на нее определенное воздействие.

Таким образом, под медиаобразовательной средой следует понимать взаимосвязь конкретных медиаинформационных, материальных, коммуникационных и социальных условий, обеспечивающих воспитательный и образовательный процесс. По нашему мнению, медиаобразовательная среда - это специально организованная среда, направленная на приобретение учащимся определенных знаний, умений и навыков, в которой цели, содержание, методы и организационные формы обучения становятся подвижными и доступными для изменения в рамках конкретного учебного заведения.

Медиаобразовательная среда дошкольного учреждения это такая педагогическая система, в которой реализовано не только содержательное медиаинформационное обеспечение учебно-воспитательного процесса, но учтены и личностные особенности взаимодействия субъектов образовательного процесса (педагогические

работники дошкольного учреждения и дети дошкольного возраста) с электронными образовательными ресурсами. В медиаобразовательной среде дошкольного учреждения осуществляется психолого-педагогическая поддержка процесса личностного развития в процессе диалога с культурой, представленной различными медиаинформационными ресурсами.

Хочется добавить, что внедрение медиаобразовательной политики в дошкольные учреждения требует прежде всего энтузиастов. Тем не менее, энтузиазм отдельных воспитателей и педагогов ДООУ может достаточно быстро иссякнуть, если не найдется поддержки у администрации дошкольного учреждения. Кроме того, построение достаточно целостной системы медиаобразовательной среды требует координации усилий на уровне дошкольного образования. Поэтому хотелось бы, чтобы энтузиасты медиаобразования появились и среди руководителей дошкольных учреждений.

Литература

1. Виленский, М. Я. Образовательное пространство как педагогическая категория / М. Я. Виленский, Е. В. Мещерякова // Педагогическое образование и наука. – М., 2002. - С. 8-18.
2. Гура, В. В. Принципы создания компьютеризированной культурно-образовательной среды вуза [Текст]: учебное пособие / В. В. Гура // Проблемы образования студентов гуманитарных вузов в свете развития современных информационных технологий. Таганрог: Изд-во Таганрог, гос. пед. ин-та, 2001.
3. Немирич, А. А. Обучение детей дошкольного возраста медиаграмотности в контексте непрерывного образования [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http // www.media-v-dou.ucoz.ru](http://www.media-v-dou.ucoz.ru)
4. Немирич, А. А. Формирование медиаинформационного мировоззрения педагогических работников дошкольного образования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http // www.media-v-dou.ucoz.ru](http://www.media-v-dou.ucoz.ru)
5. Федоров А. В. Медиакомпетентность личности: от терминологии к показателям // Инновации в образовании. 2007 № 10. С.75-108

IMAGE SEGMENTATION BY MARKOV CHAIN MONTE CARLO

*Kovalenko D. A.
Scientific adviser: Aksenov S.V.
Tomsk Polytechnic University
wf34@sibmail.com*

Human's brain does not use its received results of perception in direct form, but organizes its results in special way. That's why instead of collection of brightness values associated with individual photoreceptors, brain highlights a number of visual groups, which are usually associated with objects or parts of objects. This ability is really important for computer vision too.

Segmentation is a process of splitting images into groups, taking into account the similarity of the pixels. The main idea of this process is conception that each pixel can be associated with some visual properties such as brightness, color and texture. Within a single object or part of the object, these attributes changes insignificantly, but while passing through the border from one object to another there is a notable change in one or other of these attributes usually. It is necessary to find out the way of image splitting into such sets of pixels, that these limits would be satisfied as much as possible.

There is a quantity of different ways in which this intuition can be formalized in a mathematical theory. One of it is computational paradigm called Data-Driven Markov Chain Monte Carlo (DDMCMC) for image segmentation in the Bayesian statistical framework. Our work is realization of DDMCMC algorithm basic ideas, which will be summarized and partly explained in this article.

Image segmentation is found difficult and challenging for two main reasons.

The first challenge is the fundamental complexity of modeling a vast amount of visual patterns that appear in generic images. The objective of image segmentation is to parse an image into its constituent components. The latter are various stochastic processes, such as attributed points, lines, curves, textures, lighting variations, and deformable objects. Thus, a segmentation algorithm must incorporate many families of image models and its performance is upper bounded by the accuracy of its image models.

The second challenge is the intrinsic ambiguities in image perception, especially when there is no specific task to guide the attention. Real world images are fundamentally ambiguous and our perception of an image changes over time. Furthermore, an image often demonstrates details at multiple scales. Thus, the more one looks at an image, the more one sees. Therefore, it must be wrong to think that a segmentation algorithm outputs only one result. In our opinion, image segmentation should be considered a computing process not a vision task. It should output multiple distinct solutions dynamically and endlessly.

First, we formulate the problem in a Bayesian framework with three families of image models which explains visual patterns in an image, as flat regions, clutter or texture.

Second, we decompose the solution space into a union of many subspaces of varying dimensions and each subspace is a product of a number of subspaces for the image partition and image models. The Bayesian posterior probability is distributed over such a heterogeneously structured space.

Third, we design ergodic Markov chains to explore the solution space and sample the posterior probability. The Markov chains consist of two types of dynamics: jumps and diffusion. The jump dynamics simulate reversible split-and-merge and model switching. The diffusion dynamics simulate boundary deformation, region growing, region competition, and model adaptation. We make the split and merge processes reversible and the ergodicity and reversibility enable the algorithm to achieve nearly global optimal solution independent of initial segmentation conditions.

Conceptually, the DDMCMC paradigm also reveals the roles of some well-known segmentation algorithms. Algorithms such as split-and-merge, region growing, Snake and balloon/bubble, region competition, and variational methods can be viewed as various MCMC jump-diffusion dynamics with minor modifications. Other algorithms, such as edge detection and clustering compute importance proposal probabilities.

Problem formulation and image models

Let $\Lambda = \{(i, j): 1 \leq i \leq L, 1 \leq j \leq H\}$ be an image lattice and I_Λ an image defined on Λ . For any point $v \in \Lambda$, $I_v = (R_v, G_v, B_v)$, is the pixel intensity. The problem of image segmentation refers to partitioning the lattice into an unknown number of K disjoint regions

$$\Lambda = \bigcup_{i=1}^K R_i, R_i \cap R_j = \emptyset, \quad \forall i \neq j$$

We denote by $\Gamma_i = \partial R_i$ the boundary of R_i .

Each image region IR is supposed to be coherent in the sense that IR is a realization from a probabilistic model $p(IR; \Theta)$. Θ represents a stochastic process whose type is indexed by l .

Thus, a segmentation is denoted by a vector of hidden variables W , which describes the world state for generating the image I .

$$W = (K, \{(R_i, l_i, \theta_i); i = 1, 2, \dots, K\})$$

In a Bayesian framework, we make inference about W from I over a solution space Ω .

$$W \sim p(W|I) \propto p(I|W)p(W), W \in \Omega$$

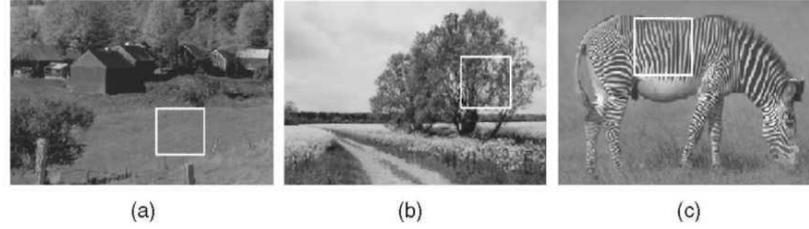


Fig. 1. Three types of regions in real images: (a) uniform, (b) clutter, (c) texture

As we mentioned before, the first challenge in segmentation is to obtain realistic image models. In the following, we briefly discuss the prior and likelihood models selected in our experiments.

The prior probability $p(W)$ is a product of the following four probabilities.

1. An exponential model for the number of regions $p(K) \propto e^{-\lambda_0 K}$.
2. A general smoothness Gibbs prior for the region boundaries $p(\Gamma) \propto e^{-\mu \int_{\Gamma} ds}$.
3. A model for the size of each region. Recently, both empirical and theoretical studies on the statistics of natural images indicate that the size of a region $A = |R|$ in natural images follows a distribution,

In our experiments, we found this prior is not strong enough to enforce large regions; instead we take a distribution $p(A) \propto e^{-\gamma A^c}$ where $c = 0.9$ is a constant. γ is a scale factor which controls the scale of the segmentation. It is an indicator for how image is busy. In our experiments, it is typically set to $\gamma = 2.0$.

4. The prior for the type of model $p(l)$ is assumed to be uniform and the prior for the parameters Θ of an image model penalizes model complexity in terms of the number of parameters $\Theta, p(\Theta|l) \propto e^{-v|\Theta|}$.

In summary, we have the following prior model

$$p(W) \propto p(K) \prod_{i=1}^K p(R_i) p(l_i) p(\Theta_i | l_i) \\ \propto \exp \left\{ -\lambda_0 K - \sum_{i=1}^K \left[\mu \oint_{\partial R_i} ds + \gamma |R_i|^c + v |\Theta_i| \right] \right\}$$

Visual patterns in different regions are assumed to be independent stochastic processes specified by $(\theta_i, l_i), i = 1, 2, \dots, K$. Thus, the likelihood is,

$$p(I|W) = \prod_{i=1}^K p(I_{R_i}; \theta_i, l_i).$$

The choice of models needs to balance model sufficiency and computational efficiency.

In studying a large image set, we found that four types of regions appear most frequently in real world images. Fig. 1 shows examples for the three types of regions in windows: Fig. 1a shows the flat regions with no distinct image structures, Fig. 1b shows the cluttered

regions and Fig. 1c shows the regions with homogeneous textures.

We adopt the following three families of models for the three types of regions. The algorithm can switch between them by Markov chain jumps. The three families are indexed by $l \in \{g_1, g_2, g_3\}$ and denoted by w_{g_1}, w_{g_2} and w_{g_3} respectively. Let $G(0; \sigma^2)$ be a Gaussian density centered at 0 with variance σ^2 .

1. Image model family $l = g_1: w_{g_1}$. This assumes that pixel intensities in a region R are subject to independently and identically distributed by Gauss,

$$p(I_R; \theta, g_1) = \prod_{v \in R} G(I_v - \mu; \sigma^2), \\ \Theta = (\mu, \sigma) \in w_{g_1}$$

2. Image model family $l = g_2: w_{g_2}$. This is a nonparametric intensity histogram $h()$. In practice $h()$ is discretized as a step function expressed by a vector (h_0, h_1, \dots, h_G) . Let n_j be the number of pixels in R with intensity level j .

$$p(I_R, \theta, g_2) = \prod_{v \in R} h(I_v) = \prod_{j=0}^G h_j^{n_j}, \\ \Theta = (h_0, h_1, \dots, h_G) \in w_{g_2}$$

3. Image model family $l = g_3: w_{g_3}$. This is a texture model FRAME with pixel interactions captured by a set of Gabor filters.

$$p(I_R, \theta, g_3) = \\ \prod_{v \in R} p(I_v | I_{\partial v}; \theta) = \prod_{v \in R} \frac{1}{Z_v} \exp \{ -\langle \theta, h(I_v | I_{\partial v}) \rangle \}$$

References.

1. Jungmin Lee, Minsu Cho “A Graph Matching Algorithm using Data-Driven Markov Chain Monte Carlo Sampling”
2. MSU Computer Graphics Lab courses [website] – access: <http://courses.graphicon.ru/> :free
3. M. Kelbert U. Suhov “Probability and Statistics. examples and challenges”

СЕМАНТИЧЕСКИЙ ПОИСК ДОКУМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

*Нгуен Ба Нгок, Тузовский А.Ф.
Томский политехнический университет
nguyen_bn@hotmail.com*

Семантический поиск это метод информационного поиска, в котором релевантность документа запросу определяется семантически, а не синтаксически. В подходах информационного поиска по ключевым словам (классические подходы), релевантность документов и запросов определяется синтаксически, путем вычисления встречаемости ключевых слов в документе, без учета их семантических особенностей. Семантическая релевантность оценивается по близости смыслов текстов, как это делает человек, т.е. семантические поисковые машины выполняют определение и описание смысла текста. Подходы семантического поиска используют именно такие технологии понимания текстов для улучшения качества поиска

В классических поисковых системах, семантика текста и ключевых слов запроса не учитываются. Следовательно, в классических системах присутствуют две проблемы "синонимия" и "многозначность" ключевых слов, от которых существенно снижается точность результата выполнения запросов. Например, в классических системах слово лук – овощ, и лук – оружие рассматривается одинаково, но в семантических системах они соответствуют разным понятиям.

Другой отличительной особенностью подхода семантического поиска от классических подходов является возможность сопоставления документа, в котором используемые в запросе ключевые слова вообще не упомянуты, но существует семантическая релевантность между ними. Например, следующие запрос и документ будут релевантные только в семантических поисковых системах:

- запрос: 'компания Телеком' Европа 'Джон Шмидт' директор;
- документ: на своем собрании 10-го мая, совет директоров Лондонской компании O2 назначали Джон Шмидта на должность технического директора.

Для определения, близости между таким запросом и документом поисковая система должна учитывать следующие семантические отношения: O2 является мобильным оператором, который является компания Телеком; Лондон находится в Великобритании, которая является частью Европы; технический директор также является директором.

В семантических поисковых системах рассматриваются документы разных форматов (текстовые, графические, записи реляционных баз данных, и т.п.), у которых имеются семантические метаданные описания. Однако в большинстве существующих документов, таких метаданных

отсутствуют. В связи с этим для документов требуется выполнение автоматического синтаксического и семантического анализа с целью формирования для них семантические метаданные. Такой процесс называется семантическим аннотированием документов. В качестве базовых знаний для автоматического аннотирования, обычно используются онтологии, которые представляют собой формальными описаниями предметной области или в широком смысле модель реального мира.

В общем случае, в любой системе информационного поиска реализуются три компонента: индексирование документов, формирование запросов, и выполнение запросов. В частности, в системах семантического поиска с использованием онтологического подхода дополнительно требуется некоторая онтология предметной области (системная онтология).

Системная онтология

Системная онтология представляет собой формальную модель "мира" и является важной семантической составляющей, в рамках которого функционирует система. Системная онтология обычно составляется экспертами, онтологами (специалистами по онтологиям) и лингвистами. Но на практике также используются методы полуавтоматического составления онтологии, и расширения онтологии посредством анализа полученных семантических метаданных при выполнении семантического анализа текстов. В контексте информационного поиска, в качестве популярных онтологических ресурсов с открытым доступом, выделяются следующие ресурсы: Онтологии верхнего уровня: OpenCyc, DOLCE, SUMO; лексические онтологии (тезаурус английского языка) Wordnet.

На этапе семантического индексирования, выполняется выявление (идентификация) в тексте экземпляров понятий онтологии (т.е. создание указателей на соответствующие экземпляры понятий онтологии). Затем выполняется вычисление весового коэффициента выявленных экземпляров (релевантность экземпляров документам). Данное вычисление лишь является модификацией классических весовых функций для ключевых слов, где вместе ключевых слов используются экземпляры онтологии. Популярным методом вычисления весовых коэффициентов является вычисление по частоте встречаемости (*tf.idf*), которое рассмотрено в многих работах, например в [3].

Полученные от процесса индексирования метаданные сохраняются в качестве индексных

указателей документов для дальнейшего использования при выполнении поиска. Таким образом, к текстам документа добавляются дополнительные интерпретации $M(d) = \{(e_i, w_i)\}$, которые играют роль их семантики. Где e_i – экземпляры онтологии, и w_i – весовой коэффициент экземпляра e_i . По методу *tf.idf* весовой коэффициент w экземпляра e документу d_j вычисляется по следующей формуле:

$$w = f_{e,d} * \log\left(\frac{|D|}{f_{e,D}}\right)$$

где $f_{e,d}$ – частота встречаемости экземпляра e в документе d ; $|D|$ – размер коллекции документов; $f_{e,D}$ – количество документов, в которых встречается экземпляр e .

Для цели идентификации экземпляров онтологии, для каждого экземпляра составится множество меток (текстовые входы), которые затем сравниваются с терминами текста. При этом, синонимы сопоставляются с одним единственным экземпляром, а многозначные термины могут быть сопоставлены с разными экземплярами онтологии в зависимости от контекста (слово *лук* может быть идентифицирован как экземпляр класса *Овощ* или *Оружие*). Задачи определения подходящего значения многозначных терминов, рассматриваются в работе [4].

Данный способ индексирования на основе онтологии имеют два основных преимущества по сравнению с подходом индексирования на основе терминов (i) возможности нахождения ссылок на экземпляры понятия в тексте, неважно какой псевдонимы используются и (ii) уровень релевантности относительно экземплярам понятия выше чем по ключевым словам. Когда первое преимущество очевидно, второе может быть продемонстрировано следующим примером. Предлагаем, что существует документ, где строки «РФ», «Россия», и «Российская Федерация» встречаются один раз каждый, и строка «Германия» встречается дважды. При индексировании по ключевым словам, документ может выглядеть в два раза более релевантный для строки «Германия» чем для строки «РФ». Однако релевантность должна быть наоборот, т.е. документ более релевантный для строки «РФ» чем первый.

Формирование запросов.

В контексте информационного поиска, запрос представляет собой информационной потребностью пользователя, которая должна быть удовлетворена системой. В частности, в системах поиска по ключевым словам (классические системы) запрос состоит из множества ключевых слов, которые должны присутствовать в документах, интересующих пользователя. В системе семантического поиска, с использованием онтологии возможность формулирования информационной потребности пользователя расширяется. Семантические запросы (запросы семантической поисковой системы) могут

состоять из экземпляров, ограничения по типу экземпляра и их свойствам. Семантические запросы могут выглядеть сложными и длинными, например: «Человек с именем Антон, который работает директором компании в Москве».

Выполнение запросов

На основе составленного запроса выполняется сканирование по системной онтологии для получения соответствующих экземпляров понятия. Для найденных экземпляров также вычисляется весовой коэффициент как при выполнении индексирования документов, но в данном случае, документ составится на основе найденных триплетов из системной онтологии. Таким образом, запрос представляется как множество пар экземпляр понятия и его соответствующие вес, $M(q) = \{(e_j, w_j)\}$.

Близость запроса документу может быть вычислена, например с применением векторной модели релевантности [2].

Допустим $I = \{e_i\}_{i=1}^M$ – множество экземпляров онтологии; Определим вектор документа $\vec{d} = \{d_i\}_{i=1}^M$; вектор запроса $\vec{q} = \{q_i\}_{i=1}^M$. Семантическая близость запроса и документа вычисляется по формуле:

$$OSIM(q, d) = \frac{\vec{q} * \vec{d}}{|\vec{q}| * |\vec{d}|}$$

В случае системная онлогия не полностью перекрывает семантики документов (не содержит экземпляры документа), или плохо перекрывает его, данная оценка семантической близости может быть менее эффективна чем существующая оценка близости по ключевым словам. Для компенсации данной недостатка применяется комбинация этих оценок. Итоговая близость вычисляется по формуле:

$$SIM(q, d) = t * OSIM(q, d) + (1-t) * KSIM(q, d)$$

Где t – коэффициент комбинации, $0 <= t <= 1$; $KSIM(q, d)$ – близость по ключевым словам. При минимальном значении коэффициента $t = 0$, не учитывается семантическая составляющая, система функционирует как обычная система на основе ключевых слов. При максимальном значении коэффициента $t = 1$, соответственно не учитывается близость по ключевым словам.

Литература

1. Guha R. Semantic search / R. McCool, E. Miller. - Proceedings of the 12th international conference on World Wide Web. - ACM Press. – 2003. – P. 700–709.
2. Christopher D.M. Introduction to information retrieval /R. Prabhaka, S. Hinrich. – Cambridge university press. -2008. – 504 p.
3. J. Ramos, "Using TF-IDF to Determine Word Relevance in Document Queries", First International Conference on Machine Learning, 2003.
4. E. Agirre and A. Soroa. Personalizing pagerank for word sense disambiguation. In Proceedings of EACL-09, Athens, Greece, 2009

СОЗДАНИЕ МЕТАДАНЫХ ДОКУМЕНТА С УЧЁТОМ КОНТЕКСТОВ

Губин М. Ю., Тузовский А. Ф.
Томский политехнический университет
gubin.m.u@gmail.com

Общие определения. Документ, метаданные, онтология

Под документом D_i в рамках данного исследования будем понимать фрагмент текста на естественном языке. В общем случае разметка документа (заголовки, стили) не рассматривается - документ считается простым неразмеченным текстом.

Для реализации семантического поиска по документам, необходимо создать достаточно полные семантические метаописания документов T_i . Семантическое метаописание документа строится согласно онтологии предметной области O , представляющей собой набор понятий C_i , связанных между собой отношениями R_i . Также в онтологию предметной области входят экземпляры объектов E_i . Понятия, отношения и экземпляры имеют одну или более текстовых меток T_i . Текстовая метка T_i элемента онтологии – слово либо словосочетание естественного русского языка, соответствующее некоторому элементу онтологии.

Для построения базового семантического метаописания на основе текста документа для каждого его предложения L_i может формироваться семантическая сеть, представляющая собой граф, состоящий из множества вершин W_i и соединяющих их рёбер L_i . Элементарная сеть представляет результат синтаксического анализа и дополнительных семантических трансформаций дерева синтаксических зависимостей между словами в отдельном предложении. Вершинами W_i семантической сети являются сущности, встречающиеся в предложении, а рёбра L_i представляют собой семантические отношения между сущностями. Семантические сети предполагается получать из результатов синтаксического разбора текстов на естественных языках.

Семантическое метаописание D – это набор извлечённых из предложений документа RDF-триплетов T_i , представляющих собой кортежи вида $\langle S_i, P_i, O_i \rangle$, где S_i включен в объединение C_i и E_i , P_i включен в R_i , а O_i включен в объединение C_i и E_i . Правила извлечения триплетов будут рассмотрены далее.

Цели создания семантических метаданных. Требования к семантическим метаданным

Семантические метаданные создаются прежде всего с целью осуществления поиска по корпусу проаннотированных документов. Объединение семантических метаданных корпуса документов будем называть семантическим индексом корпуса документов.

Рассмотрим варианты использования семантических метаданных и требования, которым они должны удовлетворять.

При семантическом поиске пользователь в общем случае ищет документ или множество документов, содержащие те же понятия, что и введённый им запрос, связанные теми же отношениями. Таким образом, семантические метаданные данного документа должны содержать все встречающиеся в нём и значимые для данного документа понятия, а также все значимые отношения, связывающие данные понятия. (Критериев значимости в данном случае может быть множество; предполагается выбирать критерий значимости исходя из доступных аппаратных ресурсов, требуемой глубины поиска) Кроме того, после объединения метаописаний в индекс, должна быть возможность определить, к метаописанию какого документа относится определённый фрагмент метаданных.

Таким образом, для использования метаданных в семантическом поиске, они должны соответствовать следующим требованиям:

- Метаданные должны содержать все значимые для документа понятия и отношения между ними;
- После объединения метаданных в семантический индекс, должна сохраняться возможность для произвольного фрагмента метаданных определить, какой именно документ он описывает.

Для поддержки семантическим поиском обобщений, должна существовать иерархия понятий и отношений, встречающихся в документах. Предполагается, что данная иерархия содержится в онтологии предметной области O . Отсюда следует, что:

- Каждое понятие в онтологии предметной области должно иметь наименование - строковое обозначение данного понятия в естественном языке.
- Наименования понятий в метаданных должны соответствовать наименованиям понятий в онтологии предметной области.

Для того, чтобы метаданные можно было использовать для семантической навигации, необходимо, чтобы для каждого понятия онтологии хранилась его позиция в соответствующем документе.

Исходя из описанных вариантов использования метаданных, рассмотренных выше, опишем структуру метаданных отдельного документа.

Структура метаданных отдельного документа

Основой метаданных является набор триплетов t_i , каждый из которых состоит из субъекта s_i ,

предиката p_i и объекта o_i . Триплеты извлекаются из аннотируемого текста. Субъект, предикат и объект являются классами либо экземплярами понятий, описанных в онтологии предметной области. Для каждого триплета имеются дополнительные метаданные, описывающие контекст. Для субъекта, предиката и объекта хранятся позиции вхождения понятий в документ.

Кроме того, хранятся данные о контексте документа, из которого были извлечены триплеты. В данные о контексте входит список ключевых слов документа.

Рассмотрим возможные реализации хранения метаданных отдельного документа, соответствующие предъявленным выше требованиям.

1. Реализация с реификацией. В данной реализации все данные о триплетах хранятся через механизм реификации. Эта реализация является наиболее человеко-понятной, однако на данный момент нет достаточно производительных хранилищ семантических метаданных, поддерживающих реификацию.

2. Реализация с использованием квадов. В данной реализации предполагается использовать хранилище семантических метаданных, оперирующее не триплетами, а квадами, в которых к традиционным для триплета субъекту, предикату и объекту добавляется граф. Для каждого документа существует отдельный граф. В графе документа хранятся семантические метаданные. Для каждого триплета, для которого необходима реификация, она реализуется через структуру вложенных графов.

Контексты

Под контекстом в данной работе понимается предметная область, понятиями которой оперирует документ. Каждый контекст состоит из онтологии предметной области, описывающей понятия и отношения, существующие в данной предметной области, а также набора классификационных признаков, позволяющий определить, относится ли данный текст к данному контексту.

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

*Корабельников И.А., Киселева Т.В.
Сибирский государственный индустриальный университет
skazochnikps@mail.ru*

Введение

Руководство крупных компаний испытывает потребность в достоверной информации о различных аспектах бизнеса компании в целях поддержки принятия решений. От этого зависит качество управления компанией, возможность эффективного планирования ее деятельности, выживание в условиях жесткой конкурентной борьбы. При этом критически важными являются наглядность форм представления информации, быстрота получения новых видов отчетности, возможность анализа текущих и исторических данных. Системы, предоставляющие такие возможности, называются Системами Поддержки Принятия Решений (СППР).

СППР состоят из двух компонент: хранилища данных и аналитических средств. Хранилище данных предоставляет единую среду хранения корпоративных данных, организованных в структурах, оптимизированных для выполнения аналитических операций. Аналитические средства позволяют конечному пользователю, не имеющему специальных знаний в области информационных технологий, осуществлять навигацию и представление данных в терминах предметной области. Для пользователей различной квалификации, СППР располагают различными типами интерфейсов доступа к своим сервисам [1].

СППР - хранилище данных

Специфика работы аналитических систем делает практически невозможным их прямое использование на оперативных данных. Это объясняется различными причинами, в том числе разрозненностью данных, хранением их в форматах различных СУБД и в разных «уголках» корпоративной сети, но, что наиболее важно, неприменимостью структур данных оперативных систем для выполнения задач анализа. Для этих целей создается специализированная среда хранения данных, называемая хранилищем данных (Data Warehouse) [2].

Хранилище данных представляет собой банк данных определенной структуры, содержащий информацию о производственном процессе компании в историческом контексте. Главное назначение хранилища – обеспечивать быстрое выполнение произвольных аналитических запросов.

Перечислим основные преимущества хранилищ данных:

- Единый источник информации: компания получает выверенную единую информационную среду, на которой будут строиться все справочно-аналитические

приложения в той предметной области, по которой построено хранилище.

- Производительность: физические структуры хранилища данных специальным образом оптимизированы для выполнения абсолютно произвольных выборок, что позволяет строить действительно быстрые системы запросов.
- Быстрота разработки: специфическая логическая организация хранилища и существующее специализированное программное обеспечение позволяют создавать аналитические системы с минимальными затратами на программирование.
- Интегрированность: интеграция данных из разных источников уже сделана, поэтому не надо каждый раз производить соединение данных для запросов, требующих информацию из нескольких источников. Под интеграцией понимается не только совместное физическое хранение данных, но и их предметное, согласованное объединение.
- Историчность и стабильность: OLTP-системы оперируют с актуальными данными, срок применения и хранения которых обычно не превышает величины текущего бизнес-периода (полугода-год), в то время как информационное хранилище данных нацелено на долговременное хранение информации в течении 10-15 лет. Стабильность означает, что фактическая информация в хранилище данных не обновляется и не удаляется, а только специальным образом адаптируется к изменениям бизнес-атрибутов. Таким образом, появляется возможность осуществлять исторический анализ информации.
- Независимость: выделенность информационного хранилища существенно снижает нагрузку на OLTP-системы со стороны аналитических приложений, тем самым производительность существующих систем не ухудшается, а на практике происходит уменьшение времени отклика и улучшение доступности систем.
- Наряду с большими корпоративными хранилищами данных широкое применение находят также витрины данных (Data Mart). Под витриной данных понимается небольшое специализированное хранилище для некоторой узкой предметной области, ориентированное на хранение данных, связанных одной бизнес-тематикой [3].

Аналитические системы

Аналитические системы СППР позволяют решать три основных задачи: ведение отчетности, анализ информации в реальном времени (OLAP) и интеллектуальный анализ данных.

Сервис отчётности СППР помогает организации справиться с созданием всевозможных информационных отчетов, справок, документов и пр., особенно когда число выпускаемых отчетов велико и формы отчётов часто меняются. Средства СППР, автоматизируя выпуск отчётов, позволяют перевести их хранение в электронный вид и распространять по корпоративной сети между служащими компании.

OLAP (On-Line Analytical Processing) - сервис представляет собой инструмент для анализа больших объемов данных в режиме реального времени. Взаимодействуя с OLAP-системой, пользователь сможет осуществлять гибкий просмотр информации, получать произвольные срезы данных, и выполнять аналитические операции детализации, свертки, сквозного распределения, сравнения во времени. Вся работа с OLAP-системой происходит в терминах предметной области [2].

При помощи средств добычи данных можно проводить глубокие исследования данных. Эти исследования включают в себя: поиск зависимостей между данными; выявление устойчивых бизнес-групп; прогнозирование поведения бизнес-показателей; оценка влияния решений на бизнес компании; поиск аномалий.

Типы СППР

EIS (Execution Information System) – информационные системы руководства предприятия. Эти системы ориентированы на неподготовленных пользователей, имеют упрощенный интерфейс, базовый набор предлагаемых возможностей, фиксированные формы представления информации. EIS-системы рисуют общую наглядную картину текущего состояния бизнес-показателей работы компании и тенденции их развития, с возможностью углубления рассматриваемой информации до уровня крупных объектов компании. EIS-системы – та реальная отдача, которую видит руководство компании от внедрения технологий СППР [4].

DSS (Decision Support System) – полнофункциональные системы анализа и исследования данных, рассчитанные на подготовленных пользователей, имеющих знания как в части предметной области исследования, так и в части компьютерной грамотности. Обычно для реализации DSS-систем (при наличии данных) достаточно установки и настройки специализированного ПО поставщиков решений по OLAP-системам и Data Mining.

Такое деление систем на два типа не означает, что построение СППР всегда предполагает реализацию только одного из этих типов. EIS и DSS могут функционировать параллельно, разделяя общие данные и/или сервисы, предоставляя свою функциональность как высшему руководству, так и специалистам аналитических отделов компаний [5].

Заключение

На сегодняшний день не существует признанного лидера в области производства программного обеспечения для построения систем СППР. Ни одна из компаний не производит готового решения, что называется «из коробки», пригодного к непосредственному использованию в производственном процессе заказчика. Создание СППР всегда включает в себя стадии анализа данных и бизнес-процессов заказчика, проектирования структур хранилища с учетом его потребностей и технологических процессов.

Несколько десятков различных фирм выпускают продукты, способные решать те или иные задачи, возникающие в процессе проектирования и эксплуатации систем СППР. Сюда входят СУБД, средства выгрузки/трансформации/загрузки данных, инструменты для OLAP-анализа и многое другое.

Учитывая размер вовлекаемых финансовых и других ресурсов, сложность и многоэтапность проектов построения систем СППР очевидна высокая стоимость ошибок проектирования. Ошибки выбора программного обеспечения могут повлечь за собой финансовые расходы, не говоря уже об увеличении времени выполнения проекта. Ошибки проектирования структуры данных могут вести как к неприемлемым производственным характеристикам, так и стоить времени потраченного на перезагрузку данных, которое порой достигает нескольких суток.

Поэтому глубоко понимая архитектуру хранилищ данных, необходимо избегать всяких ошибок, что влечет за собой значительное сокращение времени выполнения проекта и возможность получить максимальную отдачу от внедрения СППР.

Литература

1. Кравченко Т. К. и др.; Информатизация принятия экономических решений, Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов, 2008, № 9. С. 46–55.
2. Ларичев О. И.; Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах, М.: Логос, 2002, 296с.
3. В.И. Бодров, Т.Я. Лазарева, Ю.Ф. Мартемьянов; Математические методы принятия решений, ТГТУ, 2004, 83с.
4. Волков О.И.; Экономика предприятия. М.: ИНФРА. 2001, 461с.
5. Чепурин М.Н.; Курс экономической теории. Киров: АСА, 1999, 744с.

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Институт кибернетики

Молодёжь и современные информационные технологии

Сборник трудов

IX Всероссийской научно-практической конференции студентов,
аспирантов и молодых учёных

Часть 1

Секция 1. «Микропроцессорные системы, компьютерные сети и телекоммуникации»

Секция 2. «Математическое моделирование и компьютерный анализ данных»

Секция 3. «Информационные и интеллектуальные системы (в прикладных областях)»

