

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Копаница Георгий Дмитриевич

**Математическое и программное обеспечение интеллектуальной
информационной системы для управления сетью лечебных
учреждений**

Специальность 05.13.11 –

Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,
комплексов и компьютерных сетей

**Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Научный руководитель
д.т.н., проф. Силич В.А.

Томск – 2011

Содержание

Введение.....	4
Глава 1. Анализ текущей ситуации в управлении здравоохранением	14
1.1. Анализ систем управления в области здравоохранения.....	14
1.2. Анализ технологий проектирования сложных интеллектуальных информационных систем	17
1.3. Анализ способов организации взаимодействия между медицинскими информационными системами.....	21
1.4. Выводы.....	24
Глава 2. Назначение и структура интеллектуальной информационной системы ситуационного центра управления здравоохранением.....	25
2.1. Моделирование предметной области (лечебных бизнес-процессов)	26
2.1.1. Входящие и исходящие данные	27
2.1.2. Нормативные документы	28
2.1.3. Последовательность исполнения процесса и логика перехода процесса из одного состояния в другое.....	29
2.1.4. Связь с другими процессами	31
2.2. Структура и основные задачи ситуационного управления в области здравоохранения	31
2.2.1. Структура ИИС ситуационного центра управления здравоохранением	33
2.3 Математические модели принятия решений	36
2.3.1 Выбор класса математической модели методом Саати.....	41
2.3.2. Применение интегральных критериев для выбора класса математической модели	45
2.4. Модели хранения и передачи данных.....	47
2.4.1. Использование метода Саати для выбора класса модели обработки данных	51
2.4.2. Использование интегральных критериев для выбора класса модели обработки данных.....	54
2.5. Требования к интеллектуальной информационной системе.....	56
2.6. Выводы	57
Глава 3. Интеллектуальная система поддержки принятия решений ситуационного центра управления здравоохранением	59

3.1. Оценка эффективности управления системой здравоохранения региона в режиме ежедневного управления	61
3.1.2. Управление в кризисной ситуации	63
3.2. Реинжиниринг БП «Оценка эпидемиологической ситуации»	68
3.3. Разработка математической модели системы поддержки принятия решений.....	70
3.3.1. Базовые исчисления логики КТ для обратного метода	70
Теорема полноты обратного метода без секвенций	82
3.4. Проектирование системы логического вывода интеллектуально информационной системы ситуационного центра.....	85
3.5. Метод моделирования ситуаций на основе архетипного подхода и модальной логики	88
3.6. Выводы.....	90
4.1. Проектирование КИМПО.....	92
4.1.1. Формирование концептуальной информационной модели предметной области.....	92
4.1.2. Проектирование взаимодействия с внешними поставщиками данных	94
4.1.3. Проектирование системы сбора данных медицинской статистики.....	98
4.2. Реализация системы.....	102
4.2.1. Основные классы программы	105
4.3. Визуализация данных	107
4.4. Внедрение в муниципальном лечебно-профилактическом медицинском учреждении (МЛПМУ) "Больница №2"	107
4.5. Внедрение в системе здравоохранения города Ингольштадт, (Германия).....	111
4.6. Выводы.....	114
Заключение	116
Библиографический список	119
Приложение 1. Листинг программной реализации системы сбора медицинской статистики	135
Приложение 2	142

Введение

Актуальность работы

Одним из важных факторов влияющим на уровень жизни в стране является качество предоставления медицинских услуг, которое существенно зависит от эффективности управления здравоохранением.

Информатизация учреждений здравоохранения позволит сделать их более ориентированными на потребителя: пациента, получающего медицинские услуги, и органы власти, являющихся заказчиком услуг. Реализация медицинских информационных систем (МИС) позволит как автоматизировать бизнес-процессы лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ), так и решать задачи централизованного управления учреждениями здравоохранения в масштабах региона России. В области создания таких МИС накоплен определенный опыт, который описан в работах следующих авторов как А.И.Вялков, В.К.Гасников, Б. Блобель, С. Гарде, П. Кнауф, Т.Биль.

Особенностью российской системы здравоохранения является строгая иерархия организационной структуры, в рамках которой можно четко выделить центры управления различных уровней – муниципальный, региональный и национальный, в которых происходит концентрация отчетных данных и выработка управленческих решений. Разрабатываемые МИС должны учитывать особенности организации здравоохранения в регионе и выполнять не только функции автоматизации бизнес-процессов ЛПУ, но и являться поставщиком специфических медицинских данных для региональных центров управления.

В настоящее время функции информационных систем в региональных центрах управления здравоохранением ограничиваются сбором и накоплением статистических данных, что не достаточно эффективно для принятия эффективных управленческих решений.

Для обеспечения эффективности управления, необходима организация центров принятия управленческих решений, средствами которых можно на автоматической или автоматизированной основе осуществлять планирование, оперативное управление и мониторинг работы отрасли здравоохранения. В последнее время в России для решения подобных задач получили распространение ситуационные центры, которые показали свою эффективность в различных сферах деятельности, как при ежедневном управлении на различных уровнях, так и в кризисных ситуациях. Основным методологическим инструментом разработки ситуационных центров в различных областях является аппарат системного анализа и теории принятия решений, в развитие которого большой вклад внесли такие ученые, как Месарович М., Мако Д., Такахара И., Холл А., Янг С., Оптнер С., Акофф Р., Саймон Г., Саати Т., Черняк Ю.И., Федоренко Н.П., Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П., Михалевич В.С., Волкович В.Л., Клир Дж., Волкова В.Н., Ларичев О.И. и др. Методы и модели, разрабатываемые в данном направлении, используются на этапах анализа проблемных ситуаций и синтеза создаваемых систем для формирования целей и задач, разработки вариантов достижения целей, а также проектирования требуемых видов обеспечений (организационного, информационного, программного, правового и т.д.).

Сложность формализации процесса принятия решений в здравоохранении связана с большим объемом качественных данных, влиянием субъективных мнений экспертов и накопленным опытом законченных случаев. Поэтому, основное внимание при

проектировании информационной системы, начиная от постановки диагноза и назначения плана лечения врачом до принятия управленческих решений, следует уделять ее способности интеллектуально обработки данных, а именно, возможности обучения информационной системы на основе опыта ее использования и возможности работы с персонифицированными и нечеткими знаниями на основе методологии инженерии знаний и технологии экспертных систем. Среди авторов, развивающих данную методологию можно выделить Минского М., Хейеса-Рота Ф., Уотермана Д., Лената Д., Уэно Х., Исидзука М., Осуга С., Форсайта Р., Заде Л., Сугено М., Мамдани Е., Поспелова Г.С., Поспелова Д.А., Попова Э.В., Леоненкова А.В., Гаврилову Т.А. Недостаточно проработанным, по-прежнему, остается способность существующих моделей адекватно учесть слабую формализованность, неполноту и персонифицированность знаний такой предметной области как управление здравоохранением.

Таким образом, несмотря на наличие моделей и средств, задача разработки интеллектуальной информационной системы для управления сетью лечебных учреждений, входящих в систему здравоохранения региона еще не разрешена. Решение же данной задачи позволит, в конечном счете, повысить уровень жизни населения, что и определяет актуальность темы диссертационной работы.

Цель диссертационной работы. Разработка математического и программного обеспечения интеллектуальной информационной системы для управления сетью лечебных учреждений региона, обеспечивающей повышение эффективности принимаемых решений по улучшению качества медицинского обслуживания населения.

Для достижения поставленной цели необходимо последовательное решение следующих задач:

1. Построить модель предметной области для решения задач управления сетью лечебных учреждений;
2. Разработать требования к интеллектуальной информационной системе для управления сетью лечебных учреждений;
3. Провести анализ подходов к построению систем логического вывода и обосновать выбор класса математической модели для разрабатываемой системы поддержки принятия решений, реализующей функции логического вывода в условиях неопределенности и неполноты знаний предметной области здравоохранения. Провести анализ подходов к организации хранения и передачи данных в медицинских информационных системах и обосновать выбор модели для разрабатываемой системы;
4. Разработать математическую модель системы интеллектуальной обработки данных в рамках ситуационного центра по управлению здравоохранением, основанную на аппарате модальной логики и методе обратного вывода;
5. Разработать алгоритм упорядочивания путей логического вывода на основе модальной логики и метода обратного вывода;
6. Доказать теорему полноты для метода обратного вывода;
7. Выполнить программную реализацию интеллектуальной информационной системы оперативного сбора и обработки данных на основе модальной логики, метода обратного вывода и архетипного подхода для обработки данных медицинской статистики;
8. Провести апробацию и внедрение разработанных моделей, алгоритмов и программ для обработки данных в сети ЛПУ.

Методы исследования. В работе использованы методы математического и статистического анализа, теории доказательств, модальной логики, моделирования с использованием инструментальных средств моделирования бизнес-процессов Aris, BPWin, MS Visio. Для определения медицинских знаний применялось моделирование медицинских архетипов с применением дуального подхода и пакета моделирования LinkEHR. Для статистической обработки результатов эксперимента использовался пакет MS Excel. Для программной реализации системы применялась интегрированная среда разработки MS Visual Studio.

Научная новизна полученных в работе результатов состоит в следующем:

1. Разработана математическая модель принятия решений, на основе модальной логики и обратного вывода, позволяющая повысить адекватность описания экспертных знаний путем добавления модальных операторов «известно» и «возможно» и отсутствием необходимости использования внелогических инструментов при организации вывода;
2. Доказана теорема полноты для обратного вывода $KT^{\Phi, \rightarrow}_{inv}$, что позволяет использовать данный метод для реализации достоверной системы поддержки принятия решений;
3. Разработан алгоритм упорядочивания путей логического вывода для обратного вывода $KT^{\Phi, \rightarrow}_{inv}$, позволяющий снизить трудоемкость обработки данных с полиномиальной степени 2.3 до 1.2;
4. Разработан метод моделирования ситуаций предметной области на основе архетипного подхода и модальной логики, позволяющий исключить трудозатраты со стороны ЛПУ при внесении изменений в набор внешних данных без изменения структуры базы данных и дополнительного программирования систем;

5. Создана и исследована программная система оперативной обработки и интеллектуального анализа медицинской статистики на основе модальной логики, метода обратного вывода и архетипного подхода, позволяющая увеличить эффективность обработки данных.

Практическая значимость работы.

Практическая значимость исследования заключается в разработке интеллектуальной информационной системы для управления сетью лечебных учреждений, использующей модальную логику, метод обратного вывода и архетипный подход. Данная система предназначена для решения широкого круга задач по обработке и анализу медицинских данных. Использование системы позволяет автоматизировать процесс обработки медицинских данных, осуществлять их интеллектуальный анализ, извлекать отсутствующие данные, увеличивать скорость их обработки. Система имеет удобный web-интерфейс, что позволяет использовать ее в любых операционных средах.

Внедрение результатов работы

Созданный программный комплекс прошел апробацию и используется следующими предприятиями: Сеть медицинских учреждений GO IN, г. Ингольштад (Германия), МЛПМУ "Больница №2, г. Томск.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель принятия решений интеллектуальной информационной системы для управления сетью лечебных учреждений;
2. Алгоритм упорядочивания путей вывода для метода обратного вывода $KT^{\Phi, >}_{inv}$;
3. Теорема полноты для обратного вывода для логики KT ;

4. Метод моделирования ситуаций на основе архетипного подхода и модальной логики;
5. Программная реализация ИИС сбора и обработки медицинской статистики на основе модальной логики, метода обратного вывода и архетипного подхода международного стандарта ISO 13606;
6. Результаты практического применения разработанного математического и программного обеспечения для управления сетью ЛПУ.

Личный вклад автора

Основные результаты диссертационной работы получены автором лично. Теоремы полноты были сформулированы и доказаны совместно с Новосельцевым В.Б. Внедрение в МЛПМУ "Больница №2 проводилось совместно с компанией ЮМССофт (Директор Меркер Э.С.) под техническим руководством Пономарева А.А. Внедрение в сети GO IN проводилось совместно с центром Гельмгольца, г. Мюнхен (Германия).

Апробация работы. Основной материал представлен в научных докладах, которые обсуждались на следующих конференциях и форумах

1. VI Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления» (Томск, 2010);
2. Всероссийская научная конференция «Когнитивные науки: междисциплинарное исследование мышления и интеллекта» (Томск, 2009);
3. VII, VIII, IX и X Всероссийские научно-практические конференции студентов «Молодежь и современные информационные технологии» (Томск, 2007-2010);
4. VII Всероссийская научно-практическая конференция «Технологии Microsoft в теории и практике программирования» (Томск, 2010);
5. IX Международная конференция форума Коха-Мечникова (Новосибирск, 2010);

6. Международная конференция «Фундаментальные проблемы разработки и эксплуатации медицинских информационных систем в Российской Федерации» (Томск, 2010);

7. Международная конференция E-health without borders, EFMI STC Conference, Lasko, Slovenia 14-15 April 2011.

Работа поддержана грантом УМНИК фонда Бортника.

Публикации. Основное содержание диссертационной работы отражено в 7 статьях, 2 из которых опубликованы в профильных журналах, рекомендованных ВАК РФ для кандидатских диссертаций.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников 149 наименований и двух приложений. Объем основного текста диссертации - 134 страниц машинописного текста, иллюстрированного 36 рисунками и 14 таблицами.

Содержание работы

Во введении дается обоснование актуальности работы в данном научном направлении, формулируются цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость. Во введении представлены сведения о внедрении результатов работы, публикациях по теме диссертации, апробации работы, личном вкладе автора, объеме и структуре исследования.

В первой главе проанализирована ситуация в области управления здравоохранением, проведен обзор математических формализмов, лежащих в основе системы поддержки принятия решений. Проведен анализ подходов к организации взаимодействия медицинских информационных систем. Поставлены задачи по повышению эффективности управления в области здравоохранения.

На основе проведенного анализа сделано заключение, что имеющиеся теоретические знания и практические рекомендации по разработке интеллектуальных систем для управления сетью лечебных учреждений недостаточны для разработки интеллектуальной системы, обеспечивающей эффективное управление сетью лечебных учреждений, что свидетельствует об обоснованности цели и способов ее достижения, сформулированных во введении.

Во второй главе приводится постановка задачи ситуационного управления в рамках системы здравоохранения. Формулируются требования к интеллектуальной информационной системе, лежащей в основе ситуационного центра, приводится ее структура и технология работы. Сформулированы основные требования к математической модели системы и к модели хранения и передачи данных системы. На основе требований заданы критерии выбора классов соответствующих моделей для разрабатываемой системы и произведен их выбор на основе метода Саати и интегральных критериев.

В третьей главе разработана математическая модель системы, основанная на аппарате модальной логики, позволяющая повысить скорость и эффективность обработки данных применительно к существующим задачам. Исследуемая предметная область описана в терминах модальной логики. Описан модальный логический вывод: правила логического вывода. Доказана Теорема полноты для метода обратного вывода $KT^{Ф, >}_{inv}$. Разработан Алгоритм упорядочивания путей логического вывода для метода обратного вывода логики KT . Разработан метод моделирования ситуаций на основе модальной логики и архетипного подхода.

В четвертой главе приведена реализация интеллектуальной информационной системы ситуационного центра управления здравоохранением. Сформированы КИМПО и реляционная модель

обработки данных: проведены первичный анализ информационных потребностей пользователей и формирование исходных сущностей, уточнение исходных сущностей, связывание сущностей в отношения, нормализация отношений, построена реляционная модель обработки данных. Был разработан коммуникационный модуль, который позволяет осуществлять импорт данных из МИС, система хранения данных, которых не соответствует стандарту ISO 13606. Проведена визуализация данных на основе программного пакета Novospark Vizualizer, позволяющая представить данные в наглядной форме, а также обнаружить скрытые закономерности в наборах данных. Разработанные модели, алгоритмы и технологии созданной системы применены для организации обработки данных в МЛМПУ «Больница №2» г.Томск и системе здравоохранения GO IN г. Ингольштадт, Германия.

В заключении приведены основные результаты по диссертационной работе.

В приложении приведены акты внедрения результатов диссертационной работы и элементы программной реализации модулей интеллектуальной информационной системы для управления сетью лечебных учреждений.

Глава 1. Анализ текущей ситуации в управлении здравоохранением

В настоящее время на рынке медицинских информационных систем (МИС) представлено значительное количество решений, обеспечивающих автоматизацию как отдельных бизнес-процессов в рамках ЛПУ (например, ведение электронной истории болезни, сбор и анализ медицинской статистики), так и комплексные решения, позволяющие охватить весь спектр деятельности ЛПУ [1-4]. Отдельные МИС позволяют организовать взаимодействие с современным медицинским оборудованием [4,5,6], имеющим интерфейсы для обмена данными с электронной историей болезни пациента, однако отсутствуют программные комплексы, включающие системы поддержки принятия решений, которые могли бы стать основой для решения задач управления здравоохранением национальном уровне или на уровне региона [7-10].

Создание единого информационного пространства в области здравоохранения затруднено также тем, что внедренные в настоящее время в ЛПУ информационные системы разрабатывались до появления стандартов хранения и передачи медицинских данных [7-10].

1.1. Анализ систем управления в области здравоохранения

Анализ работ, посвященных управлению здравоохранением [9,11-13], показывает, что для обеспечения эффективности управления системой здравоохранения, необходимо наличие центра принятия управленческих решений, средствами которого могло бы осуществляться на автоматической или автоматизированной основе планирование, оперативное управление и мониторинг работы отрасли здравоохранения [1-3,9,13].

В последнее время в России и других странах для решения задач централизованного управления в различных отраслях [14-16] получил

распространение ситуационный подход к управлению [17-20] и стали развиваться ситуационные центры [14-20], которые показали свою эффективность как при ежедневном управлении на различном уровне, так и при управлении в кризисных ситуациях. Ситуационное управление [15-17] опирается на строгость теоретических подходов, но дополнительно содержит средства варьирования условиями “вопреки” формальным ограничениям [20]. Данное обстоятельство позволяет широко использовать системы интеллектуальной обработки знаний в рамках ситуационного управления. Ситуационные центры, в свою очередь, способны решать задачи управления, основными из которых являются следующие [14-20]:

1. Мониторинг состояния объекта управления с прогнозированием развития ситуации на основе анализа поступающей информации;
2. Моделирование последствий управленческих решений, на базе использования информационно-аналитических систем;
3. Экспертная оценка принимаемых решений и их оптимизация;
4. Управление в кризисной ситуации;
5. Визуализация данных.

Учитывая специфику отрасли здравоохранения [1-4,7-13] и результаты работ, посвященных ситуационному управлению [14-21], можно выделить следующие основные функции ситуационного центра управления здравоохранением:

1. Моделирование ситуаций с определением атрибутов и их нормальных интервалов;
2. Организация сбора медицинских данных из ЛПУ и внешних ресурсов;
3. Анализ ситуаций, на основе текущих значений атрибутов;

4. Поддержка принятия управленческих решений на основе анализа ситуаций;

5. Визуализация данных для эффективного взаимодействия информационной системы ситуационного центра с операторами.

В управлении региональной системой здравоохранения специалистами выделяется два основных класса ситуаций: кризисные ситуации управления [21-26] в период эпидемий и чрезвычайных ситуаций и рутинное управление системой с планированием исполнением и мониторингом основных процессов по ключевым показателям [24-26].

Основными методологическими инструментами разработки сложных интеллектуальных информационных систем, является аппарат системного анализа и теории принятия решений, в развитие которого большой вклад внесли такие ученые, как Месарович М., Мако Д., Такахара И., Холл А., Янг С., Оптнер С., Акофф Р., Саймон Г., Саати Т., Черняк Ю.И., Федоренко Н.П., Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П., Михалевич В.С., Волкович В.Л., Клир Дж., Волкова В.Н., Ларичев О.И. и др. Методы и модели [27-31], разрабатываемые в рамках этого направления, могут быть использованы на этапе анализа системы здравоохранения для выявления проблемных ситуаций, существующих тенденций и ограничений и при моделировании требований к информационной системе. Данные методы могут применяться на этапе реализации системы при проектировании и разработке программных средств, реализующих поставленные цели.

Анализ результатов исследований [22,25-31] показал, что на пути применения системного подхода в методике разработки ситуационного центра управления здравоохранением существуют определенные трудности. Одна из них связана со слабой формализованностью, как методов системного анализа, так и

прикладной предметной области, требующей творческого подхода к решению задач, что затрудняет их автоматизацию. Во многом эффективность использования методов зависит от опыта и квалификации разработчика информационной системы. При этом ему приходится оперировать нечеткой и неполной информацией, что особенно характерно для такой предметной области как здравоохранение. Постоянное изменение ситуации в области здравоохранения приводит к частой смене требований к информационной системе, в частности к набору данных, которые необходимо обрабатывать ситуационному центру.

Другим фактором, затрудняющим решение задачи проектирование и разработки ситуационного центра, является его иерархическая структура, предполагающая необходимость использования различных методологий для проектирования и разработки подсистем.

Преодоление указанных трудностей возможно путем использования методов многовариантного объектно-ориентированного проектирования [32-34] модулей интеллектуальной информационной системы ситуационного центра, концепции сервис-ориентированного подхода (SOA) [35-37] для связи модулей ситуационного центра между собой и с внешними поставщиками данных, концепции архетипного моделирования медицинских знаний, изложенной в стандартах ISO 13606 и OpenEHR [38-43], технологии интеллектуальных экспертных систем и технологии реинжиниринга бизнес-процессов.

1.2. Анализ технологий проектирования сложных интеллектуальных информационных систем

Основой ситуационного центра является интеллектуальная система поддержки принятия решений [15-21], которая отвечает как за

моделирование знаний, так и за организацию логического вывода при моделировании ситуаций, принятии решений и прогнозировании основных показателей [12-14,27-32].

Успехи в области создания интеллектуальных информационных систем (ИИС) [44-47] стимулировали применение технологий и методов искусственного интеллекта для решения двух основных задач: повышения скорости обработки данных и расширения функций системы.

Вопросам инженерии знаний и технологии экспертных систем посвящено значительное количество трудов. Среди авторов можно выделить Минского М., Хейеса-Рота Ф., Уотермана Д., Лената Д., Уэно Х., Исидзука М., Осуга С., Форсайта Р., Заде Л., Сугено М., Мамдани Е., Поспелова Г.С., Поспелова Д.А., Попова Э.В., Леоненкова А.В., Гаврилову Т.А. [48-51].

В рамках данного направления разработаны методы моделирования слабо формализуемых предметных областей, позволяющих отражать как фактические знания о структуре, свойствах объектов (ситуаций, прецедентов) предметной области, так и операционные знания о логических, причинно-следственных, ассоциативных зависимостях, в том числе учитывающих неопределенности случайного или нечеткого характера, типичных для предметной области здравоохранения. Использование экспертных знаний, таких как типовые описания различных классов сложных систем, описание зависимостей характеристик системы, и др., могли бы значительно повысить эффективность и надежность принимаемых СППР решений [52].

Основным элементом интеллектуальной СППР является система логического вывода [44-53]. Главной задачей системы логического вывода является организация вывода на основе определенных

показателей. С точки зрения решения математической проблемы, решение данной задачи сводится к автоматическому доказательству теорем.

Сложность решения задач управления здравоохранением обусловлена субъективными суждениями и отсутствием общих стандартов управления данной слабо формализованной предметной областью.

Аппарат математической логики, который служит для описания объектов предметной области и взаимодействия между ними, предлагает различные формализмы и модели, которые могут стать основой для формирования системы поддержки принятия решений.

Традиционным инструментом автоматического поиска, лежащим в основе систем поддержки принятия решений, является метод резолюций, применяемый в классическом Прологе [54]. Метод резолюций применяется также и в таких системах логического вывода для модальных логик как *SAT [55]. Традиционно, такие методы называют целеориентированными или прямыми. Алгоритм прямого логического вывода определяет, следует ли единственный пропозициональный символ (запрос) из базы знаний, представленной в форме хорновских выражений [56]. Он начинает работу с известных фактов (положительных литералов) в базе знаний. Если известны все предпосылки некоторой импликации, то ее заключение добавляется к множеству известных фактов.

Не менее мощным, но существенно реже используемым, является обратный (по отношению к целеориентированным) метод [57-60], предусматривающий при оценке формулы движение «от аксиом».

Исчисление предикатов первого порядка, применяемое в прологе, отличается близкой к естественным языкам выразительностью, позволяющей описывать знания предметной области. Однако, использование исчисления предикатов первого порядка требует от разработчика применения внелогических инструментов, таких как отсечения (cut) и методов контроля непротиворечивости базы знаний [56]. Данное обстоятельство не позволяет в полной мере доверять решениям, принимаемым системой поддержки принятия решений.

Популярные нечеткие логики для решения задач управления здравоохранением далеко не всегда адекватны [61-63], а работа с модальностями в рамках традиционных подходов, как правило, реализуется введением эклектичных механизмов, снижающих степень уверенности в корректности реализованного на таком базисе программного обеспечения [64-67]. Модальные теории (в разных модификациях) естественным образом включают понятия необходимости, возможности и персонифицированности. [66-67].

Модальные теории с эффективными стратегиями планирования могут быть успешно использованы в автоматизации проектирования (когда не известны строгие правила вывода для анализируемой предметной области), в экспертных и других когнитивных системах [50].

Концепции ряда современных интеллектуальных систем поддержки принятия решений предусматривают совместное использование традиционных технологий и модальных компонентов [67-71].

Эффективная программа автоматического установления выводимости для модальных систем, основанная на обратном методе, реализована лишь недавно [58,65-66]. Успешность применения обратного метода, в значительной степени, обусловлена его настройкой на анализируемую формулу и возможностью применения

эффективных критериев борьбы с избыточностью пространства вывода, что способствует сокращению ресурсных характеристик поиска [57-58]. Следует отметить, что обратный метод ориентирован на формирование пространства вывода (а не только самого вывода) в виде леса. Разработка системы поддержки принятия решений, включающей систему вывода, основанную на модальной логике и обратном методе, позволит осуществлять эффективное моделирование и обработку знаний предметной области, а также повысить надежность и достоверность принимаемых решений.

1.3. Анализ способов организации взаимодействия между медицинскими информационными системами

Задачи управления неразрывно связаны со сбором и обработкой большого количества информации [72-73]. Анализ внедренных на уровне ЛПУ медицинских информационных систем [74-76] показал, что, не смотря на большое количество успешных внедрений, системы, работающие в ЛПУ, в настоящее время не позволяют решать целый ряд задач, связанных с обменом медицинскими данными. Отсутствуют инструменты взаимодействия между такими системами на региональном уровне, что не позволяет создавать центры управления, способные оперативно решать задачи планирования и учета, опираясь на актуальные и достоверные данные [1-3,11]. Такая ситуация складывается и из-за того, что использующиеся на уровне ЛПУ МИС имеют различную архитектуру и структуру хранения данных при отсутствии какой-либо интегрирующей системы, а эффективное централизованное управление региональной системой здравоохранения возможно только при использовании технологий, позволяющих объединить различные МИС для организации оперативного обмена данными [38-39].

Разработанные стандарты хранения и обмена медицинскими данными, такие как ISO 13606, HL-7, openEHR [38,39,41-43,77] определяют требования к структуре данных для обеспечения их обмена между различными системами, но не предоставляют инструментов для реализации подобного обмена. Исследования показали, что отсутствуют инструменты передачи данных [38-39,43], а существующие системы моделирования медицинских знаний в настоящий момент не позволяют раскрыть всего потенциала, заложенного в стандарты [39,77].

Двухуровневое представление данных, состоящее из эталонной модели и модели архетипов, предлагаемое стандартом ISO 13606 позволяет разделить данные и знания. Такой подход позволяет разработку базы данных системы таким образом, что стандартные структуры данных могут храниться и обрабатываться в виде архетипов, являющихся набором классов эталонной модели стандарта [38-39,41-43]. Архетипы описываются языком определения архетипов (ADL), грамматика которого определена в стандарте ISO 13606.

Применение стандарта хранения и передачи медицинских данных ISO 13606 позволит оперировать данными с заранее известной структурой, что исключит необходимость преобразования данных при передаче их в ситуационный центр от медицинских информационных систем, установленных в ЛПУ.

Для эффективного применения стандартных структур данных, необходимо при проектировании системы сбора и анализа медицинских данных ситуационного центра управления здравоохранением учесть структуру эталонной модели и язык описания архетипов ADL. Это позволит решить проблему реализации системы моделирования и распознавания стандартных структур медицинских данных.

Эти подходы в настоящее время не применяются для организации централизованной обработки информации, не смотря на то, что это может упростить обмен между центром и поставщиками данных [61-64].

Для решения задачи объединения медицинских учреждений в единое информационное пространство и объединение информационного потока и потока управления, целесообразно использовать дуальный (архетипный) подход к проектированию МИС с разделением данных и знаний [38-39]. Такой подход позволит организовать обмен информацией без изменения систем-поставщиков и сократить затраты на разработку медицинских информационных систем уровня ЛПУ. Это даст возможность в короткие сроки изменять набор поставляемых в ситуационный центр данных, что является одним из основных требований при информатизации системы здравоохранения.

Применение методологии ситуационного управления [15-17,78] позволит повысить эффективность управления системой здравоохранения в региональном масштабе. Для этого предлагается проектирование и реализация ситуационного центра управления с двумя основными функциями: кризисный ситуационный центр управления эпидемиологической ситуацией и центр обеспечения анализа и прогнозирования основных индикаторов качества оказания медицинской помощи в регионе [79].

Основной задачей кризисного ситуационного центра является задача классификации [80-81], что означает, отнесение эпидемиологической ситуации к определенному классу опасности на основе индикаторов, получаемых из лечебных учреждений. Главной же задачей ситуационного центра анализа и прогнозирования является своевременный сбор текущих данных, на основании которых ведется

анализ текущей ситуации в здравоохранении, и прогнозирование ее развития.

1.4. Выводы

1. Интеллектуальная обработка данных в рамках системы поддержки принятия решений позволит реализовать систему поддержки принятия решений, которая автоматизирует процесс управления и повысить эффективность функционирования системы здравоохранения в масштабах региона России;
2. Применение модальной логики и обратного вывода при реализации интеллектуальной системы поддержки принятия решений ситуационного центра даст возможность учесть такие особенности предметной, как персонифицированность, нечеткость и неполноту знаний. Это повысит эффективность и надежность принимаемых решений;
3. Разработка системы сбора медицинских данных с применением архетипного подхода обеспечит возможность эффективного обмена информацией между медицинскими информационными системами, функционирующими в ЛПУ.

Глава 2. Назначение и структура интеллектуальной информационной системы ситуационного центра управления здравоохранением

Процесс создания системы, предназначенной для разрешения сложной многофакторной проблемы, рассматривается как процесс поиска средств ликвидации данной проблемы [81]. Декомпозиция по жизненному циклу продукции (услуги) позволяет выделить этапы, системной последовательности принятия решений, которая и составляет основу процесса проектирования сложной системы. На рисунке 2.1 показаны этапы проектирования ситуационного центра, которые в дальнейшем последовательно подробно описаны в работе.

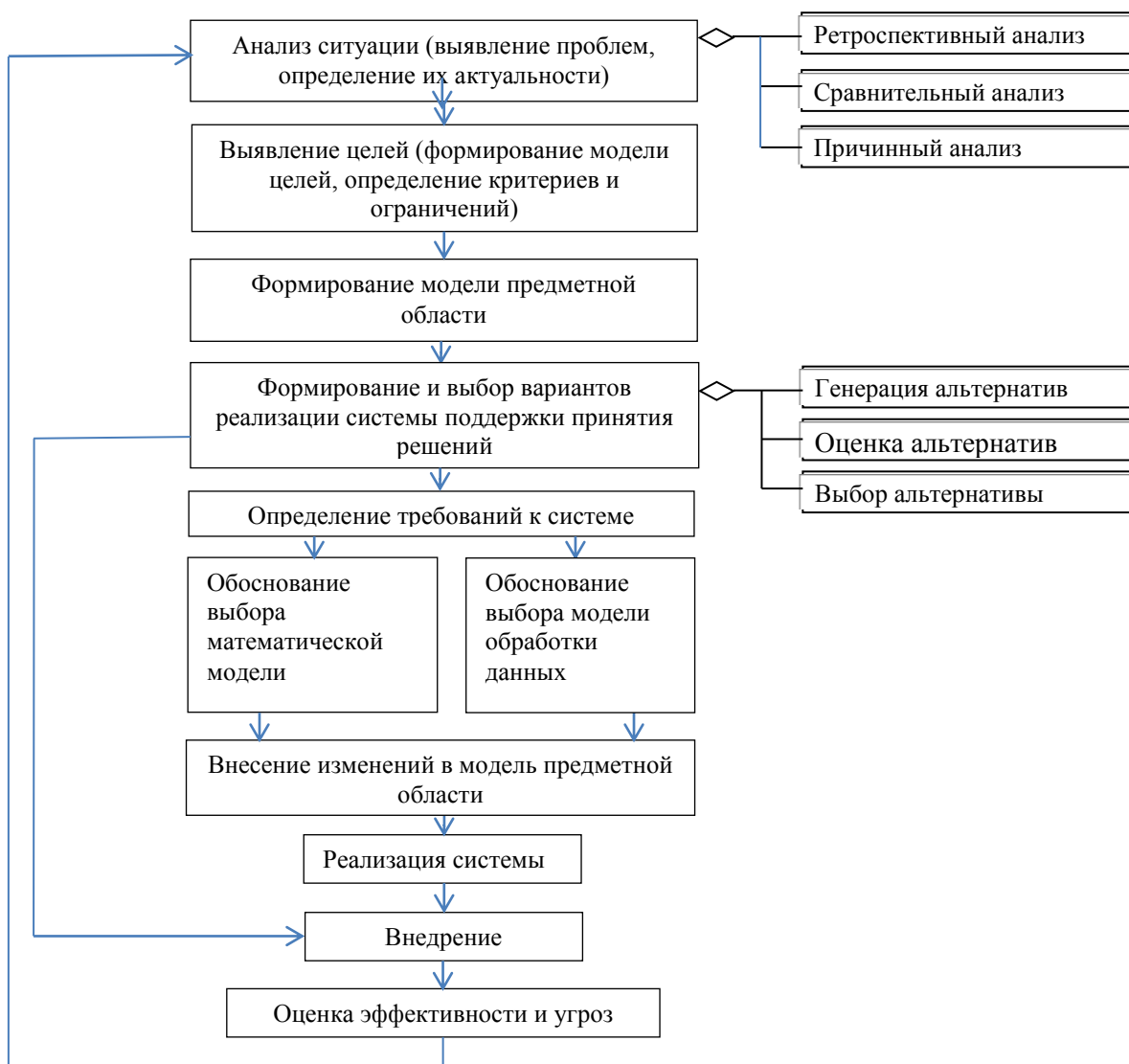


Рисунок 2.1 - Этапы проектирования ситуационного центра

2.1. Моделирование предметной области (лечебных бизнес-процессов)

Для выявления основных задач ситуационного центра была разработана модель предметной области, при формировании которой использовалась методология Aris [82]. Система регионального здравоохранения представлена в виде структуры бизнес-процессов, сформированной на основе методологии структурно-функционального анализа. Модель бизнес-процесса «Амбулаторное лечение» сформирована в нотации IDEF0. Модель отражает структуру и иерархию бизнес-процесса, детали выполнения, исполнителей и последовательность документооборота.

На модели предметной области были исследованы этапы формирования данных, на основании которых осуществляется оценка деятельности как деятельности ЛПУ, так и системы регионального здравоохранения в целом.

На рисунке 2.3 представлена концептуальная модель процесса «Амбулаторное лечение». Слева, входящие стрелки, представлены потоки данных поступающих в данную модель. Справа представлены документы, являющиеся результатом исполнения бизнес-процесса. Стрелки сверху являются управляющими объектами модели и представлены номерами медицинских форм и различными постановлениями вышестоящих инстанций.



Рисунок 2.3 - Модель процесса «Амбулаторное лечение» в нотации IDEF0
 Целью моделирования является систематизация знаний о процессе «Амбулаторное лечение» в наглядной графической форме более удобной для аналитической обработки полученной информации. Модель отражает структуру и иерархию бизнес-процесса, детали выполнения, исполнителей и последовательность документооборота.

2.1.1. Входящие и исходящие данные

В данном разделе будут рассмотрены основные документы, использующиеся и формирующиеся при исполнении бизнес-процесса «Амбулаторное лечение».

К основным входящим данным относятся:

- Паспортные данные пациента: необходимы для регистрации пациента в базе данных ЛПУ и оформления медицинской документации в виде форм № 025/у-04;
- Данные медицинского полиса;

- План-график осмотра граждан подлежащих дополнительной диспансеризации (ДД), сформированный с учетом численности и поименных списков работающих граждан, подлежащих ДД органами исполнительной власти субъекта РФ совместно с территориальным ФОМС для осуществления ДД;
- Норматив консолидированного бюджета субъекта РФ и подушевые нормативы финансового обеспечения, которые необходимы для формирования показателей оценки сбалансированности территориальной программы государственных гарантий оказания гражданам бесплатной медицинской помощи.
- Нормативы объема медицинской помощи: необходимы для формирования показателей оценки эффективности управления объемами и стоимостью медицинской помощи.

К исходящим данным относятся:

- Направления на дальнейшее исследование в другое учреждение здравоохранения;
- Сведения о ДД работающих граждан и сведения о результатах ДД работающих граждан: предоставляются в орган управления здравоохранением субъекта РФ по формам № 12-Д-1 и № 12-Д;
- Сформированные показатели оценки эффективности деятельности органов власти и субъектов РФ в области здравоохранения.

2.1.2. Нормативные документы

Все процессы, происходящие в рамках ЛПУ, строго регламентированы правовыми документами различного уровня. Далее приведены основные регламентирующие воздействия в рамках бизнес-процесса «Амбулаторное лечение»:

- Постановление Правительства РФ "О порядке признания граждан инвалидами" от 13 августа 1996 г. N965;

- Методические рекомендации к территориальной программе гос.гарантий оказания гражданам РФ бесплатной мед.помощи;
- Постановление N 811 от 2 октября 2009 г. на 2010 год «Программа гос.гарантий оказания гражданам РФ бесплатной мед.помощи»;
- Указа Президента Российской Федерации от 28 июня 2007 г. № 825 "Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации".

2.1.3. Последовательность исполнения процесса и логика перехода процесса из одного состояния в другое

При обращении пациента на него оформляется одна из форм: история развития ребенка (форма №112/у) либо карта амбулаторного пациента (форма №025/у-04) (Рисунок 2.4).

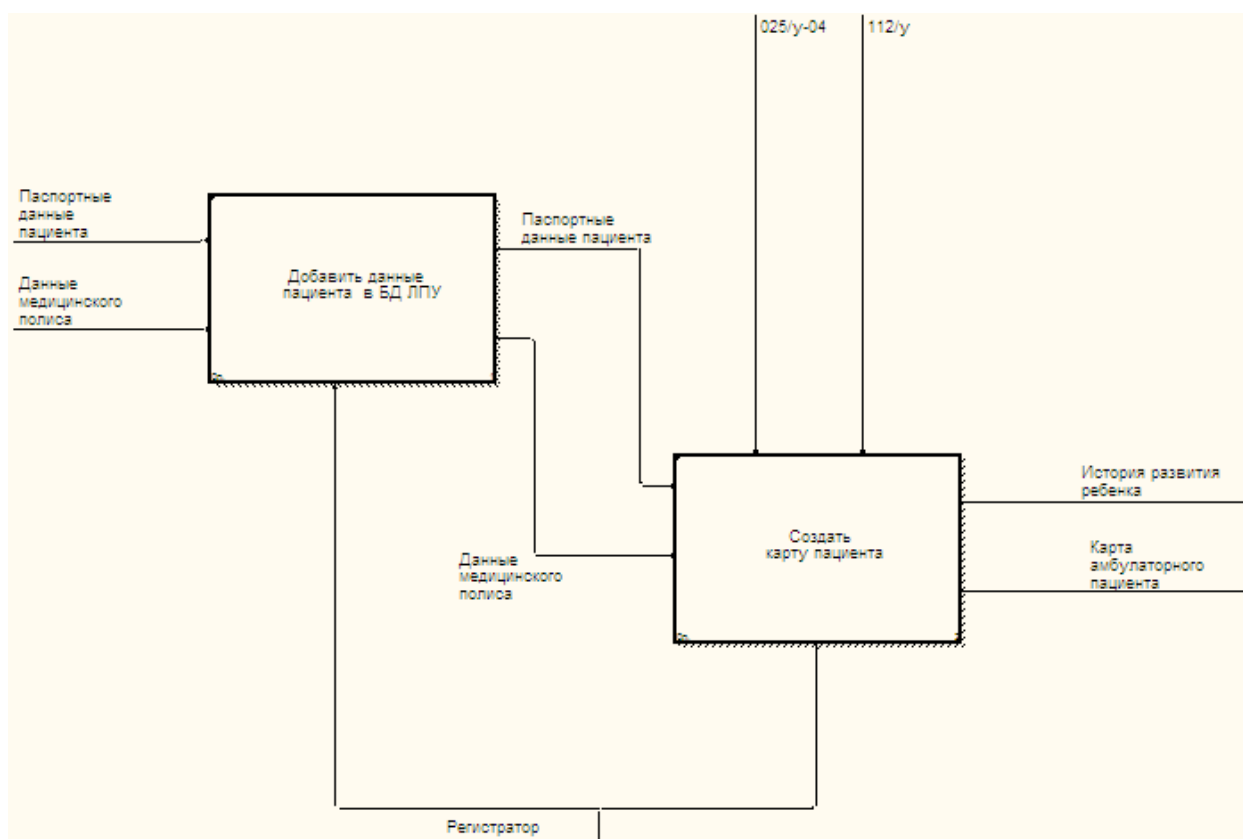


Рисунок 2.4 Декомпозиция подпроцесса «Прикрепление к ЛПУ»

По окончании подпроцесса прикрепления следует процесс непосредственного оказания услуг, на вход которого поступают документы, которые были сформированы ранее. Процесс оказания услуг декомпозируется в двух направлениях, таких как «Оказать услугу на

дому» и «Оказать услугу в ЛПУ», которые, в свою очередь, декомпозируются на более мелкие подпроцессы. Подпроцесс «Оказание услуг в ЛПУ» начинается с подачи заявки на услугу в регистратуру учреждения, где регистратор заполняет карточку предварительной записи на прием к врачу (форма № 040/у), в случае если пациент не намерен сразу посетить специалиста, выдает талон на прием к врачу (форма № 025-4/у-88) и оформляет талон амбулаторного пациента (ТАП) (форма № 025-12/у) на основании обращения и персональных данных. ТАП оформляется регистратором при каждом случае поликлинического обслуживания, а заполняется лечащим врачом, осуществляющим прием пациентов. Наряду с выше перечисленными документами, на вход процесса «Оказать услуги в ЛПУ» поступают «Карта амбулаторного пациента» (форма № 025/у-04) и/или «История развития ребенка» (форма № 112/у).

Началом оказания комплекса лечебно-диагностических услуг служит регистрация пациента в журнале регистрации амбулаторных больных (форма № 074/у) медсестрой. Основанием для регистрации служат следующие документы: ТАП, Карта амбулаторного больного, История развития ребенка, Талон на прием к врачу, отметка в карточке предварительной записи к врачу. В блок процесса «Прием врача» приходят уже обозначенные документы за исключением карточки предварительной записи. Данный блок регламентируется медико-экономическим стандартом, а также управляющим объектом является форма № 057/у-04 «Направление на госпитализацию, восстановительное лечение, обследование, консультацию».

Процесс обследования начинается с поступления на вход Медицинской карты амбулаторного пациента, Истории развития ребенка и направления на соответствующий вид обследования. Блок «Обследование» регламентируется теми же документами, что и блок «Прием врача». В блок «Оформить медицинскую документацию по

клиническому случаю» помимо карты амбулаторного пациента и истории развития ребенка приходит ТАП. Перечисленные документы участвуют в формировании следующих форм:

- форма № 12-Д-2 «Сведения о результатах ДД работающих граждан»;
- форма № 080/у-97 «Направление на ребенка до 18 лет для проведения медико-социальной экспертизы»;
- форма № 088/у-06 «Направление на медико-социальную экспертизу».

Далее форма № 12-Д-2 предоставляется в орган управления здравоохранением субъекта РФ, а формы № 080/у-97 и № 088/у-06 – на вход блока «Получить заключение о степени нетрудоспособности».

2.1.4. Связь с другими процессами

Процесс «Амбулаторное лечение» является поставщиком данных для других процессов управления здравоохранением, от которых он, в свою очередь получает управляющие воздействия в виде приказов и распоряжений начальника департамента здравоохранения города или региона, а также формы для заполнения данных медицинской статистики. Связь с процессами анализа данных и принятия решений показана на рисунке 2.5.

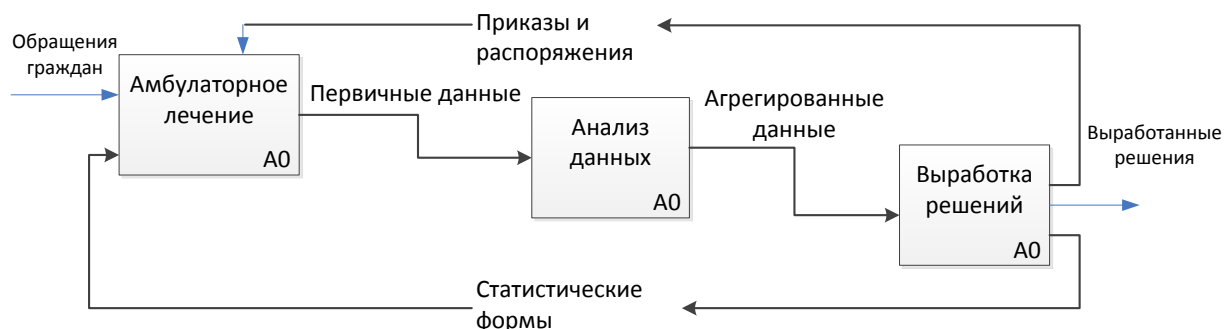


Рисунок 2.5 Взаимосвязь процессов «Амбулаторное лечение», «Анализ данных» и «Выработка решений»

2.2. Структура и основные задачи ситуационного управления в области здравоохранения

В управлении региональной системой здравоохранения специалисты выделяют два основных класса ситуаций: кризисные

ситуации в период эпидемий и чрезвычайных ситуаций и рутинное управление системой с планированием, исполнением и мониторингом основных процессов по ключевым показателям. Каждому этапу исполнения бизнес-процесса соответствуют следующие задачи управления данными: ввод данных и организация их хранения и передача на следующий этап.

В ходе анализа модели процесса «Амбулаторное лечение» выявлены основные этапы формирования данных для системы поддержки принятия решений ситуационного центра управления здравоохранением. Данные, необходимые, для функционирования центра формируются в подпроцессе «Оказание лечебно-диагностических услуг», а после исполнения данного подпроцесса в системе возникает ситуация, когда необходимо передать информацию различным получателям. Это вызывает большую нагрузку на пользователей в связи с необходимостью повторного ввода и ручной пересылки данных.

Анализ модели предметной области показал, что в зависимости от складывающейся эпидемиологической ситуации по определенной нозологии изменяется набор статистических данных и периодичность их передачи в Роспотребнадзор и в департаменты статистики здравоохранения региона и города. В результате этого исполнение бизнес-процесса замедляется, а данный этап процесса можно охарактеризовать как «узкое место» системы.

Таким образом, решение задач, связанных с обработкой данных на этапе «Оказание лечебно-диагностических услуг» процесса «Амбулаторное лечение» а также организация эффективного взаимодействия между процессами «Амбулаторное лечение», «Анализ данных» и «Выработка решений» дает возможность повысить эффективность функционирования системы здравоохранения. На рисунке 2.6 представлена иерархия задач ситуационного центра. Для

решения задач верхнего уровня необходимо исполнение всех задач более низкого уровня.

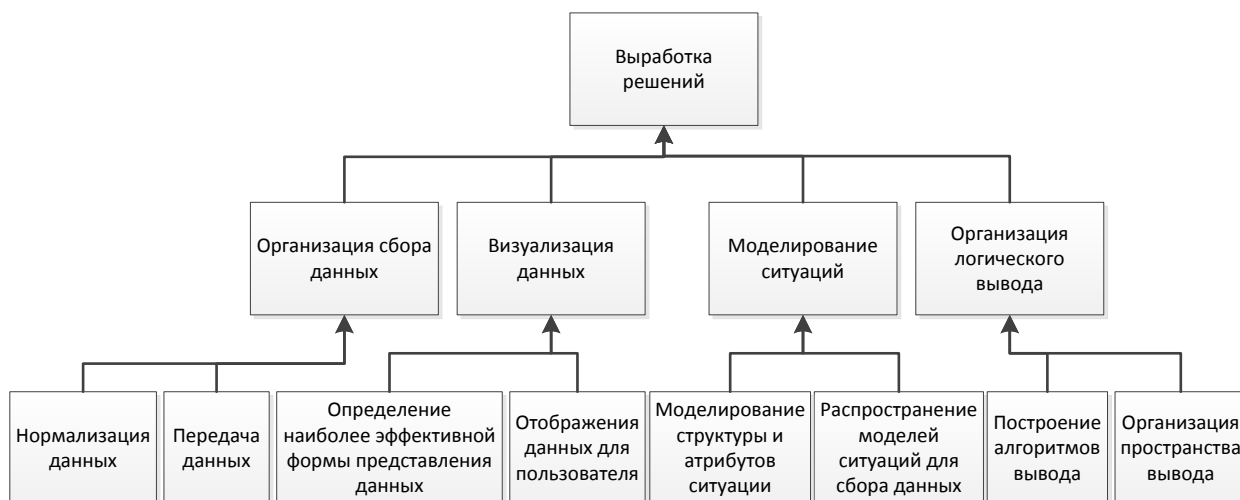


Рисунок 2.6 – Иерархия основных задач ситуационного центра

2.2.1. Структура ИИС ситуационного центра управления здравоохранением

Для решения задач ситуационного управления может быть разработан ситуационный центр, в котором в автоматизированном режиме вырабатываются управленческие решения. В соответствии с «классической» архитектурой [66] ситуационного центра функциональная связь модулей представлена на рисунок 2.7.

Основные модули ситуационного центра: «моделирование ситуаций», «исходные данные», «система выработки решений», «база данных и знаний», «интерпретация результатов». Рассмотрим описание и функциональность основных модулей ситуационного центра.

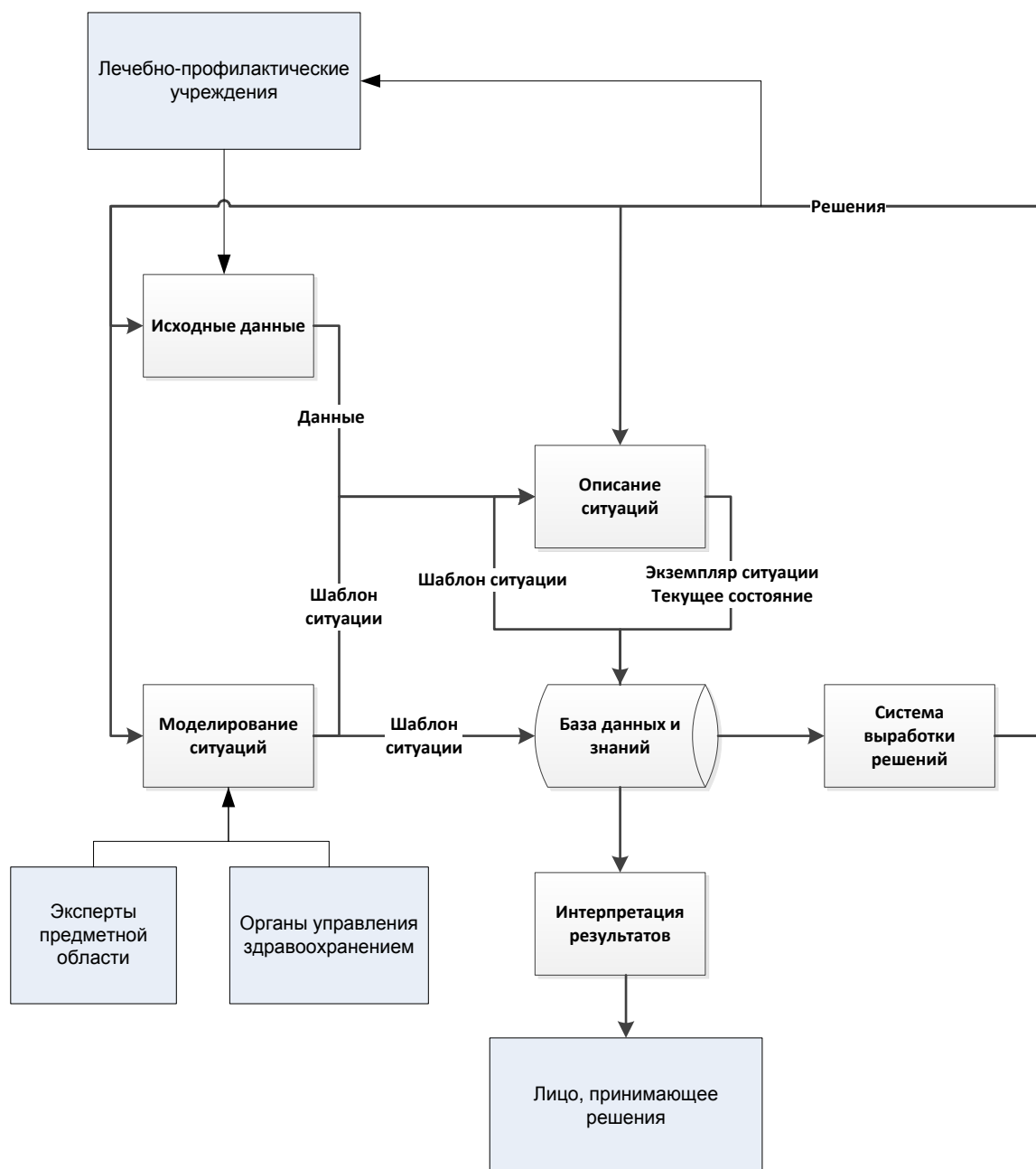


Рисунок 2.7 - Структурная схема ситуационного центра

Блок «Моделирование ситуаций»

Под ситуацией понимается совокупность текущих состояний запущенных экземпляров БП. Таким образом, для оценки текущей ситуации система анализирует запущенные экземпляры БП, построенные из шаблонов ситуаций и фактических данных, которыми располагает ситуационный центр. СЦ имеет возможность

моделирования новых возможных ситуаций. Т.е. разработки нового шаблона БП. Для дальнейшего мониторинга и управления экземплярами такого БП предусматривается привязка атрибутов БП к физической структуре базы данных (БД). Данную функциональность обеспечивает справочная система ситуационного центра [83], которая позволяет моделировать новые шаблоны БП и редактировать существующие с привязкой к структуре БД.

Блок «Исходные данные»

Содержит исходную информацию, поступающую из центрального хранилища данных. Исходные данные для анализа ситуации выбираются из хранилища данных на основании модели ситуации и дополнительных ограничений, применяемых к данной модели. Исходные данные могут быть получены от внешних сервисов и других информационных систем. Исходные данные поступают в стандартном формате хранения медицинских данных.

Блок «Описание ситуаций»

Содержит значения индикаторов, характеризующих ситуации (экземпляры БП) и обеспечивает хранение как значения исполняемых экземпляров БП, так и завершенных БП (т.к. иногда важен тренд изменения значений или частота попадания значения в заданную область). Значения могут характеризоваться факторами уверенности. Индикаторы определяются (вычисляются, логически выводятся) на основе исходных данных по средствам моделей определения индикаторов, хранящихся в базе знаний.

Блок «Система выработки решений»

В блоке осуществляется оценка текущей ситуации (определяются значения индикаторов) и осуществляется их оценка для выявления проблемной ситуации. Оценка производится сравнением текущей

ситуации с пороговыми значениями, содержащимися в шаблонах ситуаций. Значения индикаторов сравниваются с некоторыми пороговыми значениями (при этом учитываются факторы уверенности), либо оценивается тренд изменения индикатора, либо частота попадания значения в заданные области и т.д. О наличии проблемной ситуации может говорить определенная комбинация значений индикаторов (т.е. определяется обобщенный индикатор). Помимо автоматического распознавания проблемной ситуации, может использоваться и распознавание, осуществляемое лицом, принимающим решения (ЛПР). Для этого информация о значениях индикаторов визуализируется и отображается ЛПР. Он ее анализирует и может определить наличие проблемы. Блок может формировать решения как в автоматическом режиме (если имеет место стандартная ситуация), так и в автоматизированном (в случае нестандартной ситуации). Осуществляется классификация ситуации на основе значений индикаторов и исходных данных. При этом используются типовые классы ситуаций, хранящиеся в базе знаний. Близость к тому или иному классу может характеризоваться фактором уверенности. Если текущая ситуация относится к одному из стандартных классов (с достаточным значением фактора уверенности), то используются типовые решения, «привязанные» к этому классу. Для нестандартных ситуаций происходит генерация решений в диалоге с ЛПР или в автоматическом режиме. При этом используются методы и модели выработки решений, хранящиеся в базе знаний и/или реализованные в виде отдельных приложений. Для оценки последствий тех или иных решений используются специальные модели прогнозирования и оценки, хранящиеся в базе знаний.

2.3 Математические модели принятия решений

Для решения задач поддержки принятия решений широко используются модели математической логики. Современное состояние

математической логики связано с именами Б. Рассела, Я. Лукасевича, Е. Поста, А.А. Маркова, П.С. Новикова, Л.Заде и других [84-86].

Создание математического обеспечения разрабатываемой системы предполагает обоснование выбора класса математической модели из множества X альтернативных вариантов x_i , а также непосредственное описание предметной области в терминах выбранного класса. К числу основных логических моделей, для которых разработаны формальные методы логического вывода, относятся [84-87]: x_1 – исчисление высказываний, x_2 – исчисление предикатов, x_3 – семантическая сеть, x_4 – нечеткая логика, x_5 – модальная логика.

Обоснование выбора класса математической модели является определяющим этапом при разработке системы, так как здесь должны учитываться такие особенности исследуемой предметной области, как неопределенность, неполнота и персонифицированность знаний. Поэтому одним из важных требований при выборе класса математической модели является возможность работы с неполными и субъективными знаниями. Кроме того, создаваемая модель представления знаний должна обладать такими свойствами как полнота описания системы (учет всех аспектов исследуемой предметной области), возможность осуществления логических операций (динамического преобразования знаний о предметной области), возможность построения логического вывода (генерация управленческих решений на основе обработки знаний).

Если же рассматривать систему с точки зрения пользователя, то для него наиболее важными критериями при работе с данными являются возможность построения удобного пользовательского интерфейса, высокая скорость обработки данных, возможность настройки системы под собственные нужды и работа с персонифицированными знаниями [27-29,88-91]. Из представленных работ [29-44,88-91] по организации

интеллектуальных систем были также выделены следующие требования к математической модели интеллектуальной информационной системы:

1. Высокая скорость обработки данных;
2. Возможность работы с персонифицированными знаниями;
3. Возможность работы в условиях неопределенности;
4. Возможность работы с персонифицированными знаниями;
5. Отсутствие необходимости использования вневлогических операторов.

Таким образом, выбор класса математической модели из пяти альтернативных вариантов основывается на использовании пяти частных критериев, которые представлены в таблице 2.2.

Логика высказываний (или исчисление высказываний) – это формальная теория, основным объектом которой служит понятие логического высказывания. С точки зрения выразительности, её можно охарактеризовать как классическую логику нулевого порядка. Логика высказываний является простейшей логикой, максимально близкой к человеческой логике неформальных рассуждений [92-95]. Основной задачей логики высказываний является установление истинностного значения формулы, если дана оценка (т.е. определены истинностные значения входящих в неё переменных). Математические модели, основанные на исчислении высказываний, характеризуются относительной простотой и, как следствие, высокой скоростью обработки данных [95]. Также модель исчисления высказываний является достаточно прозрачной для пользователя, поэтому программные системы, созданные на ее основе, имеют удобный интерфейс [93].

Исчисление предикатов первого порядка – это теория первого порядка, использующая только логические аксиомы. Дополнение исчисления предикатов аксиомами некоторой предметной области превращает его в частную теорию первого порядка этой предметной области [93,96]. Исчисление предикатов первого порядка является

определенным расширением исчисления высказываний, поэтому на основе каждого исчисления высказываний может быть построено соответствующее ему исчисление предикатов [84]. Язык теорий первого порядка богаче языка исчисления высказываний благодаря использованию нелогических (предметных) переменных, что влечет за собой необходимость рассмотрения логических и нелогических функций от нелогических переменных. Логика первого порядка обладает рядом свойств, которые делают ее очень привлекательной в качестве инструмента моделирования знаний предметной области. Главными из них являются полнота и непротиворечивость. Логика первого порядка обладает свойством компактности: если некоторое множество формул невыполнимо, то невыполнимо также некоторое его конечное подмножество. Логика первого порядка дает возможность строго рассуждать об истинности и ложности утверждений и об их взаимосвязи, в частности, о логическом следовании одного утверждения из другого, или, например, об их эквивалентности. Математические модели, основанные на исчислении предикатов, характеризуются относительной простотой и, как следствие, высокой скоростью обработки данных. Также модель исчисления предикатов является достаточно прозрачной для пользователя, поэтому для программных систем, созданных на ее основе, может быть разработан удобный интерфейс пользователя.

Семантическая сеть – модель представления знаний в виде ориентированного графа, вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги (рёбра) задают отношения между ними. Объектами могут быть понятия, события, свойства, процессы [97-98]. В семантической сети роль вершин выполняют понятия базы знаний, а дуги задают отношения между ними. Таким образом, семантическая сеть отражает семантику предметной области в виде понятий и отношений. Важным инструментом структурирования семантических

сетей является *иерархия*, или *классификация*. Для создания иерархической структуры, объекты, относящиеся к проблемной области, классифицируются на некоторое число категорий или классов на основании их общих свойств. Такого рода классификации представляются в семантических сетях с помощью отношения *isa* (от английского *is a* – есть некоторый). Одной из важных черт *isa*–иерархии является то, что свойства вышележащих типов автоматически переносятся на нижележащие. Таким образом, основой структурирования знаний при помощи семантической сети являются: локализация представления информации, обобщение и специализация понятий, семантические падежи, наследование свойств, иерархия (таксономия) понятий [86].

Нечеткая логика Л. Заде. В его работе [50] понятие множества расширено допущением, что функция принадлежности элемента к множеству может принимать любые значения в интервале $[0..1]$, а не только 0 или 1. Такие множества были названы нечёткими. Предложенные автором различные логические операции над нечёткими множествами и понятие лингвистической переменной, в качестве значений которой выступают нечёткие множества позволили реализовать в системе различные интеллектуальные функции, основанные на анализе неполной информации о предметной области. Кроме того, благодаря непрерывности функции принадлежности показаны преимущества в скорости обработки данных [99-100].

Модальная логика является примером одной из неклассических логик, в которой могут рассматриваться не только истинность или ложность высказывания, но и такие категории как желательность, возможность или необходимость [55, 65-66]. Текущая ситуация может быть рассмотрена, как реализация одной из многих возможностей, а действительный мир, в котором развивается ситуация, — как один из множества возможных миров. Задачей модальной логики является

анализ рассуждений, в которых встречаются модальные понятия, служащие для конкретизации устанавливаемых нами связей и их оценки. Интересную группу составляют понятия «полагает», «сомневается» и др. Абсолютными понятиями *теории логических модальностей* считаются «логически необходимо», «логически возможно», «логически невозможно», которым в качестве сравнительного модального понятия рассматривается понятие «...логически следует...». Высказывание «логически необходимо высказывание А» присваивает высказыванию А свойство быть логически необходимым. С помощью выражения "из высказывания А логически следует высказывание В» устанавливается некоторое отношение между высказываниями А и В.

2.3.1 Выбор класса математической модели методом Саати

Для выбора класса математической модели были использованы метод анализа иерархий, предложенный Томасом Саати [28], а также интегральные критерии, являющиеся функциями от частных критериев. Выбранные методы нашли широкое распространение для обоснования выбора на множестве альтернативных вариантов [101-104].

Метод Саати использует методологию дерева целей и предназначен для выбора средств решения сложной многофакторной проблемы. Метод заключается в декомпозиции цели на более простые составляющие (подцели и средства) и дальнейшей оценке этих составляющих по средствам парных сравнений. В результате определяется численная оценка приоритетности элементов иерархии, используемая для выбора наилучших вариантов решения исходной проблемы [28]. На рисунке 2.8 приведена иерархия цели для выбора класса математической модели по методу Саати.



Рисунок 2.8 - Иерархия целей для выбора модели обработки данных

На первом уровне представлена глобальная цель – повышение эффективности поддержки принятия решений. На втором уровне представлены акторы – группы лиц, заинтересованные в достижении цели. Третий уровень составляют требования акторов. Четвертый уровень составляют альтернативные сценарии, соответствующие классам математических моделей.

Для обоснования выбора класса математической модели была построена матрица, соответствующая второму уровню иерархии, для оценки влияния акторов на цель. Затем были построены матрицы, соответствующие третьему уровню, для сравнения целей каждого актора. В завершении были построены матрицы, для оценки влияния сценариев на каждую из целей. Для проведения субъективных парных сравнений разработана шкала, представленная в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Шкала относительной важности

Оценка важности	Определение
1	Равная важность
3	Умеренное превосходство
5	Существенное или сильное превосходство
7	Значительное превосходство
9	Очень сильное превосходство
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения

На рисунке 2.9 приведены матрицы парных сравнений для второго и третьего уровней иерархии. Для каждого из экспертов была построена своя матрица парных сравнений. Для построения обобщенной матрицы был использован метод средней оценки влияния. Каждый элемент обобщенной матрицы представляет собой среднее арифметическое от соответствующих элементов матриц отдельных экспертов. В качестве первых двух экспертов были привлечены д.т.н., заведующий кафедрой оптимизации систем управления и д.ф.м.н, научный сотрудник института программных систем РАН. Матрица третьего эксперта составлялась по результатам работ экспертов в области проектирования интеллектуальных систем [29-44,88-91].

	a ₁	a ₂
a ₁	1	5
a ₂	1/5	1

	G ₁	G ₂
G ₁	1	4
G ₂	1/4	1

	G ₃	G ₄	G ₅
G ₃	1	1/2	1
G ₄	2	1	1
G ₅	1	1	1

матрица 1-го эксперта

	a ₁	a ₂
a ₁	1	1
a ₂	1	1

	G ₁	G ₂
G ₁	1	1
G ₂	1	1

	G ₃	G ₄	G ₅
G ₃	1	1	1/7
G ₄	1	1	1/2
G ₅	7	2	1

матрица 2-го эксперта

	a ₁	a ₂
a ₁	1	1
a ₂	1	1

	G ₁	G ₂
G ₁	1	2
G ₂	1/2	1

	G ₃	G ₄	G ₅
G ₃	1	1/5	1/5
G ₄	5	1	1/3
G ₅	5	3	1

матрица 3-го эксперта

	a ₁	a ₂
a ₁	1	2.33
a ₂	0.73	1

	G ₁	G ₂
G ₁	1	2.33
G ₂	0.58	1

	G ₃	G ₄	G ₅
G ₃	1	0.57	0.46
G ₄	2.66	1	0.61
G ₅	4.33	2	1

обобщенная матрица

Рисунок 2.9 - Матрицы парных сравнений второго и третьего уровня

На основе каждой из построенных матриц парных сравнений были сформированы локальные приоритеты, каждый из которых был поделен на сумму приоритетов в строке. Для уровня акторов были получены

следующие значения нормализованных приоритетов: $a_1=0,7$; $a_2=0,3$. Значения нормализованных приоритетов для уровня целей и требований акторов: $G_1=0,68$; $G_2=0,31$; $G_3=0,11$; $G_4=0,33$; $G_5=0,56$. На заключительном шаге анализа локальные приоритеты были пересчитаны с учетом приоритетов направляемых элементов. В таблице 2.3. приведены данные для расчета глобальных приоритетов и результаты расчетов.

Таблица 2.3. Расчет глобальных приоритетов.

Глобальные приоритеты направляемых элементов		Локальные приоритеты сценариев				
Элемент	Приоритет	Исчисление высказываний (y1)	Исчисление предикатов первого порядка (y2)	Семантическая сеть (y3)	Нечеткая логика (y4)	Модальная логика (y5)
Отсутствие необходимости использования внелогических операторов (G1)	0,53	0,23	0,15	0,07	0,22	0,33
Возможность работы с персонифицированными знаниями (G2)	0,26	0,14	0,12	0,02	0,25	0,47
Возможность работы в условиях неопределенности (G3)	0,02	0,05	0,13	0,05	0,21	0,56
Высокая скорость обработки данных (G4)	0,06	0,11	0,21	0,06	0,17	0,45
Возможность работы с персонифицированными знаниями (G5)	0,11	0,06	0,09	0,08	0,1	0,67
		Глобальные приоритеты сценариев				
		0,18	0,13	0,07	0,21	0,41

Таким образом, модальная логика, имеющая глобальный приоритет 0,41, выбрана в качестве класса математической модели.

2.3.2. Применение интегральных критериев для выбора класса математической модели

Наиболее широкое распространение получили такие интегральные критерии как [104-105]:

1) Максимум суммы взвешенных оценок:

$$F = \sum_{i=1}^n w_i \cdot F_i(x_j) \rightarrow \max_{x_j \in X}$$

Наилучшей является альтернатива с максимальной суммой взвешенных оценок по всем частным критериям.

2) Минимум суммы квадратов отклонений от «идеальной точки»:

$$\sum_{i=1}^n w_i \cdot (\tilde{F}_i - F_i(x_j))^2 \rightarrow \min_{x_j \in X}$$

Этот интегральный критерий является более чувствительным к отклонениям. Критерий позволяет «отсеять» альтернативы со значительными отклонениями значений частных критериев от их максимальных значений. Для определения значений весовых коэффициентов w_i каждого из частных критериев F_i использовался метод парных сравнений [104]. Для проведения субъективных парных сравнений была выбрана шкала, описанная в таблице 2.2.

Для определения значений весовых коэффициентов w_i каждого из частных критериев F_i использовался метод парных сравнений [104]. На рисунке 2.10 приведена матрица парных сравнений для определения весовых коэффициентов частных критериев. В матрице приведены усредненные значения парных сравнений.

	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅
G ₁	1	2	3	6	5
G ₂	1/2	1	4	2	3
G ₃	1/3	1/4	1	1/3	1/4
G ₄	1/6	1/2	3	1	1/2
G ₅	1/5	1/3	4	2	1

Рисунок 2.10 - Матрица парных сравнений

На основе матрицы парных сравнений были сформированы наборы локальных приоритетов, которые отражают относительные приоритеты

сравниваемых элементов. На основе матрицы, представленной на рисунке 2.14, были получены компоненты собственного вектора для каждой из строк: $G_1=2,83$; $G_2=1,65$; $G_3=0,37$; $G_4=0,68$; $G_5=0,87$. После деления каждой из полученных компонент на их сумму, равную 6,37, были получены следующие нормализованные приоритеты: $G_1=0,44$; $G_2=0,26$; $G_3=0,06$; $G_4=0,1$; $G_5=0,14$. Эти значения являются весовыми коэффициентами w_i частных критериев G_i . Значения оценки по частным критериям и значения интегральных критериев представлены в таблице 2.4. В таблице приведены усредненные значения оценок.

Таблица 2.4. Значения оценок для выбора математической модели

Частные критерии	w	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅
G1 – Отсутствие необходимости использования внелогических операторов	0,44	9	5	5	4	8
G2 – Возможность работы с персонифицированными знаниями	0,26	7	6	7	6	9
G3 – Возможность работы в условиях неопределенности	0,06	7	4	4	8	6
G4 – Высокая скорость обработки данных	0,1	7	7	7	6	7
G5 – Возможность работы с персонифицированными знаниями	0,14	5	4	7	6	9
Значения интегрального критерия (1)		7,6	5,26	5,94	5,24	8,18
Значения интегрального критерия (2)		7,72	23,26	17,66	24,08	4,02

В качестве математической модели для исследуемой системы была выбрана модальная логика. Данная модель имеет преимущества перед альтернативными вариантами по всем интегральным критериям, а также имеет самый высокий глобальный приоритет, определенный методом анализа иерархий Саати.

2.4. Модели хранения и передачи данных

Для обеспечения эффективного функционирования системы поддержки принятия решений и организации взаимодействия с внешними источниками данных, необходим выбор структуры хранения данных, которая учитывала бы как описанные выше требования, так и необходимость работы с такими специфическими данными, как данные электронной истории болезни.

В настоящий момент в мире существует несколько стандартов [106-108] хранения и передачи данных электронной истории болезни. Среди них ISO 13606 (Электронная история болезни – общие требования) [108], HL-7 (стандарт электронного обмена документами) [109] и стандарт openEHR (открытая электронная история болезни) [42]: y_1 – HL-7, y_2 – openEHR, y_3 – ISO 13606.

При выборе модели хранения и передачи данных интеллектуальной информационной системы должны учитываться такие особенности исследуемой предметной области, как постоянное изменение требований к набору анализируемых данных и особенности представления медицинских данных. Поэтому одним из основных требований при выборе класса модели является возможность изменения структуры данных без изменения программного кода системы. Кроме того, используемая модель представления данных должна давать полное представление об исследуемой предметной области, с учетом её специфики. Если же рассматривать систему с точки зрения пользователя, то для него наиболее важными критериями при работе с данными являются удобный интерфейс, простота изменения структуры данных и наличие возможности сохранения семантики данных при обмене данными между системами [110-111]. Из работ, посвященных обработке медицинских данных [4-9,38-29,106-111] были выделены требования, выполнение которых необходимо для разработки эффективной системы обработки медицинских данных (таблица 2.4).

Стандарт HL7 предназначен для электронного обмена документами в учреждениях здравоохранения, особенно в тех, где пациенту оказывают интенсивную медицинскую помощь. Цель создания этого стандарта - упростить реализацию взаимодействия компьютерных приложений, созданных различными, нередко конкурирующими, производителями. Он включает определение и структуру передаваемых данных, синхронизацию обмена и связи приложений, обнаружение и обработку ошибок передачи сообщений [109]. Ключевой элемент HL7 — **Эталонная информационная модель** (англ. *The Reference Information Model, RIM*) — средство построения структуры данных медицинской системы, описания жизненного цикла событий, осуществляемых с помощью сообщений, представления семантических и контекстуальных связей между полями передаваемых сообщений. Стандарт написан в предположении, что происходящее в системе здравоохранения реальное событие создает потребность в потоке данных между системами. Такое реальное событие называется событием, требующим реакции (trigger event), или просто событием. Например, событие госпитализация пациента может вызвать потребность передачи данных этого пациента ряду других систем[109].

Спецификация **openEHR** включает: эталонную информационную модель и специализированные службы: для электронной истории болезни, для хранения демографических данных (о пациентах и лечащем персонале), организации лечебного процесса, архетипов. OpenEHR формирует электронную историю болезни (EHR) на основе следующих абстракций. **Эталонная модель** - это модель, описывающая собственно медицинскую запись, но не клинические данные, содержащиеся в ней. Эталонная модель согласуется с такими способами организации данных как каталоги и композиции. Композиции – это более широкое понятие, чем документы, но

включает и документы в том числе. Примерами Композиций являются: Электро-кардиографический отчет, запись о развитии какого-либо процесса, лабораторный отчет, направление. Композиция - это минимальная единица обмена ресурсами и внутрисистемной связи в EHR (Рисунок 2.11).



Рисунок 2.11 – эталонная модель openEHR

Модель архетипов. Архетипы определяют специфическую модель данных для организации медицинской записи. Они определяют как типы данных, содержащихся в записи, так и правила валидации этих данных. Архетипы могут комбинироваться для создания более функциональных шаблонов, которые могут быть использованы для решения более комплексных задач автоматизации. Архетип состоит из следующих разделов[38].

1. Header (Заголовок) – содержит название и описание архетипа
description (Описание) – содержит информацию об авторах, назначении и жизненном цикле архетипа;
2. Definition (Определение) – содержит определение клинического документа в терминах эталонной модели;
3. Ontology – содержит связывание с внешними справочниками.

ISO 13606 представляет собой стандарт, в котором формализованы требования к эталонной модели и модели архетипов. Стандарт ISO 13606 предоставляет полную спецификацию того, как

разрабатывать, хранить, поддерживать в рабочем состоянии и обеспечивать возможность составления запросов электронной истории болезни. В данном стандарте данные организованы в Композиции, которые опционально могут быть сгруппированы в папки. Композиции содержат записи, которые могут быть сгруппированы в секции. Записи, могут быть классифицированы в соответствии с их типом как «наблюдение», «предписания», «действия». Записи содержат элементы, которые могут быть сгруппированы в кластеры.

Архетипы разрабатываются при помощи языка ADL (язык определения архетипов). На рисунке 2.12. представлена часть определения архетипа, предназначенного для измерения остроты зрения. Здесь острота зрения определена как таблица, строки которой могут иметь значения «Левый», «Правый», «Оба глаза».

```

definition
OBSERVATION [at0000] occurrences matches {2..1} matches { -- Visual acuity
ITEM_TABLE [at0003] occurrences matches {2..1} matches { -- Table
CLUSTER[at0004] occurrences matches {0..1} matches { -- row
ELEMENT[at0005] occurrences matches {0..1} matches { -- row head
DV_TEXT matches {
value matches {"Left","Right","Both eyes"}
definition
ENTRY[at0000] occurrences matches {2..1} matches { -- Visual acuity
CLUSTER[at0003] occurrences matches {2..1} matches { -- Table
parts cardinality matches {0..1; unordered} matches {
CLUSTER[at0004] occurrences matches {0..1} matches { -- row
parts cardinality matches {2..2; ordered} matches {
ELEMENT[at0005] occurrences matches {0..1} matches { -- row head
SIMPLE_TEXT occurrences matches {2..1} matches {
originalText matches {"Left","Right","Both eyes"}

```

Рисунок 2.12. - Часть определения архетипа ISO 13606, определяющего остроту зрения

Стандарт ISO 13606 был разработан для обеспечения обмена выписками из электронных историй болезни, таким образом, в нем не описано соответствующих методов для контроля версий документов, управления потоком данных, интерфейсы с другими системами и т.д., что необходимо учесть при разработке системы сбора данных ситуационного центра. В основе обоих стандартов лежит дуальный

подход с разделением физической и клинической моделей данных. Они отличаются способом описания электронной истории болезни, так как в них содержатся различные требования к эталонной модели. В то же время эталонные модели очень похожи и поддерживают единый принцип организации данных.

2.4.1. Использование метода Саати для выбора класса модели обработки данных

На рисунке 2.13 приведена иерархия цели для выбора класса модели хранения и передачи медицинских данных по методу Саати.

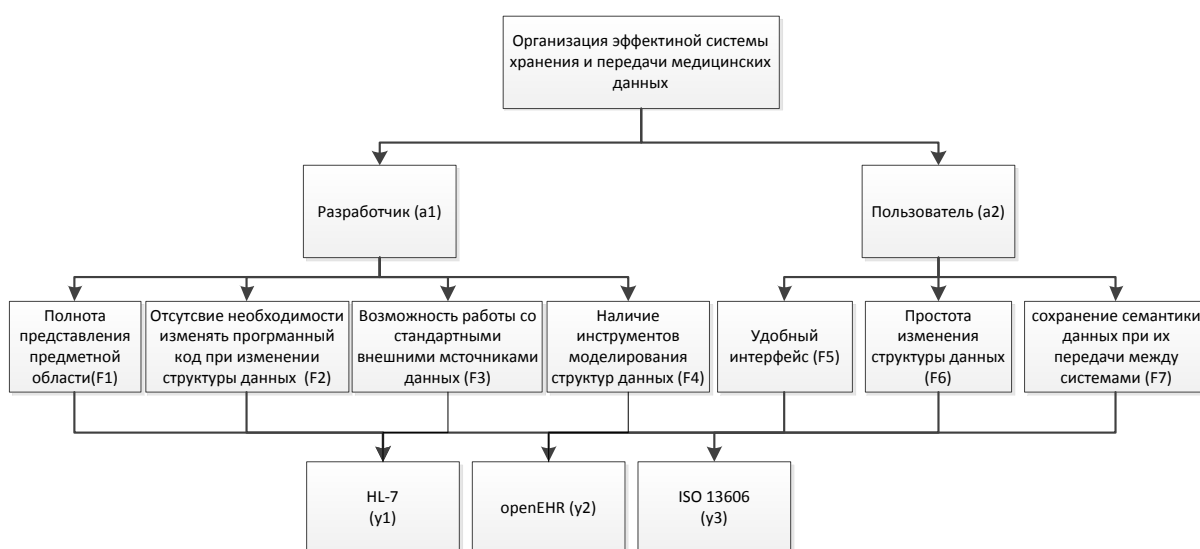


Рисунок 2.13 - Иерархия цели для выбора модели обработки данных

На первом уровне представлена глобальная цель – повышение организация эффективной системы хранения и передачи медицинских данных. На втором уровне представлены акторы. Третий уровень составляют цели акторов. Нижний уровень составляют альтернативные сценарии, соответствующие модели обработки данных. На рисунке 2.14 приведены матрицы парных сравнений, построенные для второго и третьего уровней иерархии. Для получения обобщенной матрицы был использован метод средней оценки влияния, т.е. каждый элемент обобщенной матрицы сравнений представляет собой среднее арифметическое от соответствующих элементов матриц отдельных экспертов. Каждый элемент обобщенной матрицы представляет собой

среднее арифметическое от соответствующих элементов матриц отдельных экспертов. В качестве экспертов были привлечены специалисты в области управления здравоохранением и разработки медицинских информационных систем. Матрица третьего эксперта составлялась по результатам работ [1-7,72-77,112] экспертов в области разработки МИС и управления здравоохранением.

	a ₁	a ₂
a ₁	1	1/2
a ₂	2	1

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
F ₁	1	1	1/3	4
F ₂	1	1	2	2
F ₃	3	1/2	1	6
F ₄	1/4	1/2	1/6	1

	F ₅	F ₆	F ₇
F ₅	1	1	1
F ₆	1	1	5
F ₇	1	1/5	1

матрицы для 1-го эксперта

	a ₁	a ₂
a ₁	1	1/4
a ₂	4	1

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
F ₁	1	2	1/3	3
F ₂	1/2	1	1	4
F ₃	3	1	1	5
F ₄	1/3	1/4	1/5	1

	F ₅	F ₆	F ₇
F ₅	1	1/4	3
F ₆	4	1	7
F ₇	1/3	1/7	1

матрицы для 2-го эксперта

	a ₁	a ₂
a ₁	1	1/3
a ₂	3	1

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
F ₁	1	3	1/5	2
F ₂	1/3	1	5	1
F ₃	5	1/5	1	4
F ₄	1/2	1	1/4	1

	F ₅	F ₆	F ₇
F ₅	1	1/2	2
F ₆	2	1	1
F ₇	1/2	1	1

матрицы для 3-го эксперта

	a ₁	a ₂
a ₁	1	0.36
a ₂	3	1

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
F ₁	1	2	1/4	3
F ₂	0.61	1	1/3	2.33
F ₃	3.66	0.56	1	5
F ₄	0.36	0.58	0.29	1

	F ₅	F ₆	F ₇
F ₅	1	0.58	2
F ₆	2.33	1	4
F ₇	0.61	0.47	1

обобщенные матрицы

Рисунок 2.14 - Матрицы парных сравнений второго и третьего уровня

На основе каждой из построенных обобщенных матриц формируются наборы локальных приоритетов, отражающие относительные приоритеты сравниваемых элементов. Для этого было вычислено множество собственных векторов для каждой матрицы, а затем результат нормализован к единице. Таким образом, был получен вектор

приоритетов. Нормализованные приоритеты является геометрическим средним. Полученный столбец чисел был нормализован делением каждого числа на сумму всех чисел. Для уровня акторов были получены следующие значения нормализованных приоритетов: $a_1=0,28$; $a_2=0,72$.

Для уровня целей и требований акторов были получены следующие значения нормализованных приоритетов: $F_1=0,22$; $F_2=0,17$; $F_3=0,57$; $F_4=0,08$; $F_5=0,31$; $F_6=0,56$; $F_7=0,16$. На последнем шаге анализа локальные приоритеты были пересчитаны с учетом приоритетов направляемых элементов. В таблице 2.5. приведены данные для расчета глобальных приоритетов и результаты расчетов.

Таблица 2.5. Расчет глобальных приоритетов.

Глобальные приоритеты направляемых элементов	Локальные приоритеты сценариев			
	Приоритет	HL 7 (x_1)	openEHR (x_2)	ISO 13606 (x_3)
Элемент				
Полнота представления предметной области (F1)	0,055	0,14	0,16	0,59
Отсутствие необходимости изменять программный код при изменении структуры данных (F2)	0,037	0,35	0,14	0,31
Возможность работы со стандартными внешними источниками данных (F3)	0,138	0,16	0,18	0,45
Наличие инструментов моделирования структур данных (F4)	0,02	0,1	0,13	0,50
Удобный интерфейс (F5)	0,21	0,21	0,14	0,46
Простота изменения структуры данных (F6)	0,43	0,11	0,18	0,38
Сохранение семантики данных при их передачи между системами (F7)	0,11	0,15	0,21	0,36
	Глобальные приоритеты			
	0,15	0,19	0,42	

Таким образом, модель стандарта ISO 13606, имеющая глобальный приоритет 0,42, выбрана в качестве модели хранения и передачи медицинских данных интеллектуальной системы поддержки принятия решений ситуационного центра.

2.4.2. Использование интегральных критериев для выбора класса модели обработки данных

Для определения значений весовых коэффициентов w_i каждого из частных критериев F_i был использован метод парных сравнений. Элементы определенного уровня сравниваются друг с другом относительно их воздействия на направляемый элемент. Для каждой совокупности элементов, связанных с одним вышестоящим элементом, строится матрица парных сравнений. Парные сравнения проводятся в терминах доминирования одного элемента над другим. Для проведения субъективных парных сравнений использовалась шкала, описанная в таблице 2.2.

На рисунке 2.15 приведена матрица парных сравнений для определения весовых коэффициентов частных критериев. В матрице приведены усредненные значения парных сравнений.

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7
F_1	1	2	1/4	3	1/2	3	2
F_2	1/2	1	1/3	2	3	1/2	2
F_3	4	3	1	5	6	2	2
F_4	1/3	1/2	1/5	1	3	1/2	2
F_5	2	1/3	1/6	1/3	1	1/4	1/5
F_6	1/3	2	1/2	2	4	1	1/3
F_7	1/2	1/2	1/2	1/2	5	3	1

Рисунок 2.15 - Матрица парных сравнений

На основе построенной матрицы парных сравнений были сформированы наборы локальных приоритетов, которые отражают относительные приоритеты сравниваемых элементов. Для этого было вычислено множество собственных векторов для каждой матрицы, а затем результат нормализован к единице. Таким образом, был получен вектор приоритетов. Нормализованные приоритеты являются геометрическим средним. Они были получены путем перемножения элементов в каждой строке и извлечением корней n -ой степени, где n – число элементов. Полученный таким образом столбец чисел был нормализован делением каждого числа на сумму всех чисел. На основе

матрицы, представленной на рисунке 2.19, были получены следующие компоненты собственного вектора для каждой из строк: $F_1=1,24$; $F_2=0,999$; $F_3=2,83$; $F_4=0,72$; $F_5=0,407$; $F_6=0,98$; $F_7=0,99$.

После деления каждой из полученных компонент на их сумму, равную 8,16, были получены следующие нормализованные приоритеты: $F_1=0,15$; $F_2=0,12$; $F_3=0,35$; $F_4=0,09$; $F_5=0,05$; $F_6=0,12$; $F_7=0,12$. Эти значения являются весовыми коэффициентами w_i частных критериев F_i . Значения оценки по частным критериям (максимум – 10 баллов) и значения интегральных критериев представлены в таблице 2.6. В таблице приведены усредненные значения оценок на основе мнений каждого из экспертов.

Таблица 2.6. Значения оценок для выбора модели хранения и обработки данных

Частные критерии	w_i	x_1	x_2	x_3
Полнота представления предметной области (F1)	0,15	5	7	9
Отсутствие необходимости изменять программный код при изменении структуры данных (F2)	0,12	6	7	9
Возможность работы со стандартными внешними источниками данных (F3)	0,35	3	3	10
Наличие инструментов моделирования структур данных (F4)	0,09	7	8	9
Удобный интерфейс (F5)	0,05	6	6	7
Простота изменения структуры данных (F6)	0,12	7	6	7
Сохранение семантики данных при их передачи между системами (F7)	0,12	3	3	8
Значения интегрального критерия (1)		4,65	5,04	8,89
Значения интегрального критерия (2)		31,39	28,54	2,37

Таким образом, в качестве модели хранения и передачи медицинских данных ситуационного центра была выбрана модель стандарта ISO 13606, поскольку она имеет преимущества перед альтернативными вариантами математического обеспечения системы по

всем интегральным критериям, а также имеет самый высокий глобальный приоритет, определенный методом анализа иерархий Саати.

2.5. Требования к интеллектуальной информационной системе

Требования к интеллектуальной информационной системе были последовательно описаны в разделах данной главы. Для дальнейшего эффективного управления требованиями и успешной разработки программного обеспечения целесообразно объединить требования к различным подсистемам с общими требованиями. Требования к информационной системе формируются основными заинтересованными в реализации сторонами: пользователями и разработчиками. Требования также можно разделить на функциональные и нефункциональные [113]. Следующие основные требования относятся к функциональным:

Основные требования пользователей:

1. ИИС должна содержать модуль моделирования структур данных в стандартном формате;
2. ИИС должна обеспечивать простоту изменения структуры данных для учета быстрого изменения предметной области;
3. ИИС должна обладать удобным web-интерфейсом для обеспечения легкости установки и независимости от операционной среды пользователя;
4. Отсутствие необходимости изменять программный код сторонних МИС при изменении структуры данных;
5. Трудоемкость обработки данных не должна превышать квадратичную
6. Система должна поддерживать сохранение семантики данных при их импорте и экспорте;
7. ИИС должна обеспечивать возможность работы с персонафицированными знаниями;

8. ИИС должна обеспечивать отсутствие необходимости использования внелогических операторов;
9. ИИС должна обеспечивать возможность работы и доопределения знаний в условиях неопределенности;
10. ИИС должна обеспечивать возможность работы с персонифицированными знаниями;

Основные требования разработчиков

11. Система поддержки принятия решений ИИС должна быть построена на модальной логике и методе обратного вывода;
12. ИИС должна работать со стандартным форматом хранения данных ISO 13606;
13. Модули ИИС должны взаимодействовать по принципу сервис-ориентированной архитектуры.

К основным **нефункциональным** требованиям относятся:

14. Система сбора данных ИИС должна поддерживать стандартные интерфейсы для импорта стандартных медицинских данных;
15. Отсутствие необходимости изменять программный код при изменении структуры данных;
16. Система моделирования должна обеспечивать полноту представления предметной области.

Данные требования будут в дальнейшем использованы при проектировании и реализации модулей интеллектуально информационной системы. Требования представлены в порядке их реализации в работе.

2.6. Выводы

1. Сформирована модель предметной области для управления здравоохранением, позволяющая провести оптимизацию управления сетью лечебных учреждений;

2. Осуществлено описание основных задач предметной области, основных характеристик и особенностей, которые в дальнейшем (Главы 3-4) были использованы при разработке математической модели системы и формировании КИМПО: выделены основные режимы работы ситуационного центра, описаны основные бизнес-процессы и выделены узлы, в которых возможно возложение функций на информационную систему. Определены основные цели и задачи разрабатываемой системы;
3. Сформулированы основные требования к математической модели системы и к модели хранения и передачи данных системы. На основе требований заданы критерии выбора классов соответствующих моделей для разрабатываемой системы;
4. Осуществлен сравнительный анализ основных классов математических моделей для организации системы поддержки принятия решений с целью выбора класса математической модели. Для обоснования выбора использован метод Саати и метод интегральных критериев. В качестве класса математической модели была выбрана модальная логика;
5. Осуществлен сравнительный анализ основных подходов к организации системы хранения и передачи медицинских данных для организации эффективного взаимодействия с внешними источниками данных. Для обоснования выбора использован метод Саати и метод интегральных критериев. В качестве основы системы хранения и передачи данных был выбран стандарт ISO 13606.
6. Сформулированы требования к интеллектуальной информационной системе ситуационного центра управления здравоохранением.

Глава 3. Интеллектуальная система поддержки принятия решений ситуационного центра управления здравоохранением

Использование информационных систем в сложно формализуемых предметных областях затруднено их неспособностью решать задачи, связанные с необходимостью принятия экспертных решений в условиях неопределенности. Использование методов искусственного интеллекта [114-116] в значительной мере избавляют от этих недостатков за счет разделения задачи на две основные компоненты: управление знаниями (общие для различных задач правила преобразования данных, представленные в декларативной форме) и организация логического вывода (универсальная управляющая структура). При решении логического вывода, машина логического вывода [117] составляет из правил базы знаний алгоритмы решения конкретных задач, формулируемых в запросах как цель и условия решаемой задачи [118]. Системы, построенные по такому принципу, называются системами управления знаниями (СУЗ, Knowledge Based Systems) [119-122]. Схематически их структуру можно представить в следующем виде (рис. 3.1):

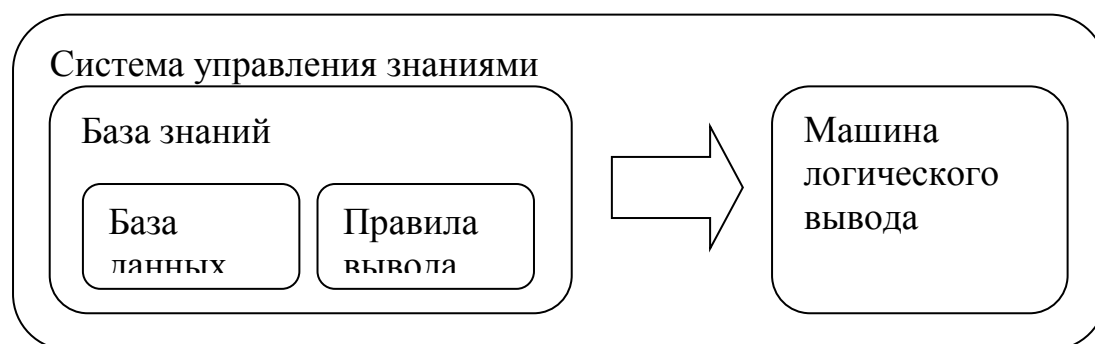


Рисунок 3.1. Система, основанная на знаниях

Такая организация системы значительно расширяет круг возможных запросов, формулировка которых сводится теперь лишь к описанию цели и условий решения задачи в декларативной форме.

В настоящее время системы, основанные на знаниях, используются решения широкого круга задач: мониторинг деятельности,

прогнозирование, стратегического планирования и др. [123]. В здравоохранении получили большое распространение системы поддержки принятия решения при постановке диагноза и планировании лечения. Общеизвестно, что системы, основанные на знаниях, содержат базу данных, базу знаний, механизм вывода (машину вывода, интерпретатор правил, механизм манипулирования знаниями), компоненту приобретения знаний (средства получения знаний: модуль усвоения знаний, обучения, самообучения), компоненту интеллектуального интерфейса (средства общения с ИИС: модуль объяснения, естественно-языковой интерфейс) [44-47].

Основной задачей любой системы поддержки принятия решений является поиск оптимальных решений, для чего в качестве традиционного инструмента автоматического вывода используется метод резолюций, применяемый как в *классических системах, таких как Пролог*, так и в таких системах для *модальных* логик как DLP [65-66].

Принципы функционирования систем, основанных на знаниях, требования, предъявляемые к современным ИИС [115-118] и задачи повышения эффективности управления системой здравоохранения легли в основу проектирования системы поддержки принятия решений ситуационного центра управления здравоохранением. Разработка системы описана в данной главе. На рис. 3.3. показана общая схема процесса разработки и реализации системы поддержки принятия решений.

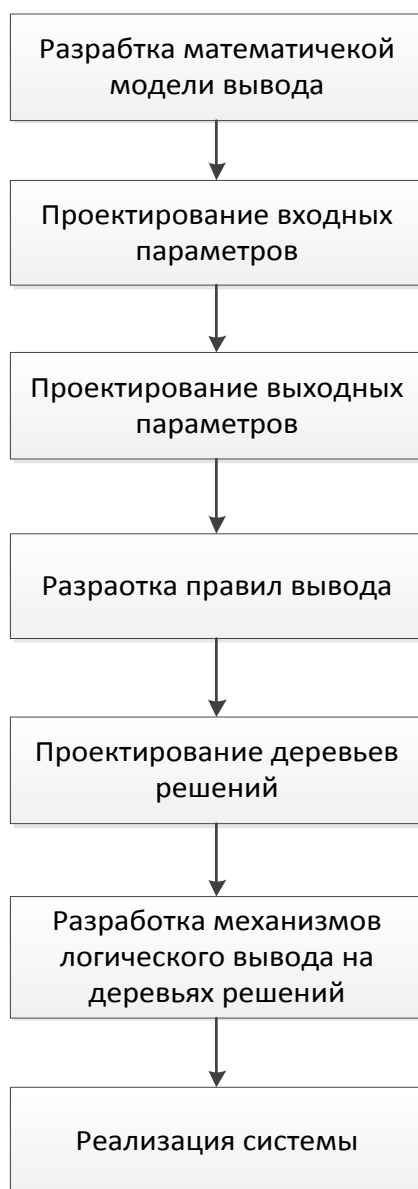


Рисунок 3.3 - Схема разработки и реализации системы

3.1. Оценка эффективности управления системой здравоохранения региона в режиме ежедневного управления

Ситуационный центр управления здравоохранением работает в двух основных режимах – повседневного управления и управления в кризисных ситуациях. Ниже рассмотрены особенности управления в данных режимах.

3.1.1. Управление системой здравоохранения региона

Для оценки эффективности управления системой здравоохранения региона применяется методика оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов РФ, которая была

разработана во исполнение Указа Президента РФ от 28 июня 2007 г. № 825 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов РФ».

Целью методики является проведение оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов РФ. Оцениваются эффективность расходования бюджетных средств, динамика изменения показателей, характеризующих качество жизни, уровень социально-экономического развития региона, степень внедрения методов и принципов управления, обеспечивающих переход к более результативным моделям регионального управления [126].

Результаты оценки позволяют определить зоны, требующие приоритетного внимания региональных и муниципальных властей, сформировать перечень мероприятий по повышению результативности деятельности региональных органов исполнительной власти, в том числе по оптимизации неэффективных расходов, а также выявить внутренние ресурсы (финансовые, материально – технические, кадровые и так далее) для увеличения заработной платы работников бюджетной сферы, повышения качества и объема предоставляемых населению услуг.

Оценка осуществляется в социально-экономической сфере здравоохранения и проводится с использованием показателей, утвержденных данным указом, а также дополнительных показателей, разработанных во исполнение указа.

Выбор направлений для проведения оценки обусловлен наибольшим объемом расходов консолидированного бюджета субъекта РФ и их влиянием на качество жизни населения.

В качестве исходных данных для проведения оценки эффективности деятельности используются официальные данные, представленные в докладах высших должностных лиц, официальные статистические данные Федеральной службы государственной статистики, данные ведомственной статистики и результаты опросов

населения. Значения показателей анализируются в динамике за определенный период. Оценка показателя производится путем сравнения его значения:

- со среднероссийским уровнем;
- с нормативным значением показателя, установленным или рекомендованным в соответствии с нормативными правовыми и иными актами;
- со значением предыдущего периода.

При этом возможно сравнение со значением соответствующего показателя, установленного экспертным путем. При проведении анализа учитывается степень зависимости значения показателя от решения и действия (бездействия) органов исполнительной власти субъекта РФ.

Оценка эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов РФ создает предпосылку для системного мониторинга результативности управления регионами, принятия решений и мер по дальнейшему совершенствованию государственного управления, а также для поощрения субъектов РФ, достигших наилучших значений показателей.

Для проведения эффективной оценки в ситуационном центре агрегируются данные всех ЛПУ региона, на основании этих данных производится расчет показателей эффективности в соответствии со стандартной методикой [127]. Оператору ситуационного центра данные анализа доступны в графическом представлении с возможностью прогнозирования изменения показателей.

3.1.2. Управление в кризисной ситуации

Основной задачей управления в кризисной ситуации [128-129] является эффективное управление системой здравоохранения в период эпидемий по различным нозологиям. Особенности кризисного управления являются:

1. Действие в условиях неопределенности развития ситуации;
2. Ограниченность доступных ресурсов;
3. Необходимость как можно более быстрого реагирования на изменение ситуации.

В качестве примера задачи кризисного управления ситуационного центра предлагается задача управления системой здравоохранения Томской области во время эпидемии гриппа А(Н1N1) в 2009-2010 гг. Были выделены следующие этапы задачи ситуационного управления: моделирование ситуации, сбор данных, анализ ситуации, выработка управленческих решений, контроль исполнения решений.

Для управления эпидемиологической ситуацией использовалась следующая модель (Рисунок 3.3):

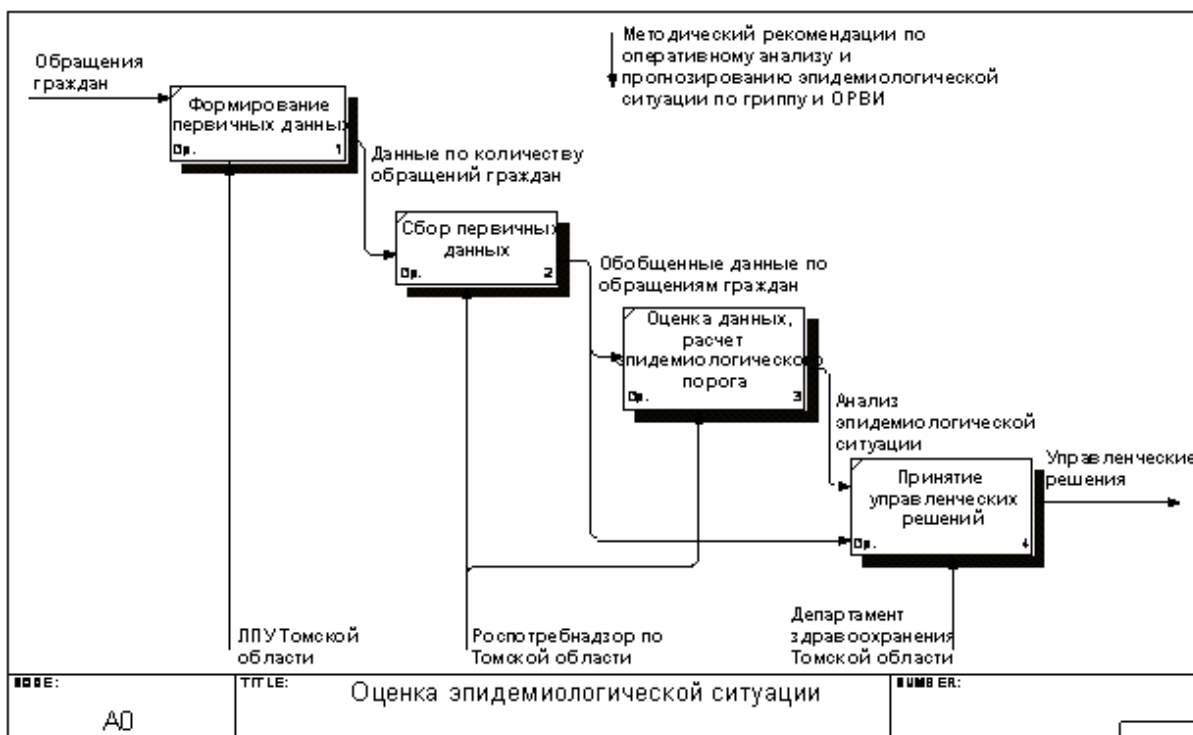


Рисунок 3.3 Модель управления эпидемиологической ситуацией в нотации IDEF0

На данной модели (Рис.3.3) представлен бизнес-процесс «Оценка эпидемиологической ситуации» в том виде, в котором он протекает в настоящее время. Неэффективность процесса можно оценить при помощи замера времени, которое уходит на выполнение всех этапов процесса. В настоящее время исполнение процесса занимает около 24 часов. Причинами столь длительного исполнения бизнес-процесса являются:

1. Передача данных между различными участниками процесса на бумажных носителях;
2. Дублирование функций по обработке данным между Роспотребнадзором по Томской области и департаментом здравоохранения.

Передача данных на бумажных носителях, очевидно, осуществляется из-за отсутствия соответствующего программного продукта, в то время как дублирование функций и неэффективный документооборот является следствием отсутствия нормативных документов и единого центра анализ информации и принятия решений.

Управленческие решения формулируются в приказах департамента здравоохранения Томской области. Примеры приказов приведены в таблице 3.1. Из мероприятий можно выделить следующие: перепрофилирование коек в стационарах города, выявление групп риска среди населения, организация мониторинга заболеваемости и наличия ресурсов. Если обратиться к предыдущим периодам эпидемий гриппа в Томске, можно увидеть, что каждый год выполняются одни и те же мероприятия, в зависимости от интенсивности эпидемии. Стоит также отметить, что ни в одном нормативном документе не определена градация интенсивности

эпидемии. Исходя из анализа сопоставление дат управленческих решений их содержания и степени заболеваемости, для оценки эпидемиологической ситуации была предложена следующая классификация степени интенсивности эпидемии:

1. До 700 человек на 100.000 населения – низкая;
2. 700-1000 – средняя;
3. 1000> – высокая;
4. 1500> – очень высокая.

Таблица 3.1 Хронология управленческих решений при управлении эпидемической ситуацией

Дата	Приказ	Основные положения
13.11.2009	Об организации мониторинга заболеваемости населения Томской области гриппом, ОРВИ и вирусной пневмонией	Ежедневный мониторинг заболеваемости До 11 часов предоставлять сведения по заболеваемости населения медицинский информационно-аналитический отдел Департамента здравоохранения ТО Еженедельно по пятницам сведения по имеющемуся запасу противовирусных препаратов и средств защиты Не заполнять отчетные формы (письма от 16.06.2009 № 2676, от 11.09.2009 № 4074, от 28.10.2009 №4830)
27.11.2009	Об алгоритме оказания медицинской помощи соматическим больным, входящим в группу риска с целью профилактики и лечения высоко патогенного гриппа А(Н1N1)09	Утверждение нового алгоритма оказания помощи Определение группы риска Провести анализ обслуживаемых соматических больных, входящих в группу риска Разработать график посещения Ввести активный патронаж больных
30.11.2009	О лечении средних и тяжелых степеней ОРВИ, гриппа, пневмоний у взрослых на территории ТО	Перепрофилировать для лечения средних и тяжелых степеней ОРВИ, гриппа, пневмоний у взрослых в ОКБ за счет следующих коек: -отделение нефрологии 10 коек -отделение эндокринологии 15 коек -отделение ревматологии 15 коек -отделение гастроэнтерологии 35 койки -отделение пульмонологии 44 койки

3.2. Реинжиниринг БП «Оценка эпидемиологической ситуации»

Для решения задачи повышения эффективности управления эпидемиологической ситуацией в качестве первого шага был проведен реинжиниринг процесса принятия решений для того, чтобы разрабатываемая СППР работала в эффективной организационной среде. Оптимизированная модель процесса представлена на рисунке 3.3. Из процесса было убрано дублирование функций, а многие из них были вменены информационной системе.

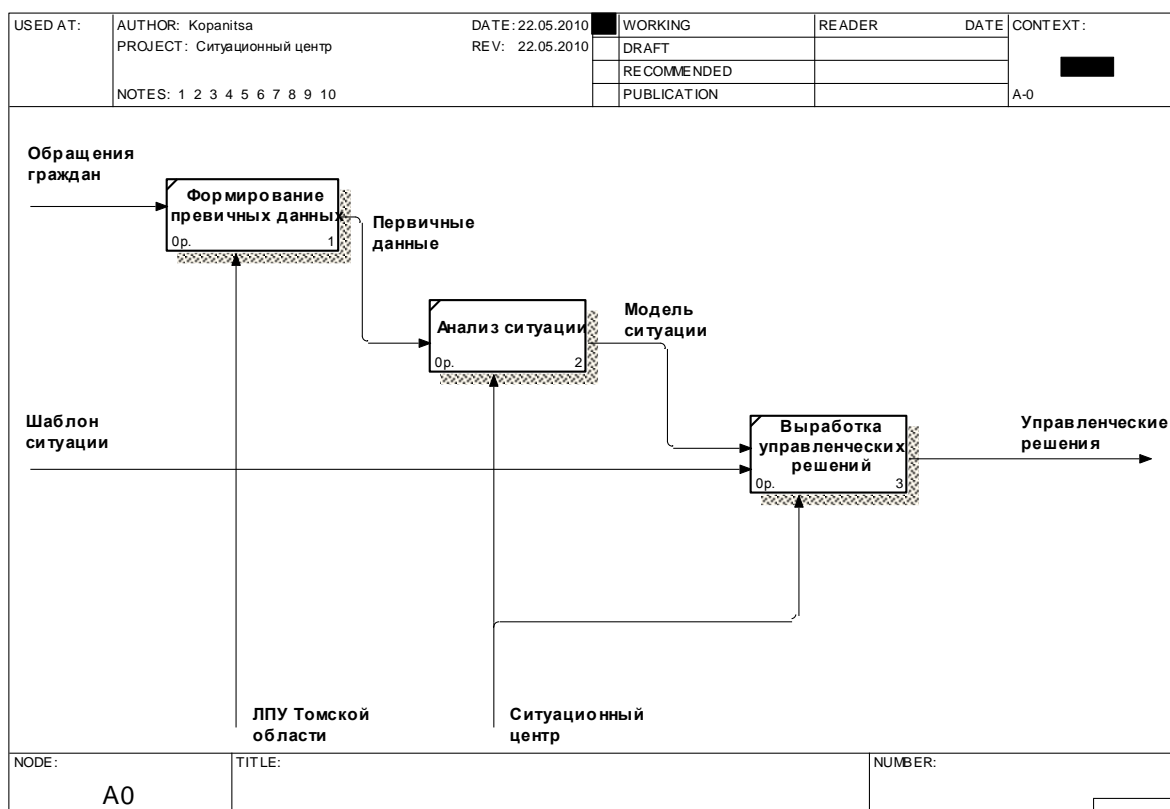


Рисунок 3.4. Оптимизированная модель управления эпидемиологической ситуацией в нотации IDEF0.

Подробнее остановимся на втором и третьем этапе управления: анализ ситуации и выработка управленческих решений. Исходя из анализа принятых управленческих решений, их можно разделить на следующие классы:

1. Перераспределение ресурсов
2. Проведение дополнительных мероприятий

3. Изменения в порядке мониторинга ситуации

Количественно эти решения выражаются в управлении следующими параметрами:

1. Изменение количества койко-мест в стационарах;
2. Изменение алгоритма мониторинга ситуации;
3. Изменение количества медицинского персонала для оказания помощи;
4. Приобретение и перераспределение лекарственных препаратов.

Теперь можно сформулировать задачу управления эпидемиологической ситуацией: на основе анализа текущей ситуации на основании индикаторов и их изменения за данный интервал времени: заболеваемость (%), количество первичных обращений (ед.), распределение обращений по степени тяжести (%), количество койко-мест в стационарах (ед.), запас лекарственных средств (ед.) необходимо сформировать мероприятия по управлению ситуацией, включающие в себя следующие параметры:

1. Отнесение эпидемиологической ситуации к определенному классу опасности;
2. Количество койко-мест в стационарах, необходимых для дополнительного выделения или освобождения;
3. Количество лекарственных средств, которое необходимо дополнительно закупить;
4. Количество медицинских работников, которых необходимо дополнительно привлечь для оказания медицинской помощи.

Любая из перечисленных задач может быть решена в рамках ситуационного центра, причем с большей эффективностью, как это показано на моделях процесса принятия решений.

Работу системы принятия решений ситуационного центра управления здравоохранения, в целом, сводится к задаче классификации ситуаций и на основе данной классификации вырабатывать управленческие решения. Таким образом, задача системы поддержки принятия решения ситуационного центра может быть сформулирована в виде задачи классификации:

Задача классификации – формализованная задача, в которой имеется множество ситуаций, разделённых некоторым образом на *классы*. Задано конечное множество ситуаций, для которых известно, к каким классам они относятся. Это множество называется *выборкой*. Классовая принадлежность остальных объектов не известна. Требуется построить алгоритм, способный *классифицировать* произвольный объект из исходного множества.

3.3. Разработка математической модели системы поддержки принятия решений

В качестве базового исчисления в работе рассматривается модальная логика знания – система *КТ* [130]. Логика *КТ* является более богатой системой по сравнению с минимальной модальной логикой *К* (за счет добавления аксиомы *T*: $\Box A \supset A$). Особенностью данного формализма является то, что аксиома *T* отвечает свойству рефлексивности бинарного отношения *R* *структуры* модальной логики [131-132]. Логика знания имеет большое значение при реализации информационных систем, когда модальный оператор \Box принимает трактовку «известно», а схема *T* как раз и требует, чтобы (в системе *КТ*) то, что *известно*, являлось *истинным*.

3.3.1. Базовые исчисления логики КТ для обратного метода

Для установления выводимости формулы в *КТ* предлагается некоторая разрешающая процедура, реализации которой осуществляется в четыре этапа:

I. Построение базовых исчислений для KT – прямого секвенциального исчисления KT_{seq} и настроенного на анализируемую формулу Φ обратного исчисления KT^{Φ}_{inv} (в последнем случае формулами KT^{Φ}_{inv} являются все подформулы исходной Φ).

II. Введение исчислений путей KT^{Φ}_{path} и KT^{Φ}_{IP} , кодирующих вывод (связывающих подформулу с примененным к ней в процессе вывода правилом) в базовых исчислениях KT_{seq} и KT^{Φ}_{inv} , соответственно.

III. Замена вывода исходной Φ формулы в KT на опровержение отрицания Φ в KT^{Φ}_{IP} (из соображений технического удобства) с применением стратегий сокращения пространства вывода.

IV. Отображение полученного в KT^{Φ}_{IP} вывода в исходную систему.

Исчисления KT_{seq} и KT^{Φ}_{inv} . Пусть Φ – формула логики KT . Для анализа Φ удобнее использовать не саму систему KT , а эквивалентное ей исчисление секвенций KT_{seq} . Справедлива следующая теорема (полноты KT_{seq}): Φ невыполнима в KT тогда и только тогда, когда существует опровержение Φ в KT_{seq} . Доказательство приведено в [133], откуда заимствовано и подходящая версия исчисления секвенций KT_{seq} (здесь p – пропозициональная переменная):

Аксиомы: $\Gamma, p, \sim p$

Правила вывода:

$\underline{\Gamma, A, B} (\wedge);$	$\underline{\Gamma, A \quad \Gamma, B} (\vee);$	$\underline{\Gamma, A} \quad \underline{\quad} (\diamond);$	$\underline{\Gamma, A} \quad \underline{\quad} (\square)$
$\Gamma, A \wedge B$	$\Gamma, A \vee B$	$\square \Gamma, \diamond A, \Delta$	$\Gamma, \square A$

В рамках обратного метода, поиск опровержения мы переносим в инверсное исчисление KT^{Φ}_{inv} (формулами KT^{Φ}_{inv} являются все подформулы исходной Φ , что, собственно, и определяет настройку на анализируемую формулу). Исчисление KT^{Φ}_{inv} приводится ниже:

Аксиомы: $p, \sim p$

Правила вывода:

$\underline{\Gamma, A, A(C)}$;	$\underline{\Gamma, A \quad \Delta, B(\vee)}$;	$\underline{\Gamma, A} (\wedge_l)$;	$\underline{\Gamma, B} (\wedge_r)$;
Γ, A	$\Gamma, \Delta, A \vee B$	$\Gamma, A \wedge B$	$\Gamma, A \wedge B$

$\underline{\Gamma, A} (\diamond)$;	$\underline{\Gamma} (\diamond)$;	$\underline{\Gamma, A} (\square)$.
$\square \Gamma, \diamond A$	$\square \Gamma, \diamond A$	$\Gamma, \square A$

Заметим, что в общем случае неясно, как в KT^Φ_{inv} находить опровержение произвольной секвенции, поэтому непосредственное доказательство теоремы полноты KT^Φ_{inv} , представляется затруднительным. Для доказательства полноты KT^Φ_{inv} докажем лемму *подсеквенциальности*, которая позволяет «переносить» найденное в KT_{seq} опровержение Φ в исчисление KT^Φ_{inv} (индукцией по длине вывода Γ в KT_{seq}).

Лемма (подсеквенциальности). Пусть Φ – формула KT и Γ – секвенция, состоящая из подформулы Φ и имеющая опровержение в KT_{seq} , тогда существует секвенция Δ такая, что $\Delta \dot{\subseteq} \Gamma$ и Δ имеет опровержение в KT^Φ_{inv} . Теперь может быть доказана теорема полноты для KT^Φ_{inv} .

Теорема (полноты KT^Φ_{inv}). Формула Φ системы KT является невыполнимой тогда и только тогда, когда она имеет опровержение в KT^Φ_{inv} . Доказательство осуществляется «от противного», с использованием теоремы полноты KT_{seq} .

Исчисление путей KT^Φ_{path} . Для заданной формулы Φ строится исчисление путей KT^Φ_{path} [118]. Поиск вывода в этом исчислении технически проще, кроме того дерево вывода пустого пути в нем представляет каркас доказательства Φ в KT_{seq} . Заметим, что для облегчения задачи поиска вывода, вместе с каждым вхождением подформулы в формулу Φ , хотелось бы также иметь информацию о правилах вывода в KT^Φ_{inv} , которые можно применить к

соответствующей подформуле («бесповторность вывода»). Для достижения обеих целей по аналогии с [133] вводится понятие пути:

Определение. Пусть C – формула системы KT_{Seq} , C_1 и C_2 – ее подформулы. Путем в Φ или Φ -путем будем называть любую конечную последовательность символов $\wedge_l, \wedge_r, \vee_l, \vee_r, \Box, \Diamond$, которая удовлетворяет следующим правилам:

Пустой путь (элемент) ε есть Φ -путь.

Пусть π есть Φ -путь, тогда

если C имеет вид $C_1 \wedge C_2$, то $\pi \wedge_l$ и $\pi \wedge_r$ есть Φ -пути (\wedge -путь)

если C имеет вид $C_1 \vee C_2$, тогда $\pi \vee_l$ и $\pi \vee_r$ есть Φ -пути (\vee -путь)

если C имеет вид $\Box C_1$, тогда $\pi \Box$ есть Φ -путь (\Box -путь)

если C имеет вид $\Diamond C_1$, тогда $\pi \Diamond$ есть Φ -путь (\Diamond -путь)

Подформула формулы Φ на пути π , обозначаемая $\Phi|_{\pi}$, определяется традиционно [58].

Исчисление путей KT_{path}^{Φ} имеет вид:

Аксиомы: Γ, π_1, π_2

Правила вывода:

$$\frac{\Gamma, \pi \wedge_l, \pi \wedge_r}{\Gamma, \Pi, \pi} (\wedge); \quad \frac{\Gamma, \pi \vee_l \quad \Gamma, \pi \vee_r}{\Gamma, \Pi, \pi} (\vee); \quad \frac{\Pi \Box, \pi \Diamond}{\Gamma, \Pi, \pi} (\Diamond); \quad \frac{\Pi \Box, \pi \Box}{\Gamma, \Pi, \pi} (\Box).$$

Все пути, входящие в секвенции пути ($\Pi = \pi_1, \dots, \pi_n$, и $\Pi \Box = \pi_1 \Box, \dots, \pi_n \Box$) являются Φ -путями.

Определение. Образом формул секвенции пути или дерева вывода в KT_{path}^{Φ} называется дерево вывода, полученное из первоначальных структур заменой каждого о пути π на $\Phi|_{\pi}$.

Для доказательства полноты KT_{path}^{Φ} используется соответствующая

Лемма (бимоделирования для KT_{path}^{Φ}).

1. Пусть D – дерево вывода в KT_{path}^{Φ} , тогда образом D является дерево вывода Φ в KT_{Seq} ;

3. Пусть D' – дерево вывода секвенции A_1, \dots, A_n в KT_{seq} и π_1, \dots, π_n – такие пути, что $\Phi \mid \pi_i = A_i \quad \forall i = 1, \dots, n$. Тогда существует дерево вывода D для π_1, \dots, π_n в KT_{path}^Φ такое, что D' является образом дерева вывода D .

3. (синтаксис) Пункты 1 и 2 справедливы, если везде «дерево вывода» заменить на «опровержение».

Теорема (полноты для KT_{path}^Φ). Формула Φ логики KT невыполнима тогда и только тогда, когда пустой путь ε имеет опровержение в KT_{path}^Φ .

Доказательство. По теореме полноты для KT_{seq} невыполнимость Φ эквивалентна существованию опровержения Φ в KT_{seq} .

Пусть ε имеет опровержение в KT_{path}^Φ . По лемме бимодулирования существует опровержение в KT_{seq} формулы $\Phi \mid \varepsilon$, т.е. Φ .

Пусть D' – опровержение формулы Φ в KT_{seq} . По лемме бимодулирования существует опровержение D в KT_{path}^Φ , чьим образом формул является D' . Очевидно, что D есть опровержение ε .

Обратное исчисление путей KT_{IP}^Φ

Определим *обратное* исчисление путей KT_{IP}^Φ по аналогии с KT_{inv}^Φ и из аналогичных соображений). Пусть π_1, \dots, π_n – Φ -пути. $\Pi = \pi_1, \dots, \pi_n$, $\Pi \square = \pi_1 \square, \dots, \pi_n \square$, и Γ – некоторые последовательности путей. Тогда аксиомами KT_{IP}^Φ являются любые формулы вида: π_1, π_2 , где $p = \Phi \mid \pi_1$, $\sim p = \Phi \mid \pi_2$, для некоторой пропозициональной переменной p .

Правила вывода:

$\underline{\Gamma, \pi \wedge_l} (\wedge_l);$	$\underline{\Gamma, \pi \wedge_r} (\wedge_r);$	
Γ, π	Γ, π	
$\underline{\Gamma, \pi \vee_l} \Delta, \underline{\pi \vee_r} (\vee);$	$\underline{\Gamma, \pi, \pi} (C);$	
Γ, Δ, π	Γ, π	
$\underline{\Gamma \square} (\diamond+);$	$\underline{\Pi \square, \pi \diamond} (\diamond);$	$\underline{\Pi \square, \pi \square} (\square)$
Γ, π	Π, π	Π, π

В [42] приведены свойства исчисления путей, позволяющие избавиться от некоторых избыточных секвенций в дереве вывода. Рассмотрим свойства ограничивающие поиск опровержения лишь некоторым подмножеством деревьев вывода с помощью упорядочения на множестве всех Φ -путей.

Классический метод резолюций упорядочивает литеры в дизъюнктах и требует, чтобы правило резолюций применялось только тогда, когда наибольшие литералы в обоих дизъюнктах разрешимы. Введем подобные ограничения на построение деревьев вывода для логической системы *KT*. Преобразуем классическое упорядочивание литер на модальный случай (Φ -упорядочение). В случае классического исчисления предикатов, возможно использовать любое упорядочение на подформулах Φ (или на Φ -путях), которое принимает во внимание префиксное отношение. Непосредственный перенос подобного упорядочения на модальные системы невозможен по причине того, что не каждое упорядочение на путях сохраняет полноту. – Рассмотрим вывод:

$$\frac{\wedge_l \Box, \wedge_r \wedge_l \Box \vee_l, \wedge_r \wedge_r \wedge_l \Diamond}{\wedge_l \Box, \wedge_r \wedge_l \Box \vee_r, \wedge_r \wedge_r \wedge_l \Diamond} \quad (\vee)$$

$$\wedge_l \Box, \wedge_r \wedge_l \Box, \wedge_r \wedge_r \wedge_l \Diamond$$

Здесь существенно то, что любой (\vee) -вывод применяется выше правила (\Diamond) , потому что правило (\Diamond) не применимо к верхним секвенциям. Тем не менее, если определено упорядочение на путях, в которых $\wedge_r \wedge_l \Box \vee_l$ является наименьшим в первой предпосылке, то возможность применения (\vee) первым будет исключена, и доказательство не будет найдено. Отсюда следует, что определение Φ -упорядочения в модальных логиках является более сложным, чем в классическом исчислении предикатов. – Определим его строго.

Определение. Два пути назовем братьями, если один из них имеет вид $\pi \wedge_l$, а другой – $\pi \wedge_r$, либо $\pi \vee_r$ и $\pi \vee_l$.

Например, братьями являются пути $\wedge_r \wedge_l \square \vee_l$ и $\wedge_r \wedge_l \square \vee_r$ из рассмотренного выше вывода. Таким образом, каждая конъюнкция или дизъюнкция обуславливает пару братьев.

Обозначения. Везде ниже символом $\wedge \vee$ будем обозначать любой из символов \wedge или \vee ; символом $*$ – любой из символов r или l ; символом $\square \diamond$ любой из символов \square или \diamond . Запись $\pi' \mid \pi$ обозначает « π' есть префикс π ».

Определение. Для заданной формулы Φ назовем Φ -упорядочением любое отношение полного порядка \succ на множестве всех Φ -путей, удовлетворяющее следующим условиям: $\pi_1 \succ \pi_2$, всякий раз, когда модальная длина π_1 строго больше модальной длины π_2 , или π_1 и π_2 имеют одинаковую модальную длину, последний символ $\pi_1 - \wedge \vee *$, а последний символ $\pi_2 - \square \diamond$, или π_1 и π_2 имеют одинаковую модальную длину и $\pi_2 \mid \pi_1$ (заметим, что этот и предыдущий случаи не являются исключаящими, но и не противоречат один другому) или если π_1 и π_2 имеют одинаковую модальную длину, и последний символ $\pi_1 - \wedge \vee *$, последний символ $\pi_2 - \wedge \vee *$, при этом неверны оба утверждения $\pi_2 \mid \pi_1$ и $\pi_1 \mid \pi_2$, но π_1 имеет большую обычную длину, чем π_2 . Не существует пути между двумя братьями, то есть не существует Φ -путей π_1, π_2, π_3 таких, что $\pi_1 \succ \pi_2 \succ \pi_3$ и π_1, π_3 – братья.

Содержательно, отношение \succ позволяет управлять порядком применения правил – сначала правила применяются к формулам, большим относительно \succ . Помимо этого отношение требует, чтобы заключение любого правила было меньше, чем любая его предпосылка в мультимножественном упорядочении. Условие (1a) гарантирует, что заключение меньше посылки при применении правил (\diamond) или $(\diamond+)$. Условие (1b) введено для того, чтобы применение (\diamond) или $(\diamond+)$ к секвенции, содержащей путь $\pi \wedge \vee *$ не дало неполное исчисление. Условия (1c-d) и (2) являются не только техническими и служат для

облегчения доказательств утверждений этого параграфа, но и однозначно определяют любые два пути по отношению к порядку \succ , что важно в плане реализации. Каждый путь π имеет индекс. Легко убедиться, что упорядочение $\pi_i \succ \pi_j$ ($i > j$) является Φ -упорядочением.

Обозначение. Будем использовать запись $\pi_1 \succeq \pi_2$, если $\pi_1 \succ \pi_2$ или $\pi_1 = \pi_2$.

Для классической логики полнота метода резолюций с упорядочением доказывается чисто семантически. В случае модальной системы KT необходимо показать, что стратегия выбора наибольшей формулы (или пути) в дизъюнкте не конфликтует с критериями избыточности, рассмотренными ранее. Поэтому доказательство полноты будем проводить в два этапа. На первом этапе докажем свойства деревьев вывода в KT^{Φ}_{path} , а на втором этапе перенесем их в обратное исчисление KT^{Φ}_{IP} , используя соответствующий вариант леммы подсеквенциальности.

При доказательстве полноты (в отличие от [58]) появляются технические трудности, связанные с тем, что требование упорядочения формулируется в терминах предпосылок вывода, в то время как доказательство полноты для KT^{Φ}_{path} отталкивается от следствий. Это приведет к небольшому усложнению определения упорядочения на путях. Покажем, что Φ -упорядочение существует для любой формулы, а затем приведем алгоритм упорядочивания Φ -пути.

Алгоритм, работает с секвенциями из множества путей, эти секвенции обозначаются $S_n \succ S_{n-1} \succ \dots \succ S_0$. Содержательно запись означает, что для любого $\pi \in S_i$ и $\pi' \in S_{i-1}$ выполнено $\pi \succ \pi'$. Пути, принадлежащие одинаковым S_i еще не упорядочены, но будут упорядочены позднее. На каждом шаге будем выбирать некоторое множество S_i в секвенции, содержащее один или более членов и заменять S_i двумя или более множествами $S_{i1} \succ \dots \succ S_{ik}$ такими, что

$S_{i1} \cup \dots \cup S_{ik} = S_i$. Алгоритм заканчивает работу тогда, когда каждое множество содержит только один элемент.

Алгоритм упорядочения

1. Первоначально S_i определяется как множество путей в формуле Φ модальной длины i .
2. Для всех S_i , исключая последнее множество, делаем следующее
 3. выбираем все пути π_1, \dots, π_n в S_i заканчивающиеся $\square \diamond$;
 4. разбиваем S_i на $S_i \setminus \{\pi_1, \dots, \pi_n\} \succ \{\pi_1\} \succ \dots \succ \{\pi_n\}$;
 5. разбиваем S_0 на $S_0 \setminus \{\varepsilon\} \succ \{\varepsilon\}$;
6. Пока существуют S_i с более чем одним членом, делаем следующее
 7. выбираем $\pi \wedge \vee_l$ и $\pi \wedge \vee_r$ – два брата в S_i такие, что $\pi \notin S_i$;
 8. выбираем L и R – множества всех префиксов соответственно из $\pi \wedge \vee_l$ и $\pi \wedge \vee_r$;
 9. разбиваем S_i на $S_i \setminus (L \cup R) \succ R \succ L \succ \{\pi \wedge \vee_r\} \succ \{\pi \wedge \vee_l\}$.

Замечание. Некоторые множества, например, L или R , могут быть пустыми, в этом случае они не включаются в секвенцию.

Когда алгоритм завершится, секвенция состоит из одноэлементных множеств, в этом случае мы допускаем, что $\pi \succ \pi'$, если секвенция имеет вид $\dots \{\pi\} \succ \dots \succ \{\pi'\} \dots$.

Покажем, как Φ -упорядочение на рисунке 1 можно получить с помощью алгоритма \rightarrow . Разбивающие шаги будем обозначать “ \rightarrow ”, надписывая номер строки в алгоритме. Для одноэлементных множеств $\{\pi_i\}$ фигурные скобки будем опускать.

$$\{\pi_7, \pi_8, \pi_9, \pi_{10}, \pi_{11}, \pi_{12}\} \succ \{\pi_0, \pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6\} \prec^4$$

$$\{\pi_{11}, \pi_{12}\} \succ \pi_{10} \succ \pi_9 \succ \pi_8 \succ \pi_7 \succ \{\pi_0, \pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6\} \prec^5$$

$$\{\pi_{11}, \pi_{12}\} \succ \pi_{10} \succ \pi_9 \succ \pi_8 \succ \pi_7 \succ \{\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6\} \succ \pi_0 \prec^9$$

$$\pi_{12} \succ \pi_{11} \succ \pi_{10} \succ \pi_9 \succ \pi_8 \succ \pi_7 \succ \{\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6\} \succ \pi_0 \prec^9$$

$$\pi_{12} \succ \pi_{11} \succ \pi_{10} \succ \pi_9 \succ \pi_8 \succ \pi_7 \succ \{\pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6\} \succ \pi_2 \succ \pi_1 \succ \pi_0 \prec^9$$

$$\pi_{12} \succ \pi_{11} \succ \pi_{10} \succ \pi_9 \succ \pi_8 \succ \pi_7 \succ \{\pi_5, \pi_6\} \succ \pi_4 \succ \pi_3 \succ \pi_2 \succ \pi_1 \succ \pi_0 \prec^9$$

$$\pi_{12} \succ \pi_{11} \succ \pi_{10} \succ \pi_9 \succ \pi_8 \succ \pi_7 \succ \pi_6 \succ \pi_5 \succ \pi_4 \succ \pi_3 \succ \pi_2 \succ \pi_1 \succ \pi_0.$$

Следующая лемма гарантирует, что *алгоритм* $\vec{}$ удовлетворяет определению Φ -упорядочения.

Лемма. Любое упорядочение, полученное *алгоритмом* $\vec{}$ на формуле Φ является Φ -упорядочением. Поскольку на любом шаге *алгоритма* мы получаем Φ -упорядочение, имеет место очевидное следствие - **Φ -упорядочение существует.** Понятие Φ -упорядочения введено для того, чтобы доказать существование опровержения в специальной форме, связанной с этим упорядочением. Φ -упорядочение сокращает пространство поиска вывода только таких опровержений. Для дальнейшего понадобится ряд дополнительных определений.

Обозначение. Пусть π – путь, Γ – секвенция путей. Запись $\pi \succ \Gamma$ является сокращением для утверждения, что $\pi \succ \pi'$ для любого π' из Γ .

Определение. (\vee) -вывод в KT_{path}^Φ :

$$\frac{\Gamma, \pi \vee_l \Gamma, \pi \vee_r}{\Gamma, \pi} (\vee)$$

будем называть относящимся к Φ -упорядочению \succ , если $\pi \vee_l \succ \Gamma$ и $\pi \vee_r \succ \Gamma$. Аналогично вводится понятие (\wedge) -вывода, относящегося к \succ .

Определение. (\wedge) -вывод в KT^{Φ}_{path} :

$$\frac{\Gamma, \pi_{\wedge_l}, \pi_{\wedge_r}}{\Gamma, \pi} (\wedge)$$

будем называть относящимся к Φ -упорядочению \succ , если $\pi_{\wedge_l} \succ \Gamma$ и $\pi_{\wedge_r} \succ \Gamma$.

Определение. Дерево вывода в KT^{Φ}_{path} будем называть относящимся к \succ , если каждый (\wedge) и каждый (\vee) вывод из этого дерева относится к \succ .

Лемма (о существовании вывода, относящегося к \succ). Пусть Φ – невыполнимая формула и \succ – Φ -упорядочение. Тогда существует опровержение в KT^{Φ}_{path} , которое относится к \succ .

Непосредственно не очевидно, как доказать это утверждение. Прямое применение индукции по длине пути без учета дополнительных соображений может привести к получению вывода, не относящегося к Φ -упорядочению \succ . Приведем пример подобной ситуации. Пусть, что $\pi_1 \succ \pi_2 \vee_l$. Рассмотрим секвенцию π_1, π_3 . Мы можем применить правило (\vee) из KT^{Φ}_{path} для того, чтобы получить эту секвенцию:

$$\frac{\pi_1, \pi_2 \vee_l \quad \pi_1, \pi_2 \vee_r}{\pi_1, \pi_2} (\vee)$$

Фактически, этот вывод является единственным, и, тем не менее, он не относится к \succ . Условия, наложенные на вывод для того, чтобы он относился к \succ , сформулированы в терминах посылок вывода, но в таком индуктивном доказательстве мы можем расширить заключение только новым выводом. Для разрешения этой проблемы следует избавиться от секвенций путей, которые приводят к описанной ситуации, ограничиваясь секвенциями специального вида. Это так

называемые \succ -компактные секвенции путей. Они определяются следующим образом.

Определение. Пусть π_1, \dots, π_n – пути в формуле Φ и \succ – Φ -упорядочение. Секвенция путей $\Gamma = \pi_1, \dots, \pi_n$ называется \succ -компактом, если для каждого $i=1, \dots, n$ выполняются следующие условия:

1. Если π_i – \wedge -путь, тогда $\pi_i \wedge_l \succ \Gamma$ и $\pi_i \wedge_r \succ \Gamma$;
2. Если π_i – \vee -путь, тогда $\pi_i \vee_l \succ \Gamma$ и $\pi_i \vee_r \succ \Gamma$.

Используя обозначения для дизъюнкции, конъюнкции и модальностей, можно переформулировать определение \succ -компактности следующим образом:

Определение. Пусть π_1, \dots, π_n – пути в формуле Φ и \succ – Φ -упорядочение. Секвенция путей $\Gamma = \pi_1, \dots, \pi_n$ называется \succ -компактом, если для каждого $i=1, \dots, n$ и для каждого $\wedge\vee$ -пути π_i в Γ мы имеем $\pi_i \wedge\vee_* \succ \Gamma$.

Заметим, что $\pi_i \wedge\vee_* \succ \pi_i$ гарантируется условиями Φ -упорядочения, следовательно требование $\pi_i \wedge\vee_* \succ \Gamma$ можно заменить на $\pi_i \wedge\vee_* \succ \Gamma \setminus \{\pi_i\}$. Следующая лемма утверждает, что компактная секвенция Γ не может привести к безвыходной ситуации.

Лемма (о \succ -компактах). Пусть \succ – Φ -упорядочение, тогда

1. Посылка каждого $(\Box\Diamond)$ -вывода есть \succ -компакт;
2. Если Γ – \succ -компактная секвенция, встречающаяся в дереве вывода ε , то каждый $(\wedge\vee)$ -вывод, имеющий Γ своим заключением, относится к \succ ;

3. Если Γ – \succ -компактная секвенция, встречающаяся в дереве вывода ε и если Γ содержит по крайней мере один \vee -путь или \wedge -путь, то существует $(\wedge\vee)$ -вывод, все посылки которого – \succ -компакты.

Опираясь на доказанную лемму, можно доказать сформулированную ранее лемму о существовании вывода, относящегося к \succ .

Лемма. Если Φ – невыполнимая формула и \succ – Φ -упорядочение, то существует опровержение в KT_{path}^{Φ} , относящееся к \succ .

Теорема полноты обратного метода без секвенций

Выше была доказана теорема полноты обратного метода с некоторыми критериями избыточности. Было также построено исчисление $KT_{\text{IP}}^{\Phi,*}$, отличающееся от KT_{IP}^{Φ} тем, что в нем отсутствуют секвенции различной модальной длины и противоречивые пары путей. Модифицируем исчисление $KT_{\text{IP}}^{\Phi,*}$ с учетом критерия избыточности о Φ -упорядочении.

Определение. Обозначим $KT_{\text{inv}}^{\Phi,\succ}$ исчисление, полученное из KT_{inv}^{Φ} :

1. Удалением всех секвенций путей, содержащих пути различной модальной длины;
2. Удалением всех секвенций путей содержащих противоречивую пару путей;
3. Удалением всех выводов, не относящихся к \succ .

В $KT_{\text{inv}}^{\Phi,\succ}$ справедливы леммы бимоделирования и подсеквенциальности. Подобно случаю с немодифицированным исчислением при доказательстве теоремы полноты обратного метода для $KT_{\text{inv}}^{\Phi,\succ}$ будем опираться на эти леммы.

Лемма бимоделирования для $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$.

1. Пусть D – дерево вывода в $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$. Тогда образ D является деревом вывода Φ в KT^{Φ}_{path} ;

3. Пусть D' – дерево вывода секвенции A_1, \dots, A_n в KT^{Φ}_{path} и π_1, \dots, π_n – такие пути, что $\Phi \mid \pi_i = A_i, \forall i = 1, \dots, n$. Тогда существует дерево вывода D для π_1, \dots, π_n в KT^{Φ}_{path} такое, что D' является образом формул дерева вывода D .

3. Пункты 1 и 2 справедливы, если везде «дерево вывода» заменить на «опровержение».

Доказательство аналогично лемме бимоделирования для KT^{Φ}_{path} .

Перед тем как перейти к лемме подсеквенциальности для KT^{Φ}_{IP} заметим, что исчисление KT^{Φ}_{IP} имеет различные правила для обработки конъюнкции. Поэтому мы изменяем определение дерева вывода, относящегося к Φ -упорядочению следующим образом.

Определение. Дерево вывода в KT^{Φ}_{IP} называется относящимся к Φ -упорядочению, если на вывод наложены следующие условия:

1. Для каждого (\vee) -вывода этого дерева

$$\frac{\Gamma, \pi_{\vee_l} \Delta, \pi_{\vee_r}}{\Gamma, \Delta, \pi} \quad (\vee)$$

справедливо только, если $\pi_{\vee_l} \succ \Gamma$ и $\pi_{\vee_r} \succ \Gamma$;

2. Для каждого (\wedge_l) -вывода и (\wedge_r) -вывода исходного дерева

$$\frac{\Gamma, \pi_{\wedge_l}}{\Gamma, \pi} \quad (\wedge_l) \qquad \frac{\Gamma, \pi_{\wedge_r}}{\Gamma, \pi} \quad (\wedge_r)$$

справедливо $\pi_{\wedge_l} \succ \Gamma$ ($\pi_{\wedge_r} \succ \Gamma$).

Лемма (подсеквенциальности для $KT^{\Phi, \succ}_{IP}$). Пусть D – опровержение ε в KT^{Φ}_{IP} , относящееся к \succ и I – вывод в D в виде:

$$\frac{\Gamma_1 \dots \Gamma_n}{\Gamma},$$

и пусть даны секвенции путей $\Delta_1, \dots, \Delta_n$ такие, что каждая Δ_i есть подсеквенция Γ_i , тогда существует дерево вывода D' для Δ в $KT^{\Phi, \succ}_{IP}$ из $\Delta_1, \dots, \Delta_n$ такое, что Δ есть подсеквенция Γ .

Доказательство. Доказательство основано на анализе различных случаев для вывода I .

Лемма подсеквенциальности легко обобщается до произвольного дерева вывода. Для этого необходимо применить метод математической индукции по длине дерева вывода. Сформулируем эту лемму без доказательства.

Лемма (подсеквенциальности для деревьев вывода в $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$). Пусть D – опровержение ε в $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$, которое относится к \succ , D'' – поддереву вывода в D секвенции Γ из секвенций $\Gamma_1, \dots, \Gamma_n$ и $\Delta_1, \dots, \Delta_n$ – подсеквенции $\Gamma_1, \dots, \Gamma_n$ соответственно. Тогда существует дерево вывода D' для секвенции Δ в $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$ из $\Delta_1, \dots, \Delta_n$ такое, что Δ является подсеквенцией Γ .

Перейдем к доказательству теоремы полноты для $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$.

Теорема (полноты $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$) Формула Φ системы KT невыполнима тогда и только тогда, когда ε имеет опровержение в исчислении $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$.

Доказательство. (\Rightarrow) Предположим, что формула Φ невыполнима. По теореме полноты для KT^{Φ}_{path} секвенция ε имеет опровержение в KT^{Φ}_{path} . По лемме подсеквенциальности для деревьев вывода в

$KT^{\Phi, >}_{inv}$, существует подсеквенция секвенции ε , имеющая опровержение в $KT^{\Phi, >}_{inv}$. Очевидно, что пустая секвенция не имеет опровержения в KT^{Φ}_{inv} , поэтому ε имеет опровержение в $KT^{\Phi, >}_{inv}$.

(\Leftarrow) Предположим, что ε имеет опровержение в $KT^{\Phi, >}_{inv}$. По лемме бимоделирования для KT^{Φ}_{inv} , формула Φ имеет опровержение в KT^{Φ}_{Inv} . Поскольку в KT^{Φ}_{Inv} каждая секвенция, имеющая опровержение является невыполнимой, следовательно, Φ – невыполнима.

3.4. Проектирование системы логического вывода интеллектуальной информационной системы ситуационного центра

Предложенный формализм лег в основу организации логического вывода в системы поддержки принятия решений ситуационного центра управления здравоохранением, что позволило повысить гибкость и интеллектуальность системы по средствам использования понятий «возможности/необходимости». Эффективность вывода в предлагаемом подходе, в общем случае, не хуже, чем для классического метода резолюций, в то время как описательные возможности модальных теорий существенно шире классической логики. Следует также отметить, что предложенный подход исключает использование внелогических механизмов (подобных оператору усечения в Прологе) и в большинстве практических ситуаций требует меньших, нежели метод резолюций, ресурсов. Примером такой ситуации может служить система объяснения принятых системой решений, реализация которой с использованием прямого вывода являлась бы более трудоемкой задачей.

Таблица 3.3. Входные и выходные параметры системы при управлении в кризисной ситуации.

Обозначение	Описание	Универсум (список возможных значений)
Входные параметры		
A ₁	Заболеваемость (%)	Множество вещественных чисел
A ₂	Количество первичных обращений	Множество вещественных чисел
A ₃	Количество обращений средней степени тяжести	Множество натуральных чисел
A ₄	Количество обращений средней степени тяжести	Множество натуральных чисел
A ₅	Количество «тяжелых» обращений	Множество натуральных чисел
A ₆	Количество койкомест в стационарах	Множество натуральных чисел
A ₇	Запас лекарственных средств	Множество натуральных чисел
Выходные параметры		
B ₁	Увеличение запаса лекарственных средств в ЛПУ	Множество вещественных чисел
B ₂	Изменение типа койки в ЛПУ	Множество натуральных чисел
B ₃	Увеличение времени работы ЛПУ	Множество натуральных чисел
B ₄	Уменьшение запаса лекарственных средств в ЛПУ	Множество натуральных чисел
B ₅	Увеличение количества коек в ЛПУ	Множество натуральных чисел

Таблица 3.3. Входные и выходные параметры системы при управлении в режиме ежедневного управления.

Номер	Описание	Универсум
Входные параметры		
A ₁	P^1_2 (тыс. рублей) – показатель неэффективных расходов на управление коечным фондом в государственных (муниципальных) учреждениях здравоохранения в расчете на 10 000 человек населения	Множество положительных вещественных чисел
A ₂	$K\phi$ (число коек) – число коек в государственных (муниципальных) учреждениях здравоохранения на 10 000 человек населения	Множество положительных натуральных чисел
A ₃	$K\psi$ (число коек) – среднее значение показателя числа коек в государственных (муниципальных) учреждениях здравоохранения	Множество положительных натуральных чисел
A ₄	P^1_3 (тыс. рублей) - показатель неэффективных расходов на управление длительностью эксплуатации койки из расчета показателя на 10 000 человек населения	Множество положительных натуральных чисел
A ₅	H_3 (тыс. рублей)– нормативное значение средней занятости в году койки в государственных (муниципальных) учреждениях здравоохранения	Множество положительных натуральных чисел
A ₆	$H\phi$ (дни) – средняя занятость в году койки в государственных (муниципальных) учреждениях здравоохранения	Множество положительных вещественных чисел
A ₇	$H\psi$ (дни) – нормативное значение средней занятости в году койки	Множество натуральных чисел
Выходные параметры		
B ₁	Увеличение расходов	Множество вещественных чисел
B ₂	Уменьшение расходов	Множество натуральных чисел
B ₃	Премирование сотрудников	Множество натуральных чисел
B ₄	Повышение норм обслуживания населения	Множество натуральных чисел
B ₅	Сокращение дней пребывания в стационаре	Множество натуральных чисел

Исследуемая система описывается следующими правилами вывода:

$$R_1: (\Diamond A_5 \wedge \Box A_6) \wedge (\Box \Diamond A_1 \vee A_2 \vee \Diamond \Box A_3 \vee A_4) \rightarrow G_1;$$

$$R_2: (\Box A_5 \wedge \Diamond A_6) \wedge (\Diamond A_1 \wedge \Diamond \Box A_2 \wedge \Box A_3 \wedge \Diamond A_4) \rightarrow G_1;$$

$$R_3: (\Box A_2 \wedge \Box A_4 \wedge \Diamond A_1 \wedge \Box A_5) \vee (\Box A_1 \vee (\Diamond A_1 \wedge \Diamond \Box A_5 \wedge \Diamond A_4)) \rightarrow G_2;$$

$$R_4: (\Box A_3 \vee (\Diamond A_1 \wedge \Diamond A_2 \wedge \Box A_4)) \rightarrow G_3;$$

$$R_5: (\Diamond A_3 \vee (\Diamond A_1 \wedge \Box A_2 \wedge \Diamond A_4)) \rightarrow G_3;$$

$$R_6: (\Box A_1 \vee \Diamond A_2 \vee \Box A_3) \rightarrow G_4;$$

$$R_7: (\Box A_1 \wedge \Box A_2 \wedge A_3) \rightarrow G_4;$$

$$R_8: (\Box A_1 \vee \Diamond A_3) \rightarrow G_5;$$

$$R_9: (\Diamond A_1 \wedge \Box A_3) \rightarrow G_5;$$

$$R_{10}: (\Diamond A_5 \wedge \Box A_6) \rightarrow A_1;$$

Следует отметить, что наряду с возможностью вывода выходных параметров в системе также возможно доопределение неизвестных входных параметров из известных входных (правила вывода R10).

3.5. Метод моделирования ситуаций на основе архетипного подхода и модальной логики

На основе архетипного подхода и модальной логики разработан метод моделирования ситуаций, который позволяет добавлять модальности «возможно» и «известно» при моделировании набора архетипов, характеризующих ситуацию. В спецификацию ISO 13606 были добавлены атрибуты, позволяющие работать с модальностями при моделировании архетипов и при обработке архетипов в медицинской информационной системе.

В структуру архетипа в раздел «Определение» (definition) добавлена работа с модальностями «возможно» и «известно» для структур «Composition», «Cluster», «Element» (Рисунок 3.5). К описанию поля добавлена возможность добавлять два новых типа данных: `is_known` и `is_possible`.

Data field `is_known`: Boolean

ensure

Result = `is_known` **and not**

`is_known`

Data field `is_possible`: Boolean

ensure

Result = is_possible and not is_possible

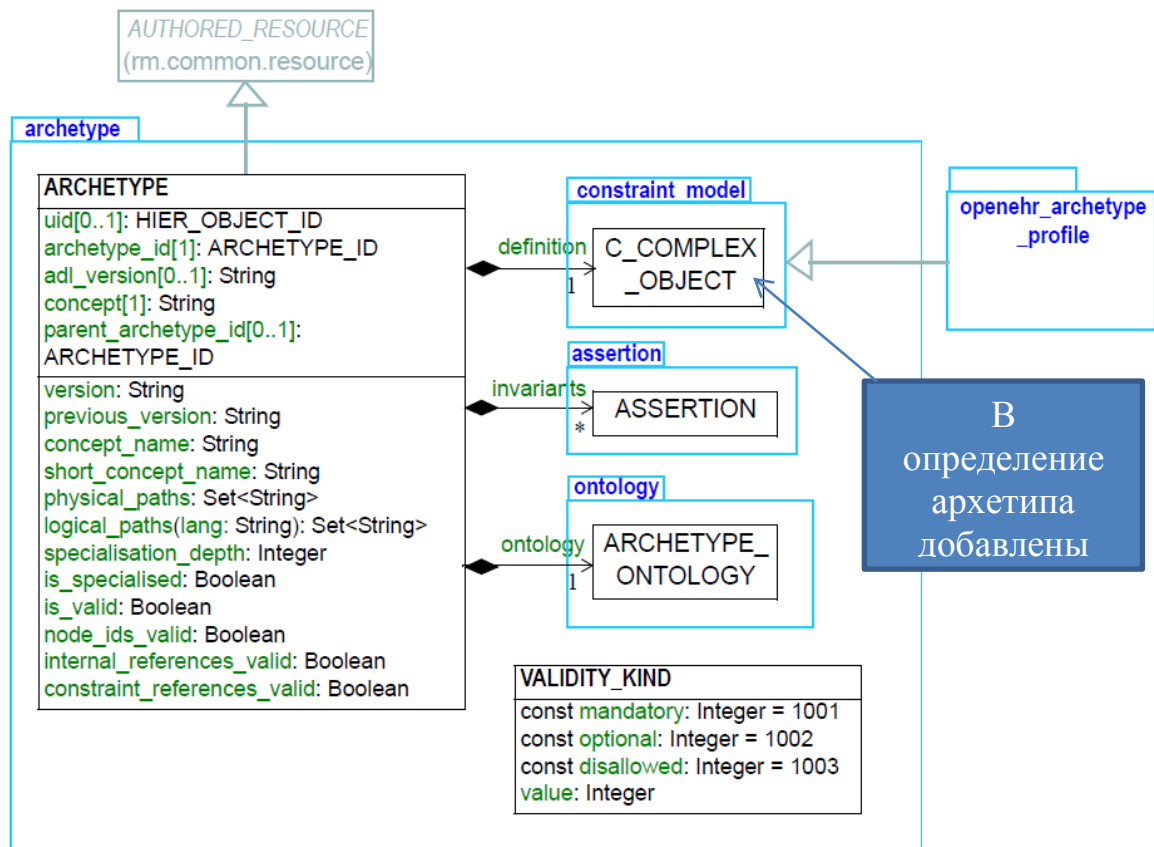


Рисунок 3.5. Структура архетипа

Интерфейс редактора архетипов предоставляет пользователю возможность работать с модальностями при определении свойств, задавать им параметры уверенности (Рисунок 3.6).

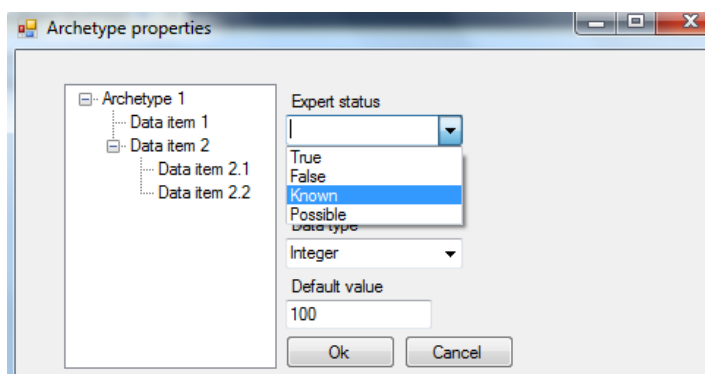


Рисунок 3.6. Форма ввода свойств архетипа

При анализе модели архетипа также добавлена возможность учитывать модальности на этапе анализа раздела «определение» (Рисунок 3.6). Это

позволило автоматически, без предварительной подготовки работать с архетипами, при определении которых применялись модальности.

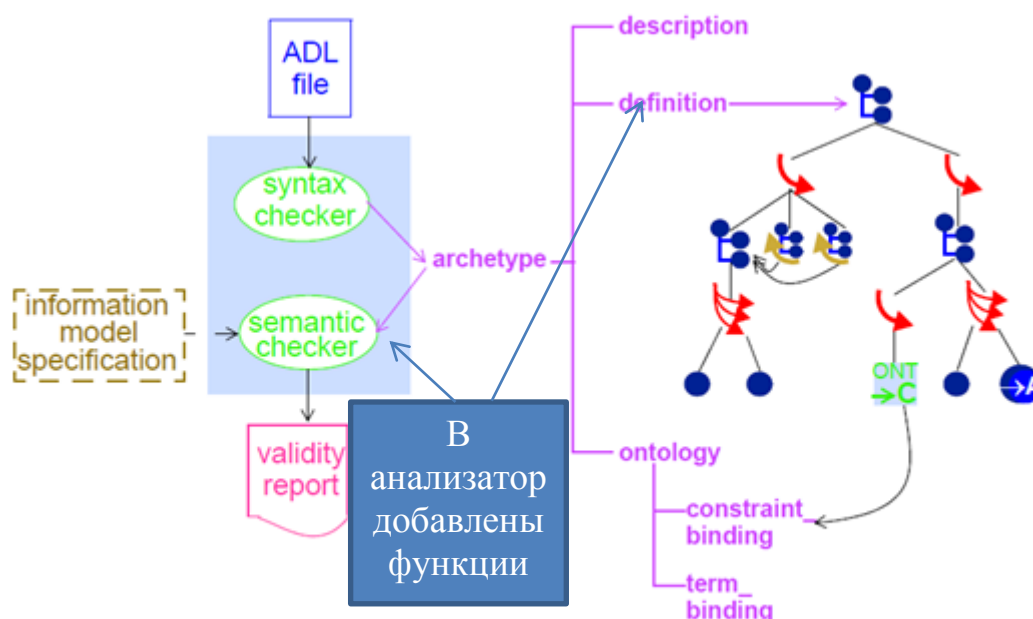


Рисунок 3.7. Процесс анализа архетипа.

Данный метод позволяет более адекватно учесть описание предметной области экспертами. Возможность работы с модальностями была учтена при разработке редактора архетипов путем добавления соответствующей функциональности. При моделировании архетипов пользователю доступно добавлять каждому полю данных свойства «возможно» и «известно».

3.6. Выводы

1. Для представления и обработки знаний об исследуемой предметной области разработана математическая модель системы, основанная на аппарате модальной логики и методе обратного вывода, позволяющая повысить скорость и эффективность обработки данных;
2. Доказана теорема полноты для метода обратного вывода $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$;
3. Разработан алгоритм упорядочивания путей логического вывода для обратного вывода $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$;
4. Разработан алгоритм обработки данных, использующий модальную логику и механизм извлечения данных, основанный на обратном

выводе, позволяющий повысить эффективность работы с данными в условиях неопределенности и неполноты знаний, характерных для исследуемой предметной области;

5. Разработан метод моделирования ситуаций на основе модальной логики и архетипного подхода, позволяющий применение модальностей «известно» и «возможно» при моделировании архетипов, описывающих ситуацию. Данный метод позволяет более адекватно учитывать знания экспертов при описании предметной области.

Глава 4. Реализация интеллектуальной информационной системы ситуационного центра для управления сетью лечебных учреждений

В данной главе приведена программная реализация методик, моделей и правил, представленных в предыдущих главах. В первой части главы приводится описание процесса проектирования КИМПО и обосновывается выбор средств программной реализации системы, во второй части главы описывается реализация и внедрение системы.

4.1. Проектирование КИМПО

4.1.1. Формирование концептуальной информационной модели предметной области

При построении КИМПО наиболее часто используется подход, основанный на анализе информационных потребностей пользователей системы. Эти потребности могут быть отражены в существующих документах и дополнительно могут быть выявлены в результате специального опроса пользователей. Такой подход называется интеграционным [134-135], т.к. концептуальная модель строится в результате интеграции анализируемых потребностей.

В результате анализа информационных потребностей пользователей и модели бизнес-процесса, а также на основе общего описание предметной области были выделены следующие сущности: ЛПУ, врачи, койки, медикаменты, посещение врача, приказы, отчетные документы. Далее для этих сущностей были определены атрибуты. Кроме того, были выявлены дополнительные сущности и проведена нормализация отношений по трем нормальным формам [136]. В таблице 4.1. представлен полный перечень сущностей предметной области и атрибутов, относящихся к ним.

Таблица 4.1. Основные сущности и атрибуты предметной области.

Название сущности	Название атрибута
ЛПУ	Код ЛПУ
	Название ЛПУ
	Тип ЛПУ
	Количество коек
	Количество свободных коек
	Количество медикаментов
Доктор	Код доктора
	ФИО доктора
	Специализация доктора
	Код ЛПУ
Койка	Код койки
	Код специализации
	Код ЛПУ
Медикамент	Код медикамента
	Код ЛПУ
	Дата расчета
	Количество медикамента
Отчетный документ	Код документа
	Название документа
	Код ЛПУ
	Количество коек
	Количество медикаментов
	Количество врачей
	Дата составления
Приказ	Код приказа
	Название приказа
	Код ЛПУ
	Код Медикамента
	Количество Медикамента
	Код доктора
	Код новое ЛПУ доктора
	Код новое ЛПУ медикамента
	Код койки
	Код новый тип койки
Посещение врача	Код посещения
	Диагноз
	Дата посещения
	Тяжесть обращения
	Тип посещение
	Код ЛПУ

В результате связывания сущностей и нормализации отношений была определена следующая схема КИМПО (реляционная модель обработки данных) для исследуемой системы в методологии IDEF 1.X., рисунок 4.1:

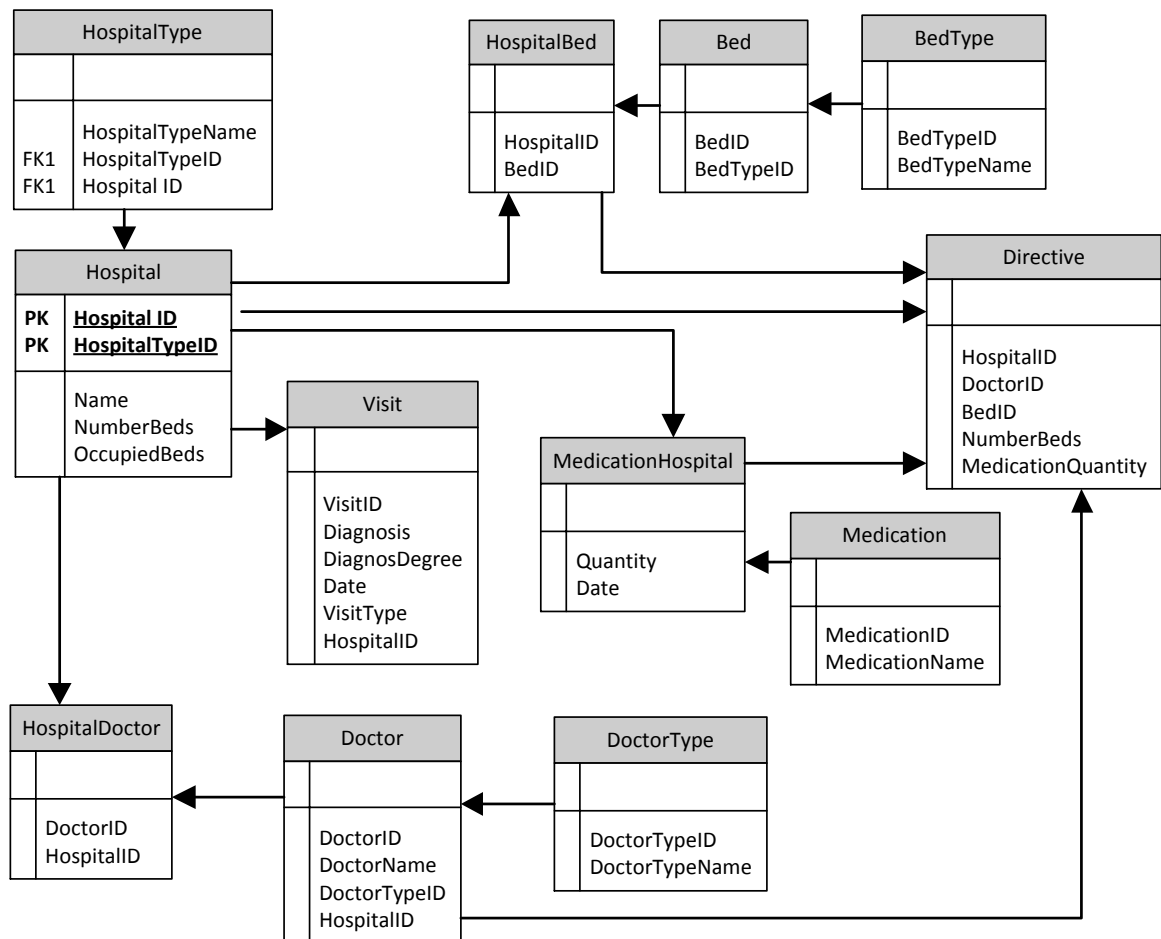


Рисунок 4.1 - Фрагмент схемы КИМПО для исследуемой системы

Разрабатываемая система нуждается в большом количестве данных, поставляемых от внешних источников, поэтому немаловажную роль играет проектирование эффективного взаимодействия системы с внешними поставщиками данных.

4.1.2. Проектирование взаимодействия с внешними поставщиками данных

Предметная область представляет собой совокупность учреждений здравоохранения различного профиля, врачей общей практики, частнопрактикующих врачей и ситуационный центр

управления региональным здравоохранением. При этом у участников системы имеются различные потребности в данных. Так, если для врачей или медицинских учреждений необходимы данные о состоянии здоровья пациента для обеспечения непрерывного квалифицированного лечения, то у ситуационного центра отсутствует потребность в персональных данных каждого пациента, вместо них для принятия решений необходимы актуальные деперсонифицированные данные, отражающие реально сложившиеся ситуации, в соответствии с разработанными моделями ситуаций. Таким образом, поставщиками данных в системе являются: учреждения здравоохранения различного профиля, врачи общей практики и частнопрактикующие врачи, получателям данных будет являться ситуационный центр управления здравоохранением. Поставщики данных работают с различными автоматизированными системами, таким образом, необходимо обеспечить нормализацию данных; при этом следует учитывать сохранение их семантического значения. Архетипный подход стандарта ISO 13606 решает подобную проблему [137-138].

Система сбора и анализа данных должна обеспечивать эффективный и безопасный обмен данных в региональной сети здравоохранения между поставщиками услуг и ситуационным центром. В связи с тем, что у ситуационного центра для оценки ситуаций возникает потребность в различных данных, то необходимо предусмотреть возможность легкого и быстрого изменения поставщиков данных ситуационного центра. Дуальный подход, а именно разграничение физической и клинической модели данных, представленный в стандарте ISO 13606 позволит изменять архетипы-поставщики данных без изменения физической модели их хранения. Для разработки логической модели предметной области была

использована методология представления медицинских знаний в виде архетипов, изложенная в международном стандарте ISO 13606. В настоящее время разработаны медицинские информационные системы, которые способны обрабатывать архетипы, реализованные при помощи ADL и строить интерфейс пользователя для ввода данных. Также архетипы могут быть использованы для захвата данных других медицинских информационных систем [139-140].

В качестве инструмента моделирования ситуаций был разработан редактор архетипов. Основными функциями данного инструмента являются: разработка модели ситуации, описание атрибутов ситуации, установление нормальных показателей для атрибутов ситуации. Редактор обеспечивает работу с модальностями при проектировании архетипов. Применение для сбора данных единой концепции ситуации, соответствующей международному стандарту ISO 13606, позволяет осуществлять сбор данных для анализа текущей ситуации таким образом, что не потребуются дополнительных преобразований данных в ситуационном центре для их дальнейшей обработки.

The image shows a software interface for defining a value. It is titled "Value" and contains several options and input fields:

- Default:** A radio button that is currently unselected, followed by a text input field.
- List:** A radio button that is currently selected, followed by a text input field and an "Add..." button.
- Interval:** A radio button that is currently unselected. It includes two sub-options: "Min:" and "Max:", each with a checkbox, a dropdown menu, and a text input field.
- Assumed value:** A text input field at the bottom of the form.
- Additional controls:** A "Delete" button and two arrow buttons (up and down) are located to the right of the list box.

Рисунок 4.2 - Форма определения интервала и возможных значений показателя.

Графический редактор разработки архетипов позволяет быструю реализацию архетипов в графической среде разработки и генерацию кода на языке ADL (Archetype definition language – язык описания архетипов). На рисунке 4.3 представлено изображение архетипа анамнеза жизни в древовидном представлении.

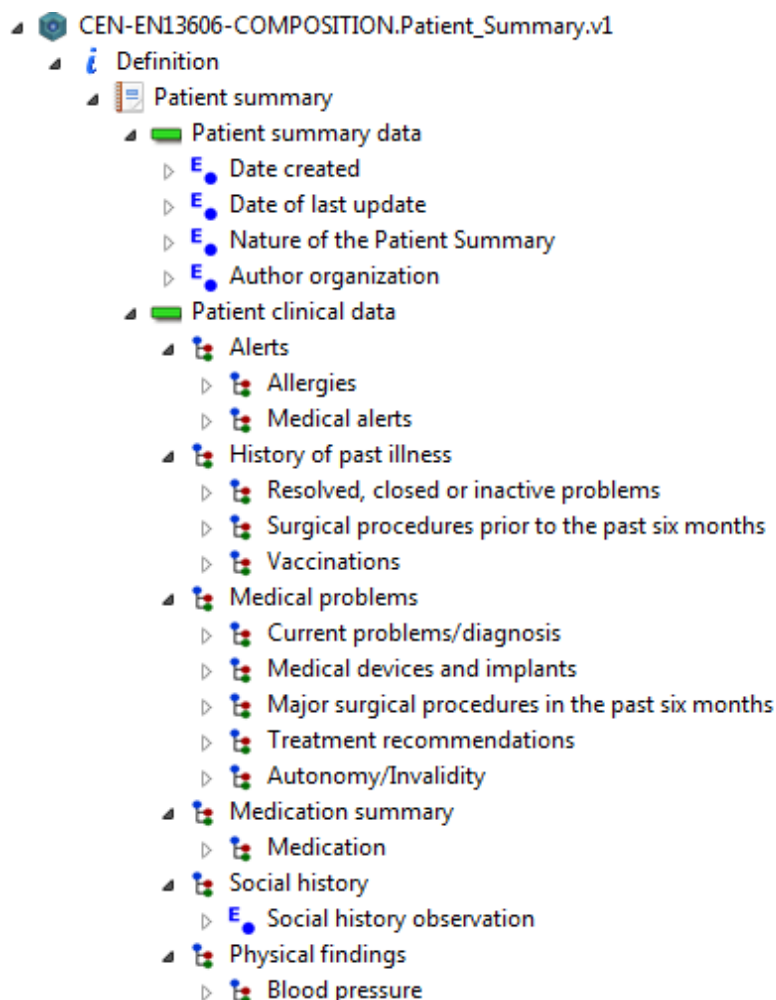


Рисунок 4.3 Графическое представление архетипа

Ниже приведен фрагмент архетипа, применяемого при внедрении системы, на языке ADL.

CEN-EN13606-COMPOSITION.Laborwerte-GOIN-Pass.v2
definition

COMPOSITION[at0000] occurrences matches {1..1} matches { -- GO IN
Laborwerte

content existence matches {0..1} cardinality matches {0..1; ordered}
matches {

```

        ENTRY[at0020] occurrences matches {0..1} matches { --
Entnahmedatum
        items existence matches {0..1} cardinality matches {0..1;
unordered; unique} matches {
        ELEMENT[at0021] occurrences matches {0..1} matches { --
Datum
        value existence matches {0..1} matches {
        DATE[at0022] occurrences matches {0..1} matches { --
DATE
        date existence matches {1..1} matches {2010-09-22}
        ELEMENT[at0023] occurrences matches {0..1} matches { --
Kommentar
        value existence matches {0..1} matches {
        SIMPLE_TEXT[at0024] occurrences matches {0..1}
matches { -- SIMPLE_TEXT
        originalText existence matches {0..1} matches {/.*/}
        ENTRY[at0001] occurrences matches {0..1} matches { -- Herkunft
        items existence matches {0..1} cardinality matches {0..1;
unordered; unique} matches {
        ELEMENT[at0002] occurrences matches {0..1} matches { --
Laborname
        value existence matches {0..1} matches {
        SIMPLE_TEXT[at0003] occurrences matches {0..1}
matches { -- SIMPLE_TEXT
        originalText existence matches {0..1} matches {/.*/}
        allow_archetype ENTRY[at0007] occurrences matches {0..1} matches
{
        include
        archetype_id/value matches {/CEN-EN13606-
ENTRY.Laborwerte-Haemoglobin.v2/}
        }
        allow_archetype ENTRY[at0025] occurrences matches {0..1} matches
{
        include
        archetype_id/value matches {/CEN-EN13606-
ENTRY.Laborwerte-Haematokrit.v2/}
        }
}
>

```

4.1.3. Проектирование системы сбора данных медицинской статистики

Предметная область представляет собой совокупность учреждений здравоохранения различного профиля, врачей общей практики,

частнопрактикующих врачей и ситуационный центр управления региональным здравоохранением. При этом у участников системы имеются различные потребности в данных. Так, если для врачей или медицинских учреждений необходимы данные о состоянии здоровья пациента для обеспечения непрерывного квалифицированного лечения, то у статистического управления и ситуационного центра отсутствует потребность в персональных данных каждого пациента, вместо них для принятия решений необходимы актуальные деперсонифицированные данные, отражающие реально сложившуюся ситуацию. Таким образом, поставщиками данных в системе являются: учреждения здравоохранения различного профиля, врачи общей практики и частнопрактикующих врачей, получателям данных будет являться ситуационный центр управления здравоохранением. Поставщики данных работают с различными автоматизированными системами, таким образом, необходимо обеспечить нормализацию данных; при этом следует учитывать сохранение их семантического значения.

Для оценки эффективности различных моделей передачи данных были использованы следующие методы системного анализа: Методы выявления предпочтений экспертов, Методы интеграции измерений (свертки), а также критерии управления в условиях неопределенности внешней среды: Критерий среднего выигрыша, Критерий Лапласа, Критерий максимина (Вальда), Критерий максимакса [141-142]. Для обеспечения достоверности результатов были привлечены эксперты предметной области.

Инструмент для реализации системы должен поддерживать все модели, алгоритмы и технологии, выделенные на этапе проектирования. В соответствии с этим было выделено несколько сред разработки программных систем, а затем проведен их сравнительный анализ на основе весовых коэффициентов. Были сформулированы критерии для

разрабатываемой системы, которые представлены в таблице 4.2. При выборе подходов к реализации системы были рассмотрены следующие варианты:

Z₁ – Сервис-ориентированная архитектура — модульный подход к разработке программного обеспечения основанный на использовании сервисов (служб) со стандартизированными интерфейсами [143]. В основе SOA лежат принципы многократного использования функциональных элементов информационных технологий, ликвидации дублирования функциональности в программной обеспечении, унификации типовых операционных процессов, обеспечения перевода операционной модели компании на централизованные процессы и функциональную организацию на основе промышленной платформы интеграции. Компоненты программы могут быть распределены по разным узлам сети, и предлагаются как независимые, слабо связанные, заменяемые сервисы-приложения. Программные комплексы, разработанные в соответствии с SOA, часто реализуются как набор веб-сервисов, интегрированных при помощи известных стандартных протоколов.

Z₂ – Клиент-сервер — вычислительная или сетевая архитектура, в которой задания или сетевая нагрузка распределены между поставщиками услуг (сервисов), называемыми серверами, и заказчиками услуг, называемыми клиентами. Нередко клиенты и серверы взаимодействуют через компьютерную сеть и могут быть как различными физическими устройствами, так и программным обеспечением. Агрегация данных на центральном сервере позволит избежать проблем с нормализацией данных, однако обеспечение безопасности будет очень дорогостоящей задачей [144].

Z₃ – Использование готового стандартного решения Crystal Analysis Professional 9 – универсальная платформа для бизнес-анализа, которая

объединяет технологии по просмотру отчетов, анализу и доставке информации в одно масштабируемое решение. Crystal Analysis Professional предназначен для решения ключевой проблемы предприятий, а именно, обеспечения бизнес-пользователей всех уровней организации (сотрудники, партнеры и заказчики) быстрым доступом к информации, требуемой для принятия компетентных решений.

Для выбора архитектуры были использованы интегральные критерии [141] на основе трех альтернативных вариантов, десяти частных критериев H_i , весовых коэффициенты w_i для каждого частного критерия, двух интегральных критериев.

Для определения значений весовых коэффициентов w_i каждого из частных критериев H_i был использован метод парных сравнений [142]. На рисунке 4.4 приведена матрица парных сравнений для определения весовых коэффициентов частных критериев:

	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}
H_1	1	2	1/4	3	4	1/3	1/2	2	3	4
H_2	1/2	1	2	1/3	3	1/2	2	3	1/2	4
H_3	4	2	1	3	1/2	2	2	1/4	2	4
H_4	3	3	1/3	1	3	1/2	2	4	1/4	2
H_5	4	1/3	2	1/3	1	1/2	2	1/3	1/2	4
H_6	3	2	1/2	2	2	1	1/4	1/2	3	2
H_7	2	1/2	1/2	1/2	1/2	4	1	1/3	4	2
H_8	1/2	1/3	4	1/4	3	2	3	1	3	2
H_9	1/3	2	1/2	4	2	1/3	1/4	1/3	1	1/2
H_{10}	1/4	1/4	1/4	1/2	1/4	1/2	1/2	1/2	2	1

Рисунок 4.4 - Матрица парных сравнений

На основе построенной матрицы парных сравнений были сформулированы локальные приоритеты, отражающие относительные приоритеты сравниваемых элементов. На основе матрицы, представленной на рисунке 4.4, были получены следующие компоненты собственного вектора для каждой из строк: $H_1=1,38$; $H_2=1,19$; $H_3=0,56$; $H_4=1,31$; $H_5=0,96$; $H_6=1,25$; $H_7=1,04$; $H_8=1,31$; $H_9=0,73$; $H_{10}=0,45$. Далее были получены следующие нормализованные приоритеты: $H_1=0,14$;

$H_2=0,11$; $H_3=0,15$; $H_4=0,11$; $H_5=0,07$, $H_6=0,13$; $H_7=0,08$; $H_8=0,13$; $H_9=0,07$; $H_{10}=0,05$. Эти значения являются весовыми коэффициентами w_i частных критериев H_i . Значения оценки по частным критериям (максимум – 10 баллов) и значения интегральных критериев представлены в таблице 4.2. Таблица 4.2. Значения оценок для выбора инструментов реализации системы.

Частные критерии	w_i	z_1	z_2	z_3
H_1 – Поддержка работы с различными базами данных.	0,14	10	8	5
H_2 – Возможность реализации математической модели модальной логики.	0,11	7	4	4
H_3 – Программная поддержка модального логического вывода.	0,15	7	5	4
H_4 – Поддержка изменения набора собираемых данных без изменения программного кода системы.	0,11		5	4
H_5 – Динамическое формирование отчетов.	0,07	9	6	3
H_6 – Безопасность передачи данных.	0,14	9	6	3
H_7 – Динамическое изменение базы знаний системы.	0,08	9	6	4
H_8 – Удобство представления информации конечному пользователю.	0,13	9	7	6
H_9 – Быстрота обработки информации.	0,07	8	8	5
H_{10} – Стоимость эксплуатации системы.	0,05	8	3	8
Значения интегрального критерия (1)		7,47	5,92	4,39
Значения интегрального критерия (2)		14,81	16,58	32,67

Таким образом, был выбран вариант z_1 – разработка системы на основе сервис-ориентированного подхода. Указанный подход имеет преимущества перед альтернативными вариантами инструментария для реализации системы по всем интегральным критериям.

4.2. Реализация системы

На рисунке 4.5 показана функциональная структура системы:

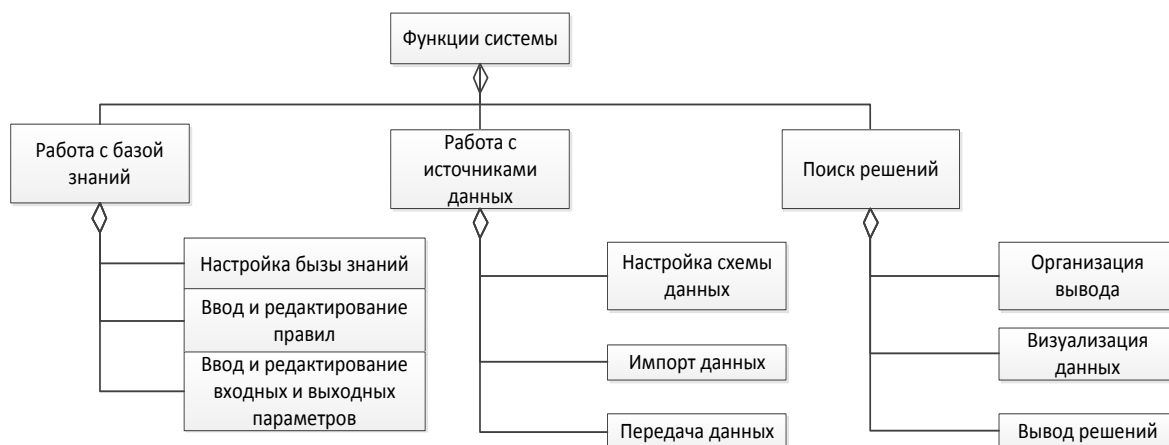


Рисунок 4.5 - Функциональная структура системы

Таблица 4.4. Варианты использования системы

Вариант использования	Описание
Регистрация в системе	Ввод своих индивидуальных данных для регистрации в системе
Авторизация	Вход в систему под своим индивидуальным именем
Изменение данных	Просмотр и изменение пользовательских данных
Просмотр информации о пользователях	Просмотр информации о пользователях программы клиент
Просмотр статистики	Просмотр информации о статистике, по конкретному ЛПУ
Вывод отчета	Формирование и вывод отчета по ЛПУ на экран
Печать отчета	Формирование и печать отчета как по одному так и по всем ЛПУ
Удаление информации	Удаление информации из базы данных
Ввод и редактирование правил логического вывода	Руководитель подразделения (вуза) при помощи администратора системы имеет возможность вводить, изменять и удалять правила логического вывода в системе.
Принятие управленческих решений	Только ЛПР имеет возможность принимать/отклонять управленческие решения, предложенные системой.
Просмотр предлагаемых решений	Администратор и ЛПР имеют возможность просматривать сгенерированные системой решения.

Далее была разработана схема взаимодействия модулей системы (рисунок 4.6).

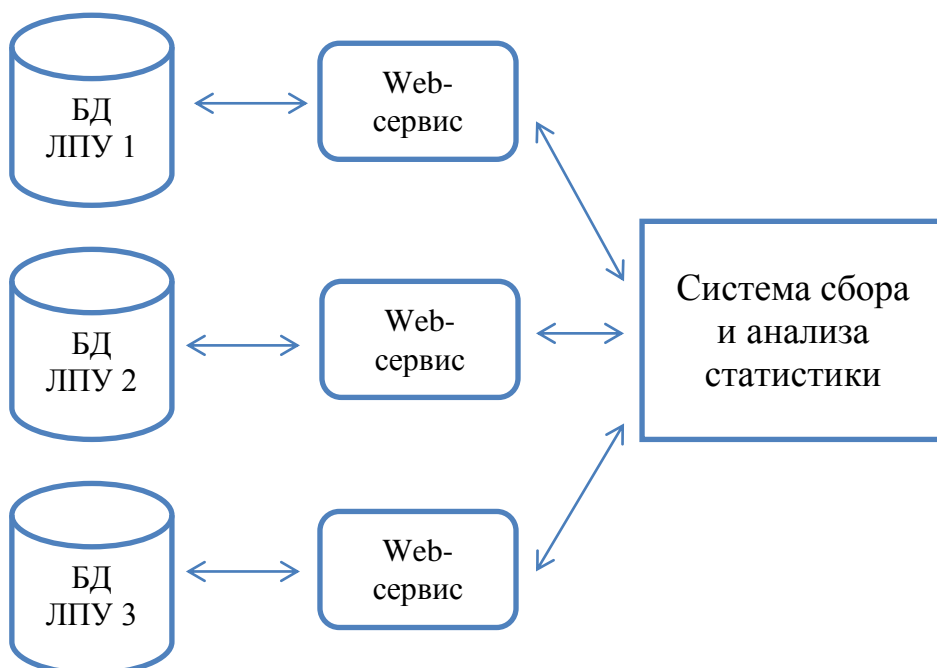


Рисунок 4.6 Схема взаимодействия модулей системы

Для хранения данных была спроектирована XML-структура и утилита, работающая на стороне сервера для обеспечения совместимости данных различного формата. На стороне ЛПУ предусмотрены web-сервисы поставщики данных.

Для реализации описанной выше концепции, была разработана информационная система, работающая по технологии ADO.NET. Система состоит из двух основных модулей и обслуживающих подсистем. Основные модули представлены серверным приложением, обеспечивающим хранение, передачу и совместимость данных и web-сервисов, функционирующих в рамках медицинских информационных систем ЛПУ. Web-сервисы позволяют производить их удаленное перепрограммирование и настройку для соответствия текущим потребностям ситуационного центра и структуре базы данных медицинской информационной системы ЛПУ. Серверное приложение предоставляет пользователю следующие функции:

1. Настройка подключения к web-сервисам ЛПУ;

2. Интерфейс для внесения изменений в алгоритм и источники данных для сбора отчетных показателей;
3. Настройка периодичности сбора для различных показателей и различных групп ЛПУ.

4.2.1. Основные классы программы

Класс пользователь

Метод для создания пользователя

```
public Person(String Name, String Password,String TipPerson)
{
    this.Name = Name;
    this.Password = Password;
    PersonTip tp= new PersonTip();
    try
    {
        if (tp.getAdmin() == TipPerson)
            this.Tip = tp.getAdmin();
        if (tp.getMeneger() == TipPerson)
            this.Tip = tp.getMeneger();
        if (tp.getStatist() == TipPerson)
            this.Tip = tp.getStatist();}
    catch (Exception ee) {MessageBox.Show(ee.ToString()); }}
```

Класс Организации

Метод для создания организации

```
public MedU(String Name, String MUGroup, String MUTip, String Url,
String Login, String Pass)    {
    this.Name = Name;
    this.Group = MUGroup;
    this.Tip = MUTip;
    this.Url = Url;
    this.Login = Login;
    this.Pass = Pass;    }
```

Класс формул

Основные методы класса

```
public double Add(double x, double y) { return x + y; }  
public double Subtract(double x, double y) { return x - y; }  
public double Multiply(double x, double y) { return x * y; }  
public double Divide(double x, double y)    {  
    if (y == 0)  
        throw new DivideByZeroException("Нельзя разделить на  
ноль!");  
    return x / y;  
}
```

Для пользователя данные доступны как в табличном, так и в графическом представлении.

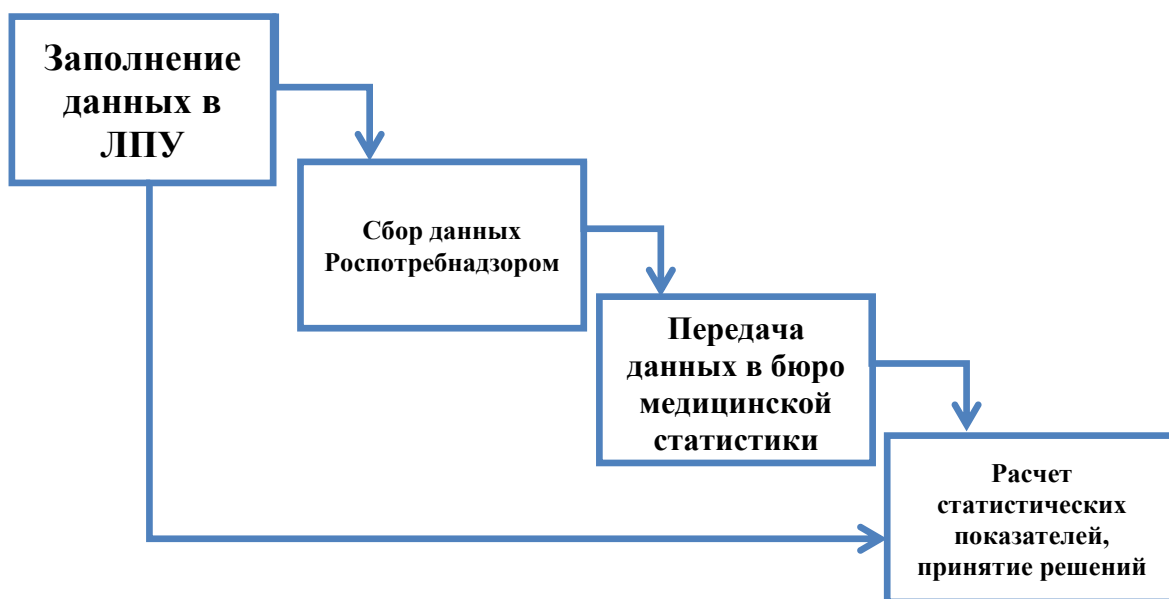


Рисунок 4.7 - Схема передачи данных между ситуационным центром и сетью ЛПУ.

Данная система позволяет значительно сократить время получения информации органами управления здравоохранением. Реинжиниринг процесса и внедрение информационной системы позволили сократить число передач данных с трех до одного (Рисунке 4.7.), а времени передачи данных с суток до нескольких минут.

4.3. Визуализация данных

Одним из способов эффективной обработки представления и интеллектуального анализа данных и является их визуализация [145-147]. В данной работе визуализация применяется в качестве дополнительного средства эффективного отображения и интеллектуального анализа данных принятия решений. В качестве инструментального средства визуализации данных использовалась системы Novospark Visualizer 2.1 [148,149]. Продукт позволяет легко манипулировать загруженными наборами данных и отображать графическое представление модели, давая возможность наглядно отображать результаты расчетов. Данный продукт был применен для анализа данных при внедрении и апробации системы

4.4. Внедрение в муниципальном лечебно-профилактическом медицинском учреждении (МЛПМУ) "Больница №2"

Внедрение системы производилось в поликлиническом отделении муниципального лечебно-профилактического медицинского учреждения «Больница №2». Данное ЛПУ состоит из сети территориальной распределенных по городу Томску филиалов, что позволило протестировать системы обмена данных систему поддержки принятия решений, которая позволяла главному врачу больнице принимать решения, находясь в одном из филиалов больницы.

Основные направления внедрения системы:

1. Разработан набор данных для обмена между ситуационным центром и лечебными учреждениями. Набор данных сформирован в виде множества архетипов, моделирование которых проводилось в ранее разработанном редакторе.
2. Разработаны и установлены на серверах пользователей веб-сервисы для нормализации и экспорта данных для их последующей обработки.
3. Сформулированы правила модального логического вывода в системе.

Система была настроена на прогнозирование показателей эффективности деятельности данного лечебного учреждения. Учтены как показатели эффективности хозяйственной деятельности ЛПУ, так и показатели качества медицинской помощи. Были проанализированы показатели для оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов. Основными прогнозными показателями являются следующие [150]:

1. Уровень госпитализации в государственные (муниципальные) учреждения здравоохранения (случаев на 100 человек населения).
2. Средняя продолжительность пребывания пациента на койке в государственных (муниципальных) учреждениях здравоохранения (дней).
3. Среднегодовая занятость койки в государственных (муниципальных) учреждениях здравоохранения (дней).
4. Стоимость 1 койко-дня в государственных (муниципальных) учреждениях здравоохранения
5. Стоимость единицы объема оказанной медицинской помощи (фактическое значение) (рублей):
 - a. амбулаторная медицинская помощь;
 - b. стационарная медицинская помощь;
 - c. дневные стационары всех типов;
 - d. скорая медицинская помощь.

Для оценки эффективности разработанной и внедренной системы был проведен эксперимент по измерению скорости обработки данных системой с использованием алгоритма упорядочивания и без него. В качестве экспериментальных данных были взяты данные электронных медицинских карт пациентов и данные о хозяйственной деятельности ЛПУ. Аппаратная платформа не подвергалась каким-либо изменениям по ходу эксперимента. Результаты измерения представлены были импортированы в среду Novospark Visualizer для визуального анализа.

На основе этих данных была построена трехмерная поверхность, оси которой соответствуют порядковым номерам показателей, показателю и времени этого показателя, рисунок 4.8.

Rows		1квартал2009	2квартал2009	3квартал2009	4квартал2009	1квартал2010	2квартал2010	3квартал2010
Cols	Shown on Image	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
iMin		-2,91	-2,51	-1,5	-2,62	-2,66	-2,46	-1,05
iMax		8,41	8,31	3,1	5,92	8,16	6,46	3,25
11	<input checked="" type="checkbox"/>	5	5	0	5	4	1	2
12	<input checked="" type="checkbox"/>	12	1	4	1	0	2	3
13	<input checked="" type="checkbox"/>	13	0	1	1	0	0	1
14	<input checked="" type="checkbox"/>	14	5	2	2	1	5	2
15	<input checked="" type="checkbox"/>	15	4	4	0	3	3	4
16	<input checked="" type="checkbox"/>	16	3	3	0	1	2	5

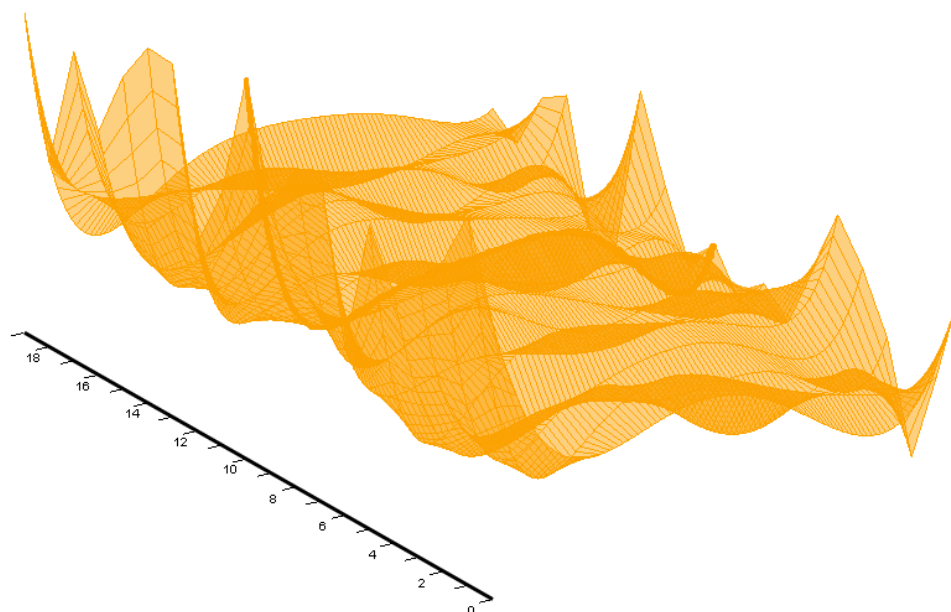


Рисунок 4.8 - Визуализация количественных показателей деятельности ЛПУ от времени

Анализ данных показал, что большинство показателей находятся на очень высоком уровне в начале года, что объясняется сезонной пассивностью граждан при обращении за медицинской помощью и большим количеством выходных дней в январе. Всплески показателей к концу года, характерные для показателей хозяйственной деятельности ЛПУ можно отнести к неравномерному распределению бюджетного финансирования.

Измерение трудоемкости обработки данных показало, что при использовании алгоритма упорядочивания, трудоемкость стремится к

линейной (Рисунок 4.9, Таблица 4.5). Для определения достоверности результатов был рассчитан коэффициент достоверности, равный 0.96.

Таблица 4.5 Результаты эксперимента по определению скорости обработки данных

Количество записей (тыс.)	Время обработки данных без предварительного упорядочивания (мс)	Время обработки данных с предварительным упорядочиванием (мс)
20	539,7131391	536,9416
30	1264,604244	947,2285
40	2313,800879	1416,997
50	3696,894092	1936,614
60	5421,477077	2499,751
70	7493,865326	3101,861
80	9919,48152	3739,478
90	12703,08692	4409,857
100	15848,93192	5110,754
300	159204,2418	23793,31
500	465411,3917	48645,54
1000	1995262,315	128376,3

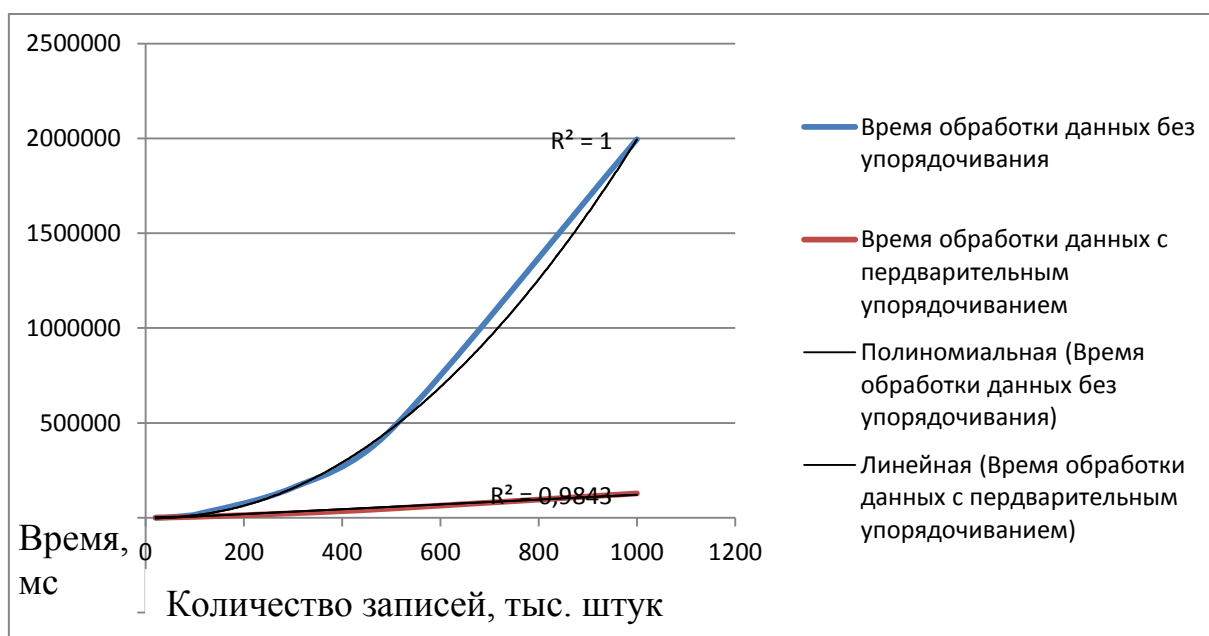


Рисунок 4.9 - Сравнение скорости обработки данных до и после внедрении системы

Основные результаты внедрения системы в муниципальном лечебно-профилактическом медицинском учреждении (МЛПМУ) "Больница №2:

1. Появилась возможность обмена данными между филиалами ЛПУ
2. Уменьшение стоимости и времени обмена данными
3. Использование интеллектуальной обработки данных и организации автоматизированной поддержки принятия решений позволила более точно прогнозировать работу ЛПУ

В целом, благодаря высокой скорости обработки данных и наличию интеллектуального анализа данных работа сотрудников ЛПУ, связанная с обработкой информации, стала более эффективной.

4.5. Внедрение в системе здравоохранения города Ингольштадт, (Германия).

Система здравоохранения «GO IN» – сообщество частнопрактикующих врачей и клиник города Ингольштадт, состоит из 510 ЛПУ и врачей частной практики. Система внедрялась в качестве пилотного проекта и затрагивала 20 врачей и две многопрофильных поликлиники. Каждый врач и/или ЛПУ уже работали с собственной электронной историей болезни.

Основные направления внедрения системы:

1. Разработан набор данных для обмена между ситуационным центром и лечебными учреждениями. Набор данных был сформирован в виде множества архетипов. Моделирование архетипов проводилось в ранее разработанном редакторе. Набор данных представлен на рисунке 4.10. Код на языке ADL представлен в приложении 1.

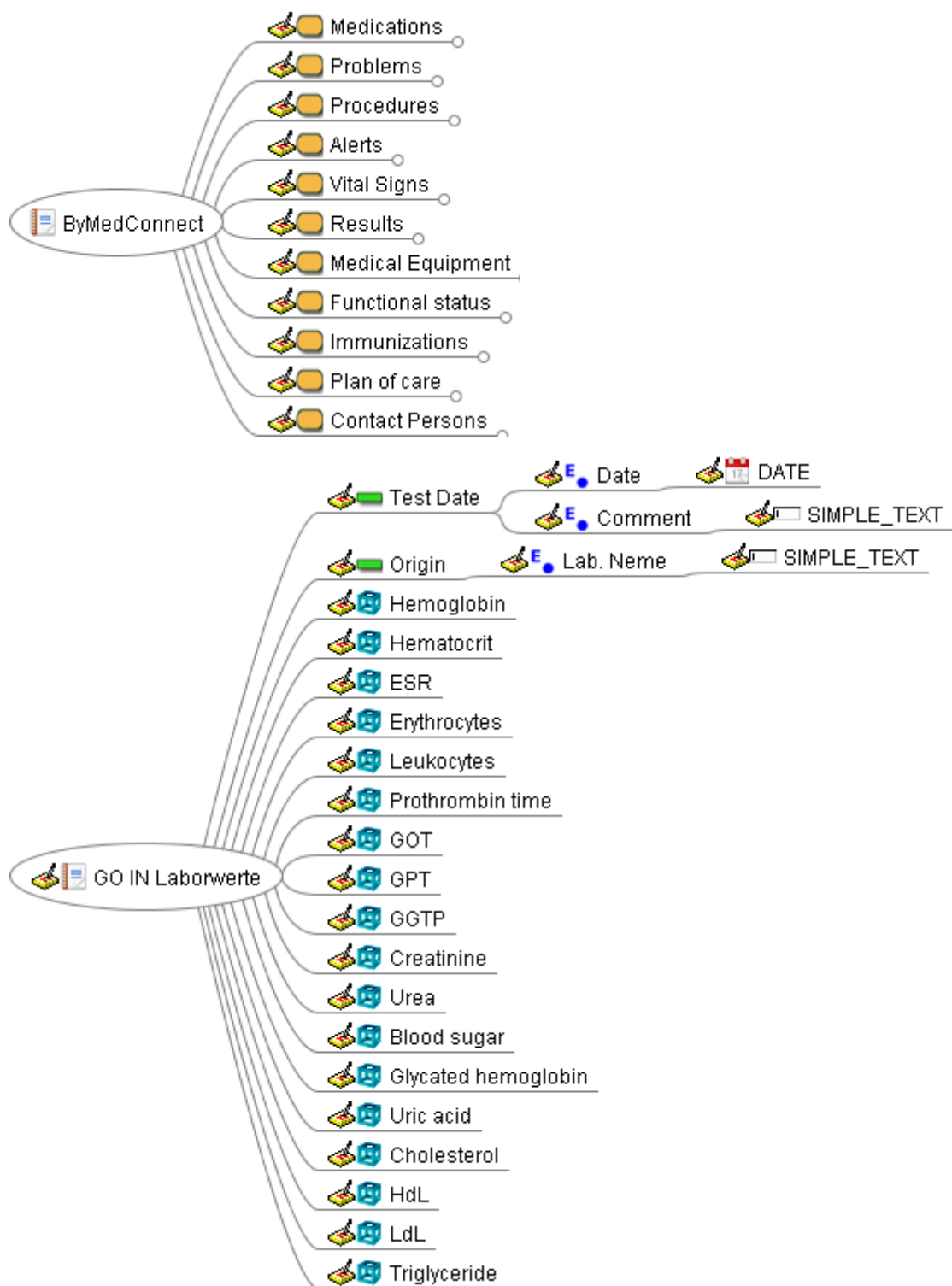


Рисунок 4.10 - Набор данных для обмена в сети учреждение здравоохранения.

2. Разработаны и установлены на серверах пользователей веб-сервисы для нормализации и экспорта данных для их последующей обработки.

3. Сформулированы правила модального логического вывода в системе.

Так как система отчетности в Германии отличается от описанной выше системы, применяемой в России, были разработаны входные и выходные показатели результативности с учетом немецкой практики управления в сфере здравоохранения.

Для оценки эффективности разработанной и внедренной системы был проведен эксперимент по измерению скорости обработки данных до и после внедрения системы. В качестве экспериментальных данных были взяты данные электронных медицинских карт пациентов, в которых содержались от 5 до 60 тысяч записей. Аппаратная платформа не подвергалась каким-либо изменениям по ходу эксперимента. Результаты измерения представлены на рис. 4.11.

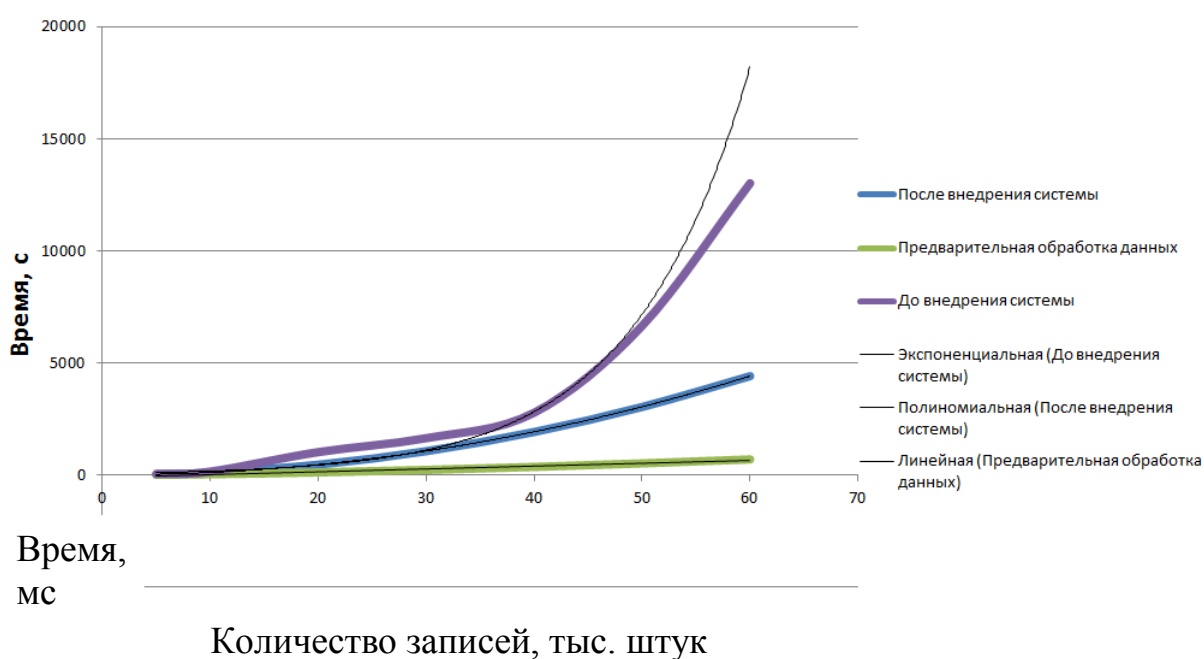


Рисунок 4.11 - Сравнение скорости обработки данных до и после внедрения системы

Таким образом, на данных без предварительной обработки была получена полиномиальная трудоемкость обработки данных, что значительно меньше экспоненциальной трудоемкости обработки данных до внедрения системы. При предварительной обработке и

упорядочивании данных в частных случаях можно было добиться практической линейной трудоемкости.

Основные результаты внедрения системы в системе здравоохранения GO IN:

1. Появилась возможность импорта-экспорта данных между разнородными системами;
2. Уменьшение стоимости и времени обмена данными;
3. Использование интеллектуальной обработки данных и организации автоматизированной поддержки принятия решений позволила более точно прогнозировать работу всей системы здравоохранения;

В целом благодаря удобному пользовательскому интерфейсу, высокой скорости обработки данных и наличию интеллектуального анализа данных работа сотрудников системы здравоохранения, связанная с обработкой информации, стала более эффективной.

4.6. Выводы

1. На основе разработанных во второй главе требований к интеллектуальной информационной системе сформированы критерии выбора вариантов реализации системы;
2. На основе сравнительного анализа подходов к разработке системы в качестве архитектуры была выбрана сервис-ориентированная архитектура, так как она имеет преимущества по всем интегральным критериям;
3. Сформированы КИМПО и реляционная модель обработки данных: проведены первичный анализ информационных потребностей пользователей и формирование исходных сущностей, уточнение исходных сущностей, связывание сущностей в отношения, нормализация отношений, построена реляционная модель обработки данных;

4. Реализован алгоритм динамического изменения структуры данных на этапе работы пользователя с информационной системой;
5. Проведена визуализация данных на основе программного пакета Novospark Vizualizer, позволяющая представить данные в наглядной форме, а также обнаружить скрытые закономерности в наборах данных;
6. На основе архетипного подхода разработан коммуникационный модуль, который позволяет осуществлять импорт данных из МИС, система хранения данных, которых не соответствует стандарту ISO 13606, что позволяет использовать сбор данных из различных ЛПУ с разнородными системами хранения данных;
7. Разработанные модели, алгоритмы и методы созданной системы применены для организации обработки данных в МЛМПУ «Больница №2» г.Томск и системе здравоохранения GO IN г. Ингольштадт, Германия, что подтверждено соответствующими актами о внедрении (Приложение 2).

Заключение

Исследования, проведенные в диссертационной работе, направлены на решение важной народнохозяйственной задачи создания математического и программного обеспечения интеллектуальной информационной системы для управления сетью лечебных учреждений.

К основным результатам, в которых отражена научная новизна и практическая значимость данной работы, относятся:

1. Построена модель бизнес-процессов предметной области здравоохранения.

2. На основе модели предметной области и мнений экспертов разработаны требования к интеллектуальной информационной системе для управления сетью лечебных учреждений.

3. Проанализированы модели обработки данных и классы математических моделей описания медицинских данных, что позволило обосновать выбор модальной логики в качестве математической модели разрабатываемой интеллектуальной информационной системы, а модель данных стандарта ISO 13606 в качестве модели обработки данных.

4. Разработана математическая модель системы интеллектуальной обработки данных в рамках интеллектуальной информационной системы для управления сетью лечебных учреждений, основанная на аппарате модальной логики и методе обратного вывода, позволяющая снизить трудоемкость обработки данных с экспоненциальной до полиномиальной степени 2.3 без предварительного упорядочивания и полиномиальной степени 1.2 с предварительным упорядочиванием.

5. Разработан алгоритм упорядочивания путей логического вывода для обратного вывода $KT^{\Phi, \succ}_{inv}$, позволяющий снизить трудоемкость обработки данных с полиномиальной со степенью 2.3 до полиномиальной со степенью 1.2.

6. Доказана теорема полноты для обратного вывода KT^{Φ}_{inv} , что позволяет использовать данный метод для реализации достоверной системы поддержки принятия решений.

7. Разработана система оперативной обработки и интеллектуального анализа данных, использующей модальную логику, метод обратного вывода и архетипный подход, что позволило повысить эффективность обработки данных и снизить время разработки при изменении набора собираемых данных. Полученные модели были реализованы в виде системы с сервис-ориентированной архитектурой с использованием технологии ADO.Net и СУБД MS SQL Server 2008.

8. Выполнена апробация разработанных моделей для управления сетью ЛПУ. Проведена визуализация данных на основе программного пакета Novospark Vizualizer, позволяющая представлять данные в наглядной форме, а также обнаруживать скрытые закономерности в наборах данных.

Разработанные модели, алгоритмы и методы применены для организации обработки данных в МЛМПУ «Больнице №2» г. Томска и системе здравоохранения GO IN г. Ингольштадт, Германия, что подтверждено соответствующими актами о внедрении. В процессе исследования использовались следующие теории и методы: теория реляционной модели данных, аппарат математической логики, методы объектно-ориентированного программирования, методы аналитической обработки информации, методы извлечения данных. В процессе разработки использовались такие технологии как ASP.Net, ADO.Net, модальная логика.

В работе использованы методы математического и статистического анализа, теории доказательств, модальной логики, моделирования с использованием инструментальных средств моделирования бизнес-процессов Aris, BPWin, MS Visio. Для

определения медицинских знаний применялось моделирование медицинских архетипов с применением дуального подхода и пакета моделирования LinkEHR. Для статистической обработки результатов эксперимента использовался пакет MS Excel. Для программной реализации системы применялась интегрированная среда разработки MS Visual Studio.

Библиографический список

1. Манерова, О.А. Эффективность управления в современных условиях развития здравоохранения: самооценка руководителей и их резерв / О.А. Манерова, К.В. Межевов // Экономика здравоохранения. – 2006. – № 11 (109). – С. 5–10.
2. Информационные технологии в системе управления здравоохранением Российской Федерации / под ред. А.И. Вялкова. – М. :ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 128 с.
3. Репина, Г.Д. Организационные подходы к формированию информационной системы отрасли здравоохранения / Г.Д. Репина, Е.Л. Топоровская, Н.А. Капитоненко // Информационные системы в здравоохранении. – 2010. – № 1. – С.67–72.
4. Гусев, А.В. Обзор рынка комплексных медицинских информационных систем / А.В. Гусев // Врач и информационные технологии. – 2009. – № 6. – С. 4–17.
5. Kommeri, J. Safe storage and multi-modal search for medical images / J. Kommeri, M. Niinimäki, H. Müller // Stud Health Technol Inform. – 2011. – № 169. – P. 450–454.
6. Streamlining Importation of Outside Prior DICOM Studies into an Imaging System / P.M. Kuzmak, R.E. Dayhoff, S. Gavrillov [etc.] // J Digit Imaging. – 2011. – P.45–51.
7. Medical groups' adoption of electronic health records and information systems / D. Gans, J. Kralewski, T. Hammons [etc.] // Health affairs (Project Hope). – 2006. – № 24 (5). – P. 1323–1333.
8. Smith, D. A Physician's Perspective: Deploying the EMR / D. Smith, L.M. Newell // Journal of Healthcare Information Management. – 2002. – № 16 (2). – P. 71–79.
9. Integration of healthcare information: from enterprise PACS to patient centered multimedia health record / E. Soriano, F. Plazzotta, F. Campos [etc.] // Stud Health Technol Inform. – 2010. – 160 (Pt 1). – P. 126–30.

10. Айвазян, С.А. Россия в межстрановом анализе синтетических категорий качества жизни населения / С.А. Айвазян// Мир России. – 2005.
11. Гасников, В.К. Информатизация здравоохранения как объект управления на различных иерархических уровнях / В.К. Гасников // Информационно-аналитический вестник «Социальные аспекты здоровья населения». – М., 2009. – № 2. – С. 16–21.
12. Кайдалов, А. Информатизация медицины: проблемы и решения [Электронный ресурс] / А. Кайдалов // PCWeekDoctor. – 2008. – № 2. – Условия доступа : <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=111200>
13. Health targets in Europe. Learning from experience, WHO Regional Office for Europe. Copenhagen / M. Wismar, M. McKee, K. Ernst [etc.] // European Observatory on Health Systems and Policies. – 2008. – 120 p.
14. Эддоус, М. Методы принятия решений : [пер. с англ.] / М. Эддоус, Р. Стэнфилд. – М. : Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 590 с.
15. Филиппович, А.Ю. Интеграция систем ситуационного, имитационного и экспертного моделирования / А.Ю. Филиппович. – М. : ООО «Эликс+», 2003. – 300 с.
16. Филиппович, А.Ю. Обучающие ситуационные центры / А.Ю. Филиппович // Системный администратор. – 2003. – № 4. – С. 18–25
17. Филиппович, А.Ю. Интеграция систем ситуационного, имитационного и экспертного моделирования / А.Ю. Филиппович. – М. : ООО «Эликс+», 2003. – 300 с.
18. Наумов, Е. Создание ситуационного центра как задача системной интеграции [Электронный ресурс] / Е. Наумов, А. Шовкун // Сетевой. – 2004. – № 9. – Условия доступа : <http://www.setevoi.ru/cgi-bin/text.pl/magazines/2004/9/46>.
19. Поспелов, Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.А. Поспелов. – М. : Наука, 1986. – 288 с.

20. Ярцев, Р.А. О синтезе ситуационной модели управления / Р.А. Ярцев, В.В. Миронов // Вопросы регулирования и управления в сложных системах: межвуз. науч. сб. – Уфа, 1989. – С. 53–59.
21. Бекренев, В. Ситуационные центры и социально-экономическое моделирование / В. Бекренев // Управление персоналом. – 2000. – № 12. – С. 12–17.
22. Resilience is not control: healthcare, crisis management, and ICT / C. Nemeth, R.L. Wears, S. Patel [etc.] // Cognition, Technology & Work. – 2011. – P. 143–151.
23. Мочалин, Н.Н. Методика разработки функционирования системы управления кризисной ситуацией на промышленных предприятиях, экономический анализ: теория и практика / Н.Н. Мочалин. – 2007. – № 1. – С. 18–27.
24. Erickson, P.A. Emergency Response Planning for Corporate and Municipal Managers (2nd ed.) / P.A. Erickson. – Burlington, MA: Elsevier, Inc. – 416 p.
25. Направления стабилизации функционирования региональных социально-экономических систем / В.М. Юрьев, С.А. Андросова, Ю.В. Вертакова [и др.] // Вопросы региональной экономики. – Тамбов, 2009. – С. 4–448.
26. Г.Г. Мониторинг инновационной конкурентоспособности регионов российской федерации / Г.Г. Карачурина // Экономические науки. – 2010. – № 63. – С. 227–232.
27. Перегудов, Ф.И. Основы системного анализа / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – Изд. 3-е. – Томск : Изд-во НТЛ, 2001. – 396 с.
28. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
29. Холл, А. Опыт методологии для системотехники / А. Холл. – М. : Советское радио, 1975. – 448 с.

30. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. – М. : Радио и связь, 1991. – 224 с.
31. Оптнер, С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем / С. Оптнер. – М. : Советское радио, 1969. – 216 с.
32. Буч, Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения : [пер. с англ.] / Г. Буч. – М. : Конкорд, 1992. – 519 с.
33. Морозов, А.В. Метод оценивания знаний в обучающей системе по проектированию объектно-ориентированного программного обеспечения / А.В. Морозов, В.В. Лаптев, А.А. Кожушко // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 1. – С. 183–186.
34. Силич, М.П. Инструментальное средство построения объектно-ориентированных моделей для оптимального проектирования сложных систем / М.П. Силич // Вестник Томского государственного университета. – 2004. – № 284. – С. 217–221.
35. Bell, M. SOA Modeling Patterns for Service-Oriented Discovery and Analysis / M. Bell // Wiley & Sons. – 2010. – P. 390.
36. Совместное использование сервисно-ориентированных и многоагентных архитектур для построения интеллектуальных информационно-управляющих систем / А.И. Водяхо, Н.А. Жукова, М.Г. Пантелеев [и др.] // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. – 2010. – № 8. – С. 38–43.
37. Бухановский, А.В. Интеллектуальные программные комплексы компьютерного моделирования сложных систем: концепция, архитектура и примеры реализации / А.В. Бухановский, С.В. Ковальчук, С.В. Марьин // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2009. – Т. 52. – № 10. – С. 5–24.

38. Beale, T. Archetypes: Constraint-based Domain Models for Future-proof Information Systems / T. Beale // Proceedings of the 11-th OOPSLA Workshop on Behavioural Semantics. –2003. – p.238-244.
39. Kalra, D. Semantic Interoperability of EHR Systems / D. Kalra, B. Blobel // Studies in Health Technology and Informatics. – IOS Press, 2007. – P. 231–245.
40. A general purpose neural network simulator system for medical data processing / T. Odaka, H. Agata, H. Furutani [etc.] // Journal of Medical Systems. – 1994. – Vol. 18. – P. 305–314.
41. Román, I. A standard ontology for the semantic integration of components in healthcare organizations / I. Román, G. Madinabeitia, L.J. Reina // Medical and Care Compunetics. – 2006. – № 3. – P. 257–263.
42. Managing archetypes for sustainable and semantically interoperable electronic health records / S. Garde, E.J. Hovenga, J. Granz [etc.] // eJHI electronic Journal of Health Informatics. – 2007. – № 2 (2). – P. 10–21.
43. Martínez-Costa, C. An approach for the semantic interoperability of ISO EN 13606 and OpenEHR archetypes / C. Martínez-Costa, M. Menárguez-Tortosa, J.T. Fernández-Breis // Journal of Biomedical Informatics. – 2010. – P. 736–746.
44. Искусственный интеллект : в 3 кн. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы : справочник / под ред. Э.В. Попова. – М. : Радио и связь, 1990. – 464 с.
45. Искусственный интеллект : Кн. 2. Модели и методы : справочник / под ред. Д.А. Поспелова. – М. : Радио и связь, 1990. – 304 с.
46. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / В.В. Корнеев, А.Ф. Гареев, С.В. Васютин [и др.]. – М. : Нолидж, 2000. – 356 с.
47. Гаврилов, А. В. Гибридные интеллектуальные системы / А.В. Гаврилов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. – 164 с.

48. Петров, А.Я. Опыт функционирования и развития межведомственного распределенного регионального технопарка / А.Я. Петров, В.П. Тарасенко, С.З. Ямпольский; под ред. В.П. Тарасенко // Интеллектуальные автоматизированные системы проектирования, управления и обучения: сб.статей. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – С. 20–30.
49. Waterman, D.A. A guide to expert systems / D.A. Waterman. – Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, 1985. – 419 p.
50. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М. : Мир, 1976. – 165 с.
51. Минский, М. Фреймы для представления знаний : [пер. с англ.] / М. Минский. – М. : Энергия, 1979. – 151 с.
52. Построение экспертных систем : [пер. с англ.] / под ред. Ф. Хейеса-Рота, Д. Уотермана, Д. Лената. – М. : Мир, 1987. – 441 с.
53. Теория систем и системный анализ в управлении организациями : справочник / под ред. В.Н. Волковой, А.А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 848 с.
54. Чень, Ч. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем / Ч. Чень, Р. Ли. – М. : Наука, 1983. – 360 с.
55. Giuchinglia, F. SAT-based decision procedures for classical modal logics / F. Giuchinglia // Journal of automated reasoning. – New York:Springer-Verlag. – 2002. – Vol.28, № 2. – p. 143–154.
56. Адаменко, А., Кучуков, А. Логическое программирование и Visual Prolog / СПб.: «БХВ-Петербург», 2003. — 990 с.
57. Маслов, С.Ю. Обратный метод установления выводимости для логических исчислений / С.Ю. Маслов // Логические и логико-математические исчисления: тр. МИАН СССР, 98. – 1968. – С. 26–87.

58. Voronkov, A. Theorem proving in non-standard logics based on the inverse method. – In 11-th international Conference on Automated Deduction / A. Voronkov // D.Kapur, Ed. Lecture Notes in Artificial Intelligence. – 1992. – Vol. 607. – Springer Verlag. – P. 648–662.
59. Ferson, S. Fuzzy arithmetic does not yield conservative risk assessments, presentation at the annual meeting of the Society for Environmental Toxicology and Chemistry / S. Ferson, W. Tucker. – Salt Lake City, Utah, 2002.
60. Ozbek, M.M. Risk-based remedial design: modeling and implementation of expert insight, In: Bentley et al. (eds) / M.M. Ozbek, G.F. Pinder // Computational Methods in Water Resources XIII. – Calgary, Canada, 2000. – P. 525–531.
61. Steimann, F. On the use and usefulness of fuzzy sets in medical AI / F. Steimann // Artif Intell Med. – 2001. – № 21. – P. 131–137.
62. Hess, J. Fuzzy logic and medical device technology / J. Hess // Med Device Technol. – 1992. – № 37. – p. 37–46.
63. Phan, T. Some Applications of fuzzy Logic in Rule-Based Expert Systems / T. Phan, G. Chen // Expert Systems. – 2002. – Vol. 19. – № 4. – P. 208–223.
64. Klir, J.K. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and applications / J.K. Klir, B. Yuan. – Prentice-Hall, 1995.
65. Alechina, N. On decidability of intuitionistic modal logics / N. Alechina, D. Shkatov // Proceedings of Methods for Modalities Workshop. – Loria, Nancy, France, 2003.
66. Bierman, G. On an Intuitionistic Modal Logic *Studia Logica* / G. Bierman, V. de Paiva. – 2000. – № 65. – P. 383–416.
67. Тарасов, В.Б. Интеллектуальные системы в проектировании / В.Б. Тарасов // Новости искусственного интеллекта. – 1993. – № 4. – С. 17–25.

68. Yoshikawa, H. General Design Theory as a Formal Theory of Design / H. Yoshikawa // Intelligent CAD I. – 1989. – V. 170. – P. 51–61.
69. Treur, J.A. A Logical Framework for Design Processes / J.A. Treur // Intelligent CAD Systems III: Practical Experience and Evaluation. – 1991. – P. 3–19.
70. Смирнов, А.В. Совмещенное проектирование: необходимость, проблемы внедрения / А.В. Смирнов, Р.М. Юсупов. – СПб. : СПИИРАН, 1992. – 439 с.
71. Goldblatt, R. Mathematics of Modality / R. Goldblatt // CSLI Lecture Notes. – Center for the Study of Language and Information, Stanford University, 1993. – № 43. – P. 65–80.
72. Целиков, А.В. Аналитическая система информационного обеспечения управления здравоохранением на муниципальном уровне / А.В. Целиков // Проблемы управления. – 2008. – № 1. – С. 68–72.
73. Сунгатов, Р.Ш. Экономические методы управления в медицине. Экономические предпосылки формирования эффективных методов управления в здравоохранении / Р.Ш. Сунгатов // Российское предпринимательство. – 2008. – № 12-1. – С. 76–80.
74. Тишук, Е.А. Современные проблемы информационного обеспечения управления здравоохранением / Е.А. Тишук // Врач и информационные технологии. – 2004. – № 7. – С. 34–40.
75. Проблемы и ошибки при внедрении и использовании МИС. Почему врачи не хотят электронную медицинскую карту [Электронный ресурс]. – Условия доступа : <http://www.ristar.ru/docnoemk>
76. Bates, D.W. A Proposal for Electronic Medical Records in U.S. Primary Care / D.W. Bates // Journal of the American Medical Informatics Association. – 2002. – № 10 (1). – P. 1–10.

77. Oemig, F. Problems in Developing a Comprehensive HL7 Database / F. Oemig, J. Dudeck // Proceedings of the AMIA Annual Fall Symposium. – 1996. – P. 841–847.
78. Макаренко, Д.И. Интегрированный информационно-аналитический комплекс для ситуационного анализа социально-экономического развития региона / Д.И. Макаренко, С.В. Качаев // Мат. конф. «Законодательство, информатизация и современные технологии». – Ханты-Мансийск, 2000. – С. 18-25.
79. Индикаторы качества оказания медицинской помощи (региональный уровень) / Р.У. Хабриев, П.А. Воробьев, А.С. Юрьев [и др.] // Проблемы стандартизации в здравоохранении. – 2005. – № 10. – С. 67-73.
80. Hastie, T. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. – 2-nd ed. – Springer-Verlag, 2009. – 746 p.
81. Вендров, А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем / А.М. Вендров. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 347 с.
82. Scheer, A-W. ARIS-Toolset: Von Forschungs-Prototypen zum Produkt / A-W. Scheer // Informatik-Spektrum. – Springer-Verlag, 1996. – № 19. – P. 71–78.
83. Пономарев, А.А. Совместное использование языка BPEL и справочной системы для описания бизнес-процессов здравоохранения / А.А. Пономарев, Х.Ч. Нгуен // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 5. – С. 163–168.
84. Ершов, Ю.Л. Математическая логика / Ю.Л. Ершов, Е.А. Палютин. – М., 1979. – 336 с.
85. Корниенко, А.В. Интеллектуальные информационные системы в экономике / А.В. Корниенко. – Томск : Изд-во ТПУ, 2008. – 177 с.

86. Кузнецов, С.Д. Неопределенная информация и трехзначная логика / С.Д. Кузнецов // СУБД. – 1997. – № 5. – С. 65–67.
87. Букович, У. Управление знаниями: руководство к действию / У. Букович, Р. Уильямс. – М. : ИНФРА-М, 2002. – 504 с.
88. Замулин, А.В. Системы программирования баз данных и знаний / А.В. Замулин. – Новосибирск : Наука, 1990. – 350 с.
89. Илюшин, А.И. Многоуровневая модель архитектуры БД и ИПС / А.И. Илюшин, В.И. Филлипов // Программирование. – 1980. – № 6. – С. 7–28.
90. Кузнецов, С.Д. Методы оптимизации выполнения запросов в реляционных СУБД / С.Д. Кузнецов // Вычислительные науки. Т. 1. Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР. – М. : ВИНТИ АН СССР, 1989. – С. 76–153.
91. Vaader, F. Basic description logics [Электронный ресурс] / F. Vaader, W. Nutt // Основы дескриптивной логики. – Условия доступа: <http://www.inf.unibz.it/~franconi/dl/course/dlhb/dlhb-02.pdf>
92. Иванов, Е.А. Логика / Е.А. Иванов. – М., 1996.
93. Москвитин, А.А. Языки спецификаций задач, ориентированные на пользователя / А.А. Москвитин // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2002. – Т. V. – № 2. – С. 148–159.
94. Кардаков, Н.Ю. Введение в логику уверенности – логику высказываний для систем с неполной информацией / Н.Ю. Кардаков, М.Г. Лопатков // Вестник Омского университета. – 2011. – № 2. – С. 29–33.
95. Самохвалов, К.Ф. Формальные модели когнитивных процессов / К.Ф. Самохвалов // Информационный бюллетень РФФИ. – 1998. – Т. 6. – № 6. – С. 87.
96. Махортов, С.Д. Продукционная логика первого порядка и ее алгебраическая интерпретация / С.Д. Махортов // Системы

- управления и информационные технологии. – 2007. – № 3 (29). – С. 21–26.
97. Сахаров, А.А. Концепция построения и реализации информационных систем, ориентированных на анализ данных / А.А. Сахаров // СУБД. – 1996. – № 4. – С. 55–70.
 98. Логический подход к искусственному интеллекту. Т. 1. От классической логики к логическому программированию / А. Тейз, П. Грибомон, Ж. Луи [и др.]. – М. : Мир, 1990. – С. 125–134.
 99. Райли, Д.Д. Абстракция и структуры данных: вводный курс : [пер. с англ.] / Д.Д. Райли. – М. : Мир, 1993. – 750 с.
 100. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева [и др.]. – М. : Радио и связь, 1989. – 304 с.
 101. Мартин, Д. Планирование развития автоматизированных систем / Д. Мартин. – М. : Финансы и статистика, 1984. – 196 с.
 102. Новосельцев, В.Б. Теория функциональных моделей / В.Б. Новосельцев // Сибирский математический журнал. – 2006. – Т. 47. – № 6. – С. 1242–1354.
 103. Гасфилд, Д. Строки, деревья и последовательности в алгоритмах / Д. Гасфилд. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003 – 654 с.
 104. Решение проблемы комплексного оперативного анализа информации хранилищ данных / С.Д. Коровкин, И.А. Левенец, И.Д. Ратманова [и др.] // СУБД. – 1997. – № 5–6. – С. 47–51.
 105. Пржиялковский, В.В. Сложный анализ данных большого объема: новые перспективы компьютеризации / В.В. Пржиялковский // СУБД. – 1996. – № 4. – С. 71–83.
 106. A Survey and Analysis of Electronic Healthcare Record Standards / M. Eichelberg, T. Aden, J. Riesmeier [etc.] // ACM Computing surveys. – Vol. 37 (4). – P. 277–315.

107. Van Ginneken, A.M. The computerized patient record balancing effort and benefit / A.M. Van Ginneken // International Journal of Medical Informatics. – 2002. – Vol. 65. – P. 97–119.
108. Health informatics – Electronic health record communication. Part 3: Reference archetypes and term lists, version prEN 13606-3. – ANSI, USA, 2006.
109. Application Protocol for Electronic Data Exchange in Healthcare Environments, Version 2.5. – HL7, 2005.
110. EHR System Functional Model: A Major Development Towards Consensus on Electronic Health Record System Functionality // A White Paper. – Health Level Seven, Inc., 2004.
111. Durfschmid, G. Extraction of standardized archetype data from Electronic Health Record systems based on the Entity-Attribute-Value Model / G. Durfschmid, T. Wrba, C. Rinner // International Journal of Medical Informatics. – 2010. – № 79.
112. Информационные системы в здравоохранении / А.В. Гусев, Ф.А. Романов, И.П. Дуданов [и др.]. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2002. – 120 с.
113. Вигерс К. Разработка требований к программному обеспечению. /Пер, с англ. – М.: Издательско-торговый дом "Русская Редакция", 2004. – 576 с.
114. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / В.В. Корнеев, А. Ф. Гареев, С. В. Васютин [и др.]. – М. : Нолидж, 2000. – 356 с.
115. Гаврилов, А.В. Гибридные интеллектуальные системы / А.В. Гаврилов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. – 164 с.
116. Емельянов, В.В. Интеллектуальное имитационное моделирование в реинжиниринге бизнес-процессов / В.В. Емельянов, Э.В. Попов // Программные продукты и системы. – 1998. – № 3. – С. 3–10.

117. Элти, Дж. Экспертные системы: Концепции и примеры : [пер. с англ.] / Дж. Элти, М. Кумбс. – М. : Финансы и статистика, 1987. – 191 с.
118. Осуга, С. Обработка знаний : [пер. с япон.] / С. Осуга. – М. : Мир, 1989. – 293 с.
119. Жоль, К.К. Логика в лицах и символах / К.К. Жоль. – М., 1993.
120. Алгоритмы: построение и анализ : [пер. с англ.] / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест [и др.]. – М. : Вильямс, 2005. – 1296 с.
121. Тузовский, А.Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии) / А.Ф. Тузовский, С.В. Чириков, В.З. Ямпольский ; под общ. ред. В.З. Ямпольского. – Томск : Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.
122. Выявление экспертных знаний (процедуры и реализации) / О.И. Ларичев, А.И. Мечитов, Е.М. Мошкович [и др.]. – М. : Наука, 1989. – 128 с.
123. The Semantic Web – 9-th International Semantic Web Conference, ISWC 2010, Shanghai, China, November 7–11 / P.F. Patel-Schneider, Y. Pan, P. Hitzler [etc.]. – Revised Selected Papers, Part I Springer, 2010.
124. Hahnle, R. Tableaux and Related Methods In Handbook of Automated Reasoning / R. Hahnle // Elsevier Science. – 2001. –Vol. I.
125. Андрейчикова, О.Н. Интеллектуальные системы для поддержки процессов принятия решений / О.Н. Андрейчикова. – Волгоград : Изд-во ВолгГТУ, 1996. – 93 с.
126. Электронная медицинская карта: новые видение, функции и требования. 44-е заседание Рабочей группы РАМН по вопросам создания и внедрения медицинских информационных технологий, Президиум РАМН, Москва, 3 июня 2010 г. // Врач и информ. технологии. – 2010. – № 4. – С. 55–61.
127. Постановление правительства РФ О мерах по реализации указа президента Российской Федерации от 28 июня 2007 г. n 825 "Об

оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации" от 01.04.2010 N 212

128. Н. Behncke. The Optimum Control of determined Epidemics. Applied and Methods. –2000. – P. 212–285.
129. Герасимов А.Н., Разжевайкин В.Н. Оценки величин случайных флуктуаций в моделях эпидемий, ВЦ РАН: Исследование операций (модели, системы, решения), М. –2007. – С. 37–53.
130. Новосельцев, В.Б. Нецелеориентированная стратегия вывода формул в модальных исчислениях / В.Б. Новосельцев, Г.Д. Копаница // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 7. – С. 121–125.
131. Файс, Р. Модальная логика / Р. Файс. – М., 1974. – 520 с.
132. Fitting, M. Proof Methods for Modal and Intuitionistic Logics / M. Fitting. – 1983. – Vol. 169 of Synthese Library.
133. Лавров, С.С. Программирование. Математические основы, средства, теория / С.С. Лавров. – М. : Наука, 2000. – 317 с.
134. Роб, П. Системы баз данных: проектирование, разработка и использование / П. Роб, К. Коронел. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 1200 с.
135. 121. Голосов, А.О. Аномалии в реляционных базах данных / А.О. Голосов // СУБД. – 1986. – № 3. – С. 23–28.
136. Грабер, М. Справочное руководство по SQL / М. Грабер. – М. : Лори, 1997. – 291 с.
137. Giuse, D.A. Health information systems challenges: the Heidelberg conference and the future / D.A. Giuse, K.A. Kuhn // International Journal of Medical Informatics. – 2003. – Vol. 69 (3). – P. 105–114.
138. Kuhn, K.A. From hospital information systems to health information systems, problems, challenges perspectives / K.A. Kuhn, D.A. Giuse // Methods of Information in Medicine. – 2001. – Vol. 40 (4). – P. 275–287.

139. Giuse, D.A. Health information systems challenges: the Heidelberg conference and the future / D.A. Giuse, K.A. Kuhn // *International Journal of Medical Informatics*. – 2003. – Vol. 69 (3). – P. 105–114.
140. Kuhn, K.A. From hospital information systems to health information systems, problems, challenges perspectives / K.A. Kuhn, D.A. Giuse // *Methods of Information in Medicine*. – 2001. – Vol. 40 (4). – P. 275–287.
141. Силич, В.А. Системный анализ и исследование операций / В.А. Силич, М.П. Силич. – Томск : Изд-во ИПФ, 2000. – 97 с.
142. Силич, В.А. Реинжиниринг бизнес-процессов / В.А. Силич, М.П. Силич. – Томск : Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2006. – 136 с.
143. Bell, M. SOA Modeling Patterns for Service-Oriented Discovery and Analysis / M. Bell. – Wiley & Sons, 2010. – P. 390.
144. Comer, D.E. Client-Server Programming and Applications. Internetworking with TCP/IP / D.E. Comer, D.L. Stevens // Department of Computer Sciences, Purdue University, West Lafayette, IN 47907. – Prentice Hall, 1993. – Vol. III. – P. 11.
145. Plaisant, P. Exploring LifeLines to Visualize Patient records / P. Plaisant, A. Rose // Poster summary in 1996 American Medical Informatics Association Annual Fall Symposium (Washington, DC, Oct. 26–30, 1996). – AMIA, Bethesda, MD, 1996. – P. 884–889.
146. Plaisant, C. R. Mushlin an information architecture to support the visualization of personal histories, information processing & management / C. Plaisant, B. Shneiderman. – 1998. – Vol. 34. – № 5. – P. 581–597.
147. Access to Electronic health records in primary care – a survey of patients' views Best Paper Selection for: IMIA Yearbook of Medical Informatics 2006: Assessing Information Technologies for Health / C.

Ryder, J. Amery, M. Watson [etc.] // *Methods Inf Med.* – 2006. – № 45. – P. 1–41.

148. Технологии визуализации результатов экспериментальных исследований / О.В. Марухина, О.Г. Берестнева, В.А. Воловоденко [и др.] // *Известия Томского политехнического университета.* – 2010. – Т. 316. – № 5.
149. Особенности визуализации многомерных данных средствами NovosparkVisualizer для бенчмаркинга теплоснабжающих предприятий / В.Г. Ротарь, А.А. Лукьянец, В.А. Татарников [и др.] // *Информационные и математические технологии в науке и управлении: труды XIV Байкальской Всероссийской конференции, Иркутск, 5–15 июля 2009.* – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2009. – С. 80–90.
150. Постановление правительства РФ О мерах по реализации указа президента Российской Федерации от 28 июня 2007 г. n 825 "Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации" от 01.04.2010 N 212.

Приложение 1. Листинг программной реализации системы сбора медицинской статистики

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.Data.Sql;
using System.Web;
using System.IO;
namespace WebClient{
    public partial class MainForm : Form    {
        public MainForm()    {
            InitializeComponent();
            Autorization pasForm = new Autorization();
            pasForm.ShowDialog();
            if (pasForm.formresult != 1)
            {                this.Dispose();                }        }

        private void выходToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs
e)    {        toolStripStatusLabel1.Text = "Выход...";
            if (MessageBox.Show("Вы, действительно, хотите выйти?",
"Выход", MessageBoxButtons.OKCancel) == DialogResult.OK)        {
                File.Delete(@"Data\Temp.dat");
                this.Dispose();        }
            toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
        private void Form1_Resize(object sender, EventArgs e)    {
            splitContainer1.SplitterDistance = 215;
            splitContainer2.Size = new Size(splitContainer1.Width,
splitContainer1.Height);
            splitContainer2.SplitterDistance = 156;        }
        private void splitContainer1_Panel1_Resize(object sender, EventArgs e)
    { checkedListBox1.Size = new Size(splitContainer1.Panel1.Size.Width -
10, splitContainer1.Panel1.Size.Height - 190);
            panel1.Location = new System.Drawing.Point(3,
splitContainer1.Panel1.Size.Height - 90);        }
        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)    {
            toolStripStatusLabel1.Text = "Получение данных...";
            button1.UseWaitCursor = true;
            try        {
```

```

        ServiceReference1.Service1SoapClient web = new
WebClient.ServiceReference1.Service1SoapClient();
        web.Open();
        DataSet ds = web.Con();
        dataGridView1.DataSource = ds.Tables[0];
        toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
    catch (Exception ei)    {
        MessageBox.Show(ei.ToString());
        toolStripStatusLabel1.Text = "Сбой при получении...";    }
        button1.UseWaitCursor = false;    }
    private void comboBox1_SelectedIndexChanged(object sender,
EventArgs e)
    {        try        {
        comboBox2.Items.Clear();
        SaveOpenProfile op = new SaveOpenProfile();
        Страна Stra = new Страна();
        Stra = (Страна)op.ReadState("Russia.dat", Stra);
        foreach (Облост ob in Stra)
            if (ob.getName() == comboBox1.Text)
                foreach (Raion r in ob)
                    comboBox2.Items.Add(r.getName());
        comboBox2.SelectedIndex = 0;        }
    catch (Exception) { }    }
    private void button2_Click(object sender, EventArgs e)    {
        for (int i = 0; i < checkedListBox1.Items.Count; i++)
            checkedListBox1.SetItemChecked(i, true);    }
    private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
    {        for (int i = 0; i < checkedListBox1.Items.Count; i++)
            checkedListBox1.SetItemChecked(i, false);    }
    private void новыйПользовательToolStripMenuItem_Click(object
sender, EventArgs e)
    { toolStripStatusLabel1.Text = "Добавление пользователя...";
        NewPerson newPers = new NewPerson();
        newPers.ShowDialog();
        toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
    private void
изменитьТипПользователяToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)    {
        toolStripStatusLabel1.Text = "Редактирование пользователя...";
        PersonChang PersChan = new PersonChang();
        PersChan.ShowDialog();
        toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
    private void настройкиToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)    {

```



```

        toolStripStatusLabel1.Text = "Настройки...";
        Configuration Config = new Configuration();
        Config.ShowDialog();
        toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
private void добавитьToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        toolStripStatusLabel1.Text = "Добавление МУ...";
        NewMU mu = new NewMU();
        mu.ShowDialog();
        if (comboBox1.SelectedIndex == 0)
            comboBox1.SelectedIndex = 1;
        else
            comboBox1.SelectedIndex = 0;
        toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
private void добавитьОбластьToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)    {
    toolStripStatusLabel1.Text = "Добавление области...";
    try    {
        Region reg = new Region();
        reg.ShowDialog();
        this.MainForm_Load(sender, e);    }
    catch (Exception) { }
    toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
private void настройкаОбластиToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)    {
    toolStripStatusLabel1.Text = "Редактирование области...";
    OptionRegion opreg = new OptionRegion();
    opreg.ShowDialog();
    toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
private void MainForm_FormClosing(object sender,
FormClosingEventArgs e)
    {
        toolStripStatusLabel1.Text = "Выход...";
        if (MessageBox.Show("Вы, действительно, хотите выйти?",
"Выход", MessageBoxButtons.OKCancel) == DialogResult.OK)    {
            File.Delete(@"Data\Temp.dat");
            this.Dispose();    }
        else e.Cancel = true;
        toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }

private void группыToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs
e)    {
    toolStripStatusLabel1.Text = "Редактор категорий МУ...";
    EditTip tip = new EditTip();
    tip.ShowDialog();
    toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }

```

```

private void удалитьПользователяToolStripMenuItem_Click(object
sender, EventArgs e)    {
    toolStripStatusLabel1.Text = "Удаление пользователя...";
    PersonDel p = new PersonDel();
    p.ShowDialog();
    toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
private void MainForm_Load(object sender, EventArgs e)
{    try    {
    String st = " ";
    SaveOpenProfile op = new SaveOpenProfile();
    PersonList pl = new PersonList();
    pl = (PersonList)op.ReadTemp(pl);
    foreach (Person p in pl)    {
        st = p.getTip();
        PersonTip pt = new PersonTip();
        this.Text = "StatCOP 1.0 Пользователь: " + p.getName() + " ,
права доступа: " + st + ".";
        toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";
        if (st == pt.getMeneger())    {

            DelPersonToolStripMenuItem.Visible = false;
            DelOblToolStripMenuItem.Visible = false;
            DelRegionToolStripMenuItem.Visible = false;
            DelMUToolStripMenuItem.Visible = false;    }
        if (st == pt.getStatist())    {
            NewPersonToolStripMenuItem.Visible = false;
            DelPersonToolStripMenuItem.Visible = false;
            DelOblToolStripMenuItem.Visible = false;
            DelRegionToolStripMenuItem.Visible = false;
            DelMUToolStripMenuItem.Visible = false;    }
        comboBox1.Items.Clear();
        Страна Stra = new Страна();
        Stra = (Страна)op.ReadState("Russia.dat", Stra);
        foreach (Oblost ob in Stra)
            comboBox1.Items.Add(ob.getName());    }
        catch (Exception ee) { MessageBox.Show(ee.ToString()); }    }
private void удалитьУбластьToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)    {
    toolStripStatusLabel1.Text = "Удоление области...";
    OblostDell Obd = new OblostDell();
    Obd.ShowDialog();
    this.MainForm_Load(sender, e);
    toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }

```

```

private void добавитьToolStripMenuItem1_Click(object sender,
EventArgs e)    {
    toolStripStatusLabel1.Text = "Добавление района...";
    RaionAdd addR = new RaionAdd();
    addR.ShowDialog();
    if (comboBox1.SelectedIndex == 0)
        comboBox1.SelectedIndex = 1;
    else
        comboBox1.SelectedIndex = 0;
    toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
private void удалитьToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {    toolStripStatusLabel1.Text = "Удаление района...";
    RaionDell delR = new RaionDell();
    delR.ShowDialog();
    if (comboBox1.SelectedIndex == 0)
        comboBox1.SelectedIndex = 1;
    else
        comboBox1.SelectedIndex = 0;
    toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
private void удалитьToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {    toolStripStatusLabel1.Text = "Удаление МУ...";
    toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
private void настроитьToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {    toolStripStatusLabel1.Text = "Настройки МУ...";
    toolStripStatusLabel1.Text = "Ожидание...";    }
private void comboBox2_SelectedIndexChanged(object sender,
EventArgs e)
    {    checkedListBox1.Items.Clear();
    label4.Visible = false;
    label5.Visible = false;
    label6.Visible = false;
    SaveOpenProfile op = new SaveOpenProfile();
    Страна Stra = new Страна();
    Stra = (Страна)op.ReadState("Russia.dat", Stra);
    foreach (Облост ob in Stra)
        if (ob.getName() == comboBox1.Text)    {
            foreach (Raion r in ob)
                if (r.getName() == comboBox2.Text)
                    foreach (MedU med in r)
                        checkedListBox1.Items.Add(med.getName());    }    }

```

```

private void информацияToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e) { SaveOpenProfile op = new SaveOpenProfile();
Strana Stra = new Strana();
Stra = (Strana)op.ReadState("Russia.dat", Stra);
foreach (Oblost ob in Stra)
if (ob.getName() == comboBox1.Text)
foreach (Raion r in ob)
if (r.getName() == comboBox2.Text)
foreach (MedU med in r)
if (checkedListBox1.Text == med.getName())
MessageBox.Show("Название учреждения: " +
med.getName() +
"\n\rГруппа организации: " + med.getMUGroup() +
"\n\rТип организации: " + med.getMUTip(), "Информация по " +
med.getName(), MessageBoxButtons.OK); }

```

```

private void checkedListBox1_MouseClick(object sender,
MouseEventArgs e)
{
if (this.checkedListBox1.SelectedItem != null)
информацияToolStripMenuItem.Visible = true;
if (this.checkedListBox1.SelectedItem == null)
информацияToolStripMenuItem.Visible = false;

```

```

SaveOpenProfile op = new SaveOpenProfile();
Strana Stra = new Strana();
Stra = (Strana)op.ReadState("Russia.dat", Stra);
foreach (Oblost ob in Stra)
if (ob.getName() == comboBox1.Text)
foreach (Raion r in ob)
if (r.getName() == comboBox2.Text)
foreach (MedU med in r)
if (checkedListBox1.Text == med.getName())
{ label4.Text = med.getName();
label4.Visible = true;
label5.Text = med.getMUGroup();
label5.Visible = true;
label6.Text = med.getMUTip();
label6.Visible = true; } }

```

```

private void обновитьToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{
comboBox2_SelectedIndexChanged(sender,e); }

```

```

private void radioButton1_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
numericUpDown1.Visible = false; }

```

```
private void radioButton2_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    numericUpDown1.Visible = true;
}
```

Приложение 2. Акты внедрения результатов диссертации

УТВЕРЖДАЮ

Главный врач

МЛПМУ «Больница №2»

Н.Г.Зенкин

2011 г.



АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ ЛЕЧЕБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ» В МУНИЦИПАЛЬНОМ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОМ МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ (МЛПМУ) "БОЛЬНИЦА №2"

Интеллектуальная информационная система обработки медицинских данных (автор – Копаница Георгий Дмитриевич), разработанная в Национальном исследовательском Томском политехническом университете в рамках диссертационной работы «**Математическое и программное обеспечение интеллектуальной информационной системы для управления сетью лечебных учреждений**», внедрена в МЛПМУ «Больница №2»

Система используется при обработке медицинских данных и прогнозировании ключевых показателей деятельности больницы. С помощью системы реализован механизм сводного агрегирования количественной информации о деятельности больницы путем использования аналитической обработки данных. Также с помощью аппарата модальной логики был реализован механизм прогнозирования критериев оценки деятельности учреждения.

Основные результаты внедрения интеллектуальной информационной системы обработки медицинских данных в МЛПМУ «Больница №2»:

1. Повышение скорости обработки данных
2. Организация обмена данными между филиалами больницы

Использование интеллектуальной обработки данных и организации автоматизированной поддержки принятия решений позволила более точно прогнозировать работу ЛПУ

В целом, благодаря, высокой скорости обработки данных и наличию интеллектуального анализа данных работа специалистов больницы, связанная с обработкой информации, стала более эффективной и качественной.

Акт о внедрении результатов диссертации «математическое и программное обеспечение интеллектуальной информационной системы для управления сетью лечебных учреждений» в сети лечебных учреждений GO IN г.Ингольштадт (Германия)

10/24/11

Интеллектуальная информационная система обработки медицинских данных (автор – Копаница Георгий Дмитриевич), разработанная в рамках диссертационной работы «Математическое и программное обеспечение интеллектуальной информационной системы для управления сетью лечебных учреждений», была внедрена в сети здравоохранения GO IN города Ингольштадт (Германия) при реализации проекта по объединению лечебных учреждений в единое информационное пространство. Проект выполнялся центром Гельмгольца, г. Мюнхен, Германия.

Helmholtz Zentrum München
Deutsches Forschungszentrum für
Gesundheit und Umwelt (GmbH)
Ingolstädter Landstr. 1
85764 Neuherberg
Phone +49(0)89 3187 (0)
Fax +49(0)89 3187 3322

Система применяется для решения ряда задач, основными из которых являются:

info@helmholtz-muenchen.de
www.helmholtz-muenchen.de

1. Организации обмена медицинскими данными между лечебными учреждениями сети здравоохранения;
2. Прогнозирование показателей качества обслуживания пациентов.

Aufsichtsratsvorsitzende:
MinDir'in Bärbel Brumme-Bothe

Основными результатами внедрения интеллектуальной информационной системы обработки медицинских данных в сети здравоохранения являются:

Geschäftsführer:
Prof. Dr. Günther Wess
Dr. Nikolaus Blum

Благодаря использованию архетипного подхода, появилась возможность обмена данными между различными медицинскими информационными системами;


Registergericht:
Amtsgericht München HRB 6466
UST-IdNr.- DE 129521671

Применение модальной логики и метода обратного вывода позволило повысить эффективность обработки данных при прогнозировании работы сети GO IN на 30%.

Bankverbindung:
Münchner Bank eG
Konto-Nr. 2 158 620
BLZ 701 900 00
IBAN DE04701900000002158620
BIC GENODEF1M01

Благодаря эффективной интеллектуальной обработке данных работа, связанная с обработкой информации, стала более эффективной и качественной.

HelmholtzZentrum münchen
Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH)


Institut für Biologische und
Medizinische Bildgebung
Claudia Hildebrand
Ingolstädter Landstr. 1 · 85764 Neuherberg