

На правах рукописи

БОГДАНОВА Диана Радиковна

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ОКАЗАНИЕМ УСЛУГ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
РАСПРЕДЕЛЁННОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа 2008

Работа выполнена в Уфимском государственном авиационном техническом университете на кафедре вычислительной математики и кибернетики

Научный руководитель д-р техн. наук, проф.
Юсупова Нафиса Исламовна

Официальные оппоненты д-р экон. наук, проф.
Гайнанов Дамир Ахнафович
канд. техн. наук, доцент
Туктарова Лейла Робертовна

Ведущая организация Институт систем информатики
им. А.П. Ершова СО РАН

Защита диссертации состоится «31» октября 2008 г. в 14-00_часов
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03
при Уфимском государственном авиационном техническом университете
по адресу: 450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке университета

Автореферат разослан « 27 » сентября_2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д-р техн. наук, проф.

В.В. Миронов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность темы

В ходе становления постиндустриальной экономики резко возрастает актуальность проблематики сферы услуг как системообразующего сектора хозяйства, решающего важные социальные задачи. Областью исследования в работе является индустрия здоровья и красоты, определяющая качество здоровья нации. Ранее, когда на рынке услуг спрос превышал предложение и господствовал госзаказ, основным конкурентным преимуществом было расширение предложения. В условиях конкуренции и насыщения рынка на первый план выходит клиент-ориентированный маркетинг, направленный на такие стратегические цели, как приобретение новых и снижение оттока клиентов, повышение прибыли. Происходящие процессы обуславливают необходимость поиска и внедрения новых информационных технологий для эффективного управления процессом оказания услуг, направленным на учет и удовлетворение потребностей и предпочтений клиентов.

Социально-экономические аспекты управления услугами были рассмотрены в работах К. Хаксевера, Б. Рендера, Р. Рассела, Р. Мердика, Т. Питерса, Р. Уотермена, Н.В. Егоршина, В.А. Жамина, Н.Г. Истошина, В.Т. Кочмола, П.И. Калью, И.А. Тогунова, А.И. Китова и др. Вопросу создания экспертных и автоматизированных систем управления в индустрии здоровья и красоты посвящены труды Б. Кёних-Риз, А. Хильберта, В.А. Виттиха, Д.Д. Венедиктова, Л.Ф. Ведмеденко, О.Б. Скобелева, В.Б. Тарасова, Р.М. Хвастунова, Б.Г. Ильясова, И.Л. Исмагиловой, Л.Я. Бухарбаевой и др. Однако, в силу сложности проблемы, многие вопросы остаются открытыми. В настоящий момент одним из таких вопросов является повышение эффективности оказания услуг за счет поддержки принятия решений при оперативном управлении этим процессом.

Объектом исследования является оперативное управление оказанием услуг на предприятиях индустрии здоровья и красоты.

Предметом исследования является поддержка принятия решений при оперативном управлении оказанием услуг на предприятиях индустрии здоровья и красоты.

Цель диссертационной работы состоит в исследовании и разработке методов и алгоритмов решения задачи информационной поддержки принятия решений при оперативном управлении оказанием услуг, учитывающем индивидуальные предпочтения и особенности потребителей на предприятиях индустрии здоровья и красоты (ПриЗК), на основе применения технологий распределённого искусственного интеллекта для повышения эффективности оказания услуг.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Разработать концептуальный подход к оперативному управлению оказанием услуг на ПриЗК, направленный на повышение эффективности этого процесса.

2. Разработать математическое обеспечение для назначения и планирования оказания услуг.

3. Разработать метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений при планировании оказания услуг, для реализации предложенного подхода.

4. Разработать информационное и алгоритмическое обеспечения для реализации предложенного подхода.

5. Разработать программное обеспечение для поддержки принятия решений при оперативном управлении оказанием услуг на ПриЗК.

6. Исследовать эффективность разработанных методов и алгоритмов.

Методы исследований. В работе использовались методы общей теории систем и системного анализа, методы теории управления и методология системного моделирования, методы теории игр и принятия решений, динамического и комбинаторного программирования, технологии распределенного искусственного интеллекта, теории сложности решения задач.

На защиту выносятся:

1. Концептуальный подход к оперативному управлению оказанием услуг на ПриЗК.

2. Математическое обеспечение для назначения и планирования оказания услуг.

3. Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений при планировании оказания услуг.

4. Информационное и алгоритмическое обеспечение для реализации предложенного подхода.

5. Программное обеспечение для поддержки принятия решений при оперативном управлении оказанием услуг на ПриЗК.

6. Методика и результаты анализа эффективности разработанных методов и алгоритмов.

Научная новизна результатов диссертационного исследования:

1. Концептуальный подход к оперативному управлению оказанием услуг на ПриЗК, основан, в отличие от известных, на комплексе моделей предметной области, а также на схеме адаптивного управления идентификационного типа, включающей блоки оценивания, назначения и планирования, выработки управленческих решений, с использованием онтологической базы знаний.

2. Математическое обеспечение назначения и планирования оказания услуг, в отличие от известных, основано на:

- математической модели задачи назначения услуг клиентам, сформулированной в терминах динамического программирования, опирающейся на экономические аспекты оказания услуг;

- математической модели планирования оказания услуг, сформулированной в терминах теории игр с непротивоположными интересами, как игра с согласованным вектором интересов с запрещенными ситуациями, и позволяет учитывать

формализованные технологические особенности процесса оказания услуг, индивидуальные предпочтения клиентов, а также общие для всех участников процесса оказания услуг критерии эффективности.

3. Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, в отличие от известных, основан на:

- итерационном процессе адаптивного планирования и выработки возможных управленческих решений;
- правилах выработки управленческих решений, с применением сформулированных экономических критериев качества разработанного плана;
- методе многоагентного планирования, использующем агентную парадигму искусственного интеллекта и принципы самоорганизационного управления, который естественным образом учитывает специфику предложенной модели планирования оказания услуг, сформулированной в терминах теории игр, опираясь на свойства интеллектуального агента и возможности агентной платформы, что составляет теоретическую основу для реализации предлагаемого подхода.

4. Информационное и алгоритмическое обеспечение системы поддержки принятия решений, в отличие от известных, включает в себя:

- онтологическую базу знаний, содержащую формализованные особенности технологического процесса оказания услуг и представленную на языке веб-онтологий OWL DL;
- алгоритм выработки управленческих решений, основанный на предложенном методе интеллектуальной поддержки принятия решений, использующий правила принятия решений, хранящиеся в базе знаний системы;
- алгоритм взаимодействия интеллектуальных агентов, реализующий «человеческие эвристики», в котором вся специфика работы ПриЗК вынесена в базу знаний; обеспечивает поддержку принятия управленческих решений на ПриЗК, на основе предложенного подхода.

5. Программное обеспечение поддержки принятия решений при оперативном управлении оказания услуг на ПриЗК в виде прототипа системы ППР, включающего:

- модули регистрации, учета и назначения комплексных услуг клиентам ПриЗК, на примере санаторно-курортного учреждения (СКУ), реализованные в виде конфигурации 1С: Предприятие;
- интеллектуальный модуль оперативного планирования оказания комплексных услуг на базе агентной платформы JADE в среде JAVA и онтологической базы знаний на языке OWL DL,

новизна которого, в отличие от известных, состоит в использовании разработанных моделей и методов.

Практическую ценность имеют следующие полученные результаты:

1. Предложенный подход к оперативному управлению оказанием услуг, позволяет в полной мере учесть специфику ПриЗК, что приводит к повышению эффективности оперативного управления.

2. Информационное обеспечение для реализации предложенного подхода, в виде базы знаний на языке OWL DL, позволяет в едином унифицированном виде описывать технологические особенности процесса оказания услуг и индивидуальные предпочтения клиентов, что делает возможным вынесение семантики поведения агентов из вычислительного модуля системы.

3. Разработанное алгоритмическое обеспечение составляет основу для разработки программного обеспечения системы поддержки принятия решений, которое, в свою очередь, реализует предложенный подход.

4. Разработанное программное обеспечение обладает естественным параллелизмом, позволяет наиболее эффективно использовать доступные ресурсы локальной вычислительной сети организации, а также приводит к более полному задействованию производственных ресурсов организации, уменьшению простоя оборудования, что, в свою очередь, способствует увеличению объема оказываемых услуг и приносит конкурентные преимущества предприятию.

5. Методика анализа эффективности разработанных методов и алгоритмов позволяет оценивать эффективность агентной реализации задачи оперативного планирования на ПриЗК и рационально использовать ресурсы вычислительной среды при различных сетевых постановках. Результаты анализа подтверждают работоспособность и эффективность предложенного подхода.

Внедрение результатов работы в виде математического, алгоритмического и программного обеспечения поддержки принятия управленческих решений при оперативном управлении оказанием услуг осуществлено в ряде предприятий индустрии здоровья и красоты г. Уфы и Республики Башкортостан (санатории, лечебно-профилактические учреждения, салоны красоты и фитнес-клубы), а так же в учебный процесс УГАТУ.

Связь с научными программами. Исследования проводились в рамках грантов РФФИ №08-07-00495-а «Технологии распределённого искусственного интеллекта при поддержке принятия решений в задачах календарного планирования» (2008-2010гг.) и № 06-07-89228-а «Система поддержки коммуникативных процессов при выполнении проектов фундаментальных исследований сложных систем на основе интеллектуальных мультиагентов» (2006-2008 гг.), НИР № ИФ-ВК-01-08-03 по теме «Исследование и разработка интеллектуальных технологий поддержки принятия решений и управления на основе инженерии знаний».а также НИР по договору № ИФ-ВК-18-07-ХГ между УГАТУ и ГУП Санаторий «Зелёная роща», г. Уфа.

Апробация работы. Основные материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научно-технических конференциях: 7-й – 10-й Международных конференциях «Компьютерные науки и информационные

технологии» (CSIT) (Россия, Уфа-Ассы, 2005; Германия, Карлсруэ, 2006; Россия, Уфа-Красноусольск, 2007; Турция, Анталия, 2008); 11-й – 13-й Байкальских Всероссийских конференциях с международным участием «Информационные и математические технологии в научных исследованиях» (Иркутск – Аршан, 2006, Иркутск – Байкал, 2007, 2008); Конференций-конкурсов «Технологии Microsoft в теории и практике программирования» (Новосибирск, 2006, 2007); Казанской школе по компьютерной и когнитивной лингвистике TEL-2006 (Казань, 2006); XXXIV Международной конференции «Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе» (Украина, Крым, Ялта-Гурзуф, 2007); VIII Симпозиуме по прикладной и промышленной математике (Сочи – Адлер, 2007).

Публикации. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 13 статьях, в том числе 4 – в рецензируемых журналах из списка ВАК, в двух депонированных рукописях и двух зарегистрированных программ для ЭВМ.

Автор благодарит канд.техн.наук, доцента кафедры ВМиК УГАТУ Попова Дениса Владимировича за консультации по вопросам поддержки принятия решений и разработки распределенных интеллектуальных систем.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа содержит 160 с. машинописного текста, включая 50 рисунков, 11 таблиц и список литературы из 113 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении кратко обоснована актуальность выбора темы, сформулированы цели и задачи исследования, методологический аппарат диссертации, определены научная значимость и практическая ценность полученных результатов.

Первая глава «Анализ проблем предоставления услуг на ПриЗК» посвящена комплексному исследованию проблем управления процессом оказания услуг на предприятиях указанного выше типа. Установлено что в настоящее время в процессе предоставления услуг в индустрии здоровья и красоты возникает ряд проблем, таких как: отсутствие комплексной информационной системы, интегрирующей предоставление услуг, высокая размерность данных исключает применение точных методов составления планов; существующие методы составления планов не учитывают специфику оказания услуг населению. Также проведен анализ существующих программных средств автоматизации в индустрии здоровья и красоты. К недостаткам рассмотренных систем, таких как ПК "РЕГИСТРАТУРА", ИС "СТАЦИОНАР", «Санаторно-курортный комплекс», ред. 3.0, ПК «RehaBase» и др., можно отнести следующее: отсутствие функции составления плана оказания услуг; относительно высокая стоимость; отсутствие интеграции с другими системами учета и анализа финансово-хозяйственной деятельности организации. В результате анализа моделей и методов поддержки принятия решений и составления планов, можно сделать вывод о том, что современный математический аппарат, используемый для выбора альтернативы, требует от ЛПР достаточно высокой ма-

тематической квалификации, которой, как правило, не отвечает персонал в индустрии здоровья и красоты. Также анализ показал, что методы принятия решений имеют определенную зависимость от предметной области, поэтому существует необходимость создания специализированной системы поддержки принятия решений (ППР), которая бы ориентировалась на ПриЗК. Проведенный маркетинговый анализ поведения потребителей, на основе анкетирования, репрезентативной группы потенциальных клиентов ПриЗК показал, что для большинства респондентов, по сравнению с традиционными критериями выбора на основе цены и места расположения, на первое место выходит учет индивидуальных предпочтений. Следовательно, для повышения эффективности оказания услуг необходимо разработать методы и алгоритмы информационной поддержки принятия решений при оперативном управлении оказанием услуг на ПриЗК с учетом индивидуальных предпочтений потребителей, а также специальный программный комплекс ППР с применением технологий искусственного интеллекта, обладающие достаточно дружелюбным интерфейсом.

Во второй главе «Разработка подхода к ППР при оказании услуг на ПриЗК» разработан концептуальный подход к оперативному управлению на ПриЗК при планировании процесса оказания услуг, состоящая из адаптивной системы управления и системы моделей предметной области ПриЗК, которая позволяет выявить факторы, влияющие на объект управления. Система разработанных моделей предметной области позволила провести детальный анализ процесса оказания услуг как сложной системы с выявлением основных элементов и связей между ними.

В работе детально рассмотрен процесс оказания услуг в индустрии здоровья и красоты. Основные действующие лица в процессе оказания услуг: потребитель услуг и распорядитель. Потребитель обращается в организацию имея определенные цели и индивидуальные предпочтения, характеризуясь физиологическими особенностями, статусом и финансовыми возможностями. Находясь в диалоге с распорядителем, который, в свою очередь, имеет знания о предоставляемых услугах в организации, опыт и обладает компетенцией относительно удовлетворения целей и потребностей клиентов, перед которым стоит задача повышению эффективности оказания услуг, назначается из набора типовых услуг оказываемых организацией комплексная услуга, удовлетворяющая целям клиента. Другими словами, комплексная услуга - это отражение целей клиента на множестве типовых услуг, оказываемых организацией.

Управляемыми переменными в процессе оказания услуг при оперативном управлении со стороны потребителя выступают переменные, описывающие желаемое состояние клиента, а со стороны услуги – временные периоды доступности услуги, информация о механизме оказания услуг. Неуправляемыми переменными при оперативном управлении являются со стороны клиента – начало и окончание времени возможного потребления услуг, исходное состояние и физиологические особенности, финансовые возможности, статус клиента, со стороны услуги - ме-

стоположение услуги, потребляемые ресурсы, природная среда, история оказания услуг, требования технологического процесса и факторы производственной среды. Параметрами эффективности являются: со стороны потребителя - субъективное восприятие услуг и предпочтения, со стороны услуги – критерии качества и субъективное восприятие услуги клиентом.

Схема системы оперативного управления представлена на рис. 1.



Рисунок 1. Схема системы оперативного управления на ПриЗК

За основу схемы взята модель адаптивной системы управления идентификационного типа. Схема включает: подсистему адаптации, состоящий из блоков оценки и анализа, выработки управленческих решений, базы знаний и блока планирования, а также основного контура управления, включающего регулятор и объект управления. Объектом управления в системе является процесс оказания услуг на ПриЗК. Первыми этапами работы системы является сбор информации о состоянии объекта управления, затем запускается подсистема адаптации. Составляется рабочий план, после чего в работу системы управления включается блок оценивания. План оценивается с точки зрения экономических критериев качества. Затем готовое расписание вместе с экономической оценкой попадает в блок выработки управленческих решений. На этом этапе на основе экономической оценки выдается возможное управленческое решение из базы знаний системы. Разработанное управленческое решение направляется в блок назначения и планирования, где на его основе разрабатывается новый рабочий план, наиболее отражающий экономическую ситуацию на ПриЗК, после чего процесс работы подсистемы адаптации повторяется. После завершения работы подсистемы адаптации, лицу, принимающему решение (ЛПР), подаются варианты управленческих решений с

соответствующими планами. После утверждения управленческого решения, соответствующий ему план передается на выполнение в объект управления. Так же сформулированы требования к задаче оперативного планирования оказания услуг на ПриЗК, показывающие необходимость ее формализации в терминах теории игр. Разработан подход к решению задачи составления плана оказания услуг клиентам, основанный на агентных технологиях, который естественным образом учитывает специфику задачи оперативного планирования, сформулированной в терминах теории игр, обладает естественным параллелизмом, позволяет наиболее эффективно использовать доступные ресурсы локальной вычислительной сети организации.

В третьей главе «Разработка моделей и методов решения задачи оперативного управления процессом оказания услуг на ПриЗК», предложен метод назначения типовых услуг, опирающийся на математическую модель этого процесса, и алгоритм решения, учитывающий экономические аспекты оказания услуг, позволяющий улучшить экономическую обоснованность цен, что дает конкурентные преимущества предприятию на рынке.

Разработана математическая модель задачи составления плана оказания услуг клиентам, которая учитывает формализованные технологические ограничения, накладываемые на этот процесс, индивидуальные критерии эффективности клиентов, а также общие для всех участников процесса оказания услуг критерии эффективности.

Обозначим: A – множество клиентов, $|A| = n$, C – множество оказываемых на предприятии типовых услуг, $|C| = m$. Каждое событие «Оказание типовой услуги» характеризуется индексами: i – номер клиента; j – номер назначенной услуги; d – конкретная дата. $J_i^{(d)}$ – множество услуг упорядоченное по времени оказания, назначенных клиенту i на день d ; $I_j^{(d)}$ – множество клиентов, которым назначена услуга j в день d ; d_{i1} – дата обращения клиента i , d_{i2} – дата окончания работы с клиентом i , k – номер единицы оборудования. Пусть, t_{ijk} – момент начала оказания услуги j клиенту i на оборудовании k , t_{ij} – время оказания клиенту i услуги j , t'_{ij} – время отдыха до оказания клиенту i услуги j , t''_{ij} – время отдыха после оказания клиенту i услуги j . Требуется составить план оказания услуг на ПриЗК удовлетворяющий индивидуальным предпочтениям клиентов и технологическому процессу, а также критериям экономической эффективности, оценка которых производится группой экспертов.

Введем ограничения. Услугу j одновременно может получать только один клиент:

$$t_{i_1jk}^{-(d)} - t_{i_2jk}^{-(d)} \geq t_{i_2j}^{-(d)} \text{ если } t_{i_1jk}^{-(d)} \geq t_{i_2jk}^{-(d)}, \text{ или } t_{i_2jk}^{-(d)} - t_{i_1jk}^{-(d)} \geq t_{i_1j}^{-(d)} \text{ если } t_{i_1jk}^{-(d)} \leq t_{i_2jk}^{-(d)} \quad (1)$$

где i_1, i_2 такие, что $a_{i_1}, a_{i_2} \in A$,

$$t_{i(j+1)k_{(j+1)}}^{-(d)} \geq t_{ijk_j}^{-(d)} + t_{ij} + \max(t_{ij}^{\prime\prime}, t_{i(j+1)}^{\prime}), \quad \begin{cases} T_{j1}^{(d)} \leq \bar{t}_{ijk_j}^{-(d)} \\ t_{ijk_j}^{-(d)} + t_j \leq T_{j2}^{(d)} \end{cases}, \quad (2) \text{ и } (3)$$

где $T_{j1}^{(d)}$ и $T_{j2}^{(d)}$ - начало и конец рабочего дня d для оказания услуги j , соответственно.

Согласно ограничению (2), услуги должны выполняться последовательно с учетом времени отдыха. Согласно ограничению (3), услуги отпускаются в соответствии с графиком работы специалистов оказывающих услуги.

Сформулируем ограничения, накладываемые технологическим процессом оказания услуг. Пусть P – множество услуг, которые могут быть назначены клиенту i , где $p \in P$ – услуга; $\varphi: P \rightarrow J_i(d)$ – существует отображение множества услуг P в упорядоченное множество $J_i(d)$. Ограничения, накладываемые на услуги клиента i , представим как отношения на множестве услуг P :

1) Отношение непосредственного следования - услуга p' должна назначаться сразу за услугой p :

$$C_1 = \{(p, p') \mid j \in J_i(d), (j+1) \in J_i(d), \varphi^{-1}(j) = p, \varphi^{-1}(j+1) = p'\}.$$

Например, для салона красоты после оказания услуги «покраска волос» должна следовать услуга «мытьё головы».

2) Отношение следования – услуга p' должна назначаться после услуги p :

$$C_2 = \{(p, p') \mid j \in J_i(d), j' \in J_i(d), \varphi^{-1}(j) = p, \varphi^{-1}(j') = p', j < j'\}.$$

Например, в санаторно-курортном учреждении после «водной растяжки» должна идти услуга «одеть корсет», а спустя какое-то время «снять корсет».

3) Отношение несовместимости - услуги p' и p не должны назначаться в течение какого-то времени τ :

$$C_3 = \{(p, p', \tau) \mid j \in J_i(d), \varphi^{-1}(j) = p, \forall j' \in J_i(d'), \varphi^{-1}(j') = p', d' + \tau > d\}.$$

Например, после оказания услуги «паровая ванна» нельзя принимать никакие «водные процедуры» в течение 4 часов.

4) Если прием услуги p никак не связан с приемом услуги p' , то никаких ограничений на них не накладывается, и они считаются независимыми.

Приведем примеры формализованных индивидуальных предпочтений (стратегий поведения) клиентов при составлении планов оказания услуг клиентов:

1. Время окончания/начала оказания услуги. Все услуги должны быть завершены не позднее момента времени w («+») или должны начинаться после него («-»):

$$F_{time} = \begin{cases} 1, \text{ если } \pm(t_{ijk_j}^{(d)} + t_{ij}) \leq \pm w, \text{ где } w - \text{ момент времени} \\ 0, \text{ иначе,} \end{cases}$$

2. Интенсивность оказания услуг. Сумма интервалов ожидания услуг за отчетный период не должна превышать заданного интервала времени δ :

$$F_{rapid_receipt} = \begin{cases} 1, \text{если } \sum_{j \in J_i(d)} ((\bar{t}_{i(j+1)k(j+1)}^{(d)} - \bar{t}_{ijk_i}^{(d)}) - (t_{ij} + \max(t_{ij}''', t_{i(j+1)}'))) \leq \delta, \\ 0, \text{иначе} \end{cases}$$

3. Порядок оказания услуг. Какое-то множество услуг может быть назначено раньше остальных. Пусть B – множество услуг, которые клиент желает пройти до всех остальных, тогда $F_{before} = \begin{cases} 1, \text{если } \bar{t}_{ij_1k_{j_1}} < \bar{t}_{ij_2k_{j_2}}, \text{ где } j_1 \in B, j_2 \notin B \quad \forall j_1, j_2 \\ 0, \text{иначе.} \end{cases}$

4. Последовательность оказания услуг. Две услуги j_1 и j_2 могут быть назначены последовательно друг за другом. Пусть N – множество пар услуг, идущих друг за другом, тогда $F_{next} = \begin{cases} 1, \text{если } (j_1, j_2) \in N, \\ 0, \text{иначе.} \end{cases}$

5. Пересечения в плане оказания услуг. Пара клиентов i_1 и i_2 может получить план, имеющий пересечения. Пусть Fr – множество пар клиентов, желающих иметь пересечения в плане, тогда:

$$F_{friends} = \begin{cases} 1, \text{если } (i_1, i_2) \in Fr, \left[\left[t_{i_1j_1} + \bar{t}_{i_1j_1k_{j_1}} + \max(t_{ij_2}', t_{ij_1}'') \right] - \left[\bar{t}_{i_2j_2k_{j_2}} + t_{i_2j_2} \right] \right] \leq \Delta, \text{ где } \Delta - \text{ интервал} \\ 0, \text{иначе,} \end{cases}$$

времени.

Введем общие для всех участников процесса стратегии составления планов оказания услуг:

а) средневзвешенные потери времени при прохождении услуг клиентами за отчетный период (D_1, D_2)

$$\bar{W}^1 = \frac{\sum_{d=D_1}^{D_2} \sum_{i=1}^n \sum_{j \in J_i^{(d)}} \sum_k ((\bar{t}_{i(j+1)k(j+1)}^{(d)} - \bar{t}_{ijk}^{(d)}) - (t_{ij} + \max(t_{ij}''', t_{i(j+1)}'))),}{n(D_2 - D_1 + 1)}, \text{ где } J_i = \bigcup_{d=d_1}^{d_2} J_i(d);$$

б) средневзвешенное отклонение времени начала оказания услуг от их «при-вычного» для клиента значения (ритмичность плана):

$$\bar{W}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{d=D_1}^{D_2-1} \sum_{j \in J_i^{(d)}} \sum_k \left| \bar{t}_{ijk}^{(d+1)} - \bar{t}_{ijk}^{(d)} \right|}{\left| \bigcup_{i=1}^n J_i \right| n(D_2 - D_1)}, \text{ где } \left| \bigcup_{i=1}^n J_i \right| - \text{ мощность множества назначенных услуг.}$$

Поставленная задача относится к классу задач теории игр с непротивоположными интересами, а именно к играм с согласованным вектором интересов с запрещенными ситуациями. Наличие невыпуклой области допустимых решений свидетельствует о невозможности решения данной задачи методами линейного программирования. Для решения поставленной задачи предлагается использовать разработанный подход, основанный на коммуникации между участниками процесса при формировании плана оказания услуг, позволяющий реализовать принципы самоорганизационного управления.

Введем критерии качества плана оказания услуг на ПРИЗК. Пусть $\bar{J}_i = J_i / J_i^{план}$ - множество не попавших в план услуг для i -го клиента, где $J_i^{план}$ - множество попавших в план к клиенту i услуг. Тогда критерии качества плана представлены в табл. 1.

Таблица 1. Критерии качества плана

Приоритет	Описание критерия качества	Критерий качества	Единица измерения	Управленческое решение	Минимально допустимое значение
1	Средне-взвешенный простой оборудования по конкретной услуге	$\bar{E}^1 = \frac{\sum_{d=D_1}^{D_2} \sum_k \sum_{i \in I_j^{(d)}} (\bar{t}_{(i+1)jk} - \bar{t}_{ijk} - t_{ij})}{(D_2 - D_1 + 1)}$	Час./день	Сократить продолжительность работы кабинета по оказанию услуги на $\text{int}(E^1 / t_{ij})$	t_{ij}
2	Невозможность оказания услуг (по конкретным потребителям)	$\bar{J}_i = J_i / J_i^{план}$	Количество не попавших в план услуг для потребителя i , $ \bar{J}_i $ - мощность множества	Переназначение услуг $J_i = F(C / \bar{J}_i, J_i^{план})$	0
3	Невозможность оказания услуг (по конкретным услугам)	$\bar{E}^2 = \frac{\sum_{d=D_1}^{D_2} \sum_k \sum_{i \in I_j^{(d)}} (t_{ij} \bar{J}_i)}{(D_2 - D_1 + 1)}$	Час./день (дополнительно необходимых)	Увеличение продолжительность работы кабинета по оказанию услуги на $\text{int}(E^2 / t_{ij})$	t_{ij}

Предлагаемый метод оперативного планирования предполагает такой вариант решения, при котором будет задействована вся локальная сеть организации, а также будут удовлетворены требования принципов самоорганизации и учтен вектор критериев эффективности участников процесса оказания услуг и особенности технологического процесса. В результате анализа методов реализации были выделены три наиболее распространенных: последовательный, параллельный и много-агентный.

Для реализации подхода выбрана агентная парадигма распределенного искусственного интеллекта, наиболее полно учитывающая особенности оказания услуг, проявляющиеся в естественном параллелизме шагов, относящихся к действиям отдельных участников процесса. В нём роли клиентов и типовых услуг моделируются с помощью специального интеллектуального агента, который взаимодействует с такими же агентами на основе заложенных правил поведения. Данный способ реализации поддерживает на уровне стратегий «человеческие» эвристики. Реализуется алгоритм, моделирующий поведение людей в данной «жизненной» ситуации. Данный алгоритм представляет собой последовательность блоков дей-

ствий, осуществляемых каждым агентом, начиная от применения эвристик «первый подходящий», «утряска», с последующей коммуникацией и совместным составлением плана между двумя, тремя и т.д. агентами. Таким образом, планирование не представляет собой последовательный перебор вариантов – поиск идет «со всех сторон». На рис. 2 представлен пример взаимодействия агентов при составлении плана оказания услуг в случае, когда двум клиентам назначены две одинаковые услуги.

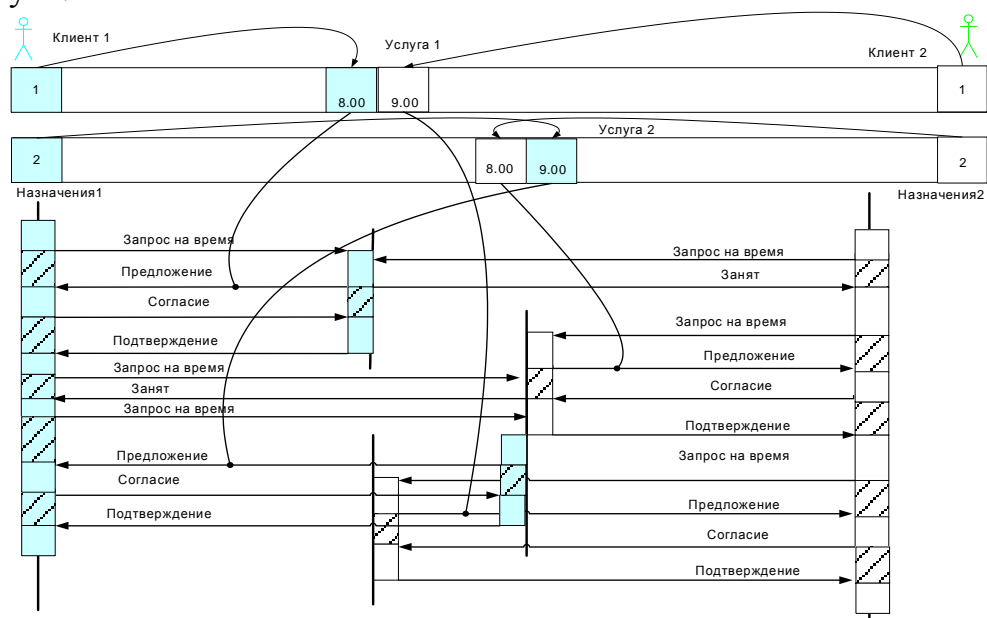


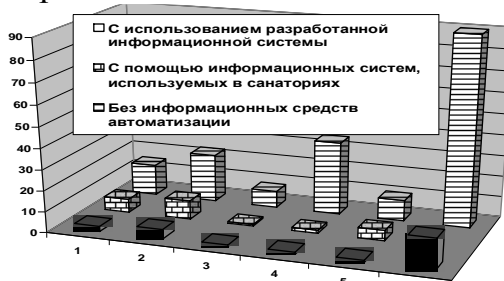
Рисунок 2. Пример взаимодействия агентов

Четвертая глава «Разработка прототипа информационной системы» посвящена воплощению в жизнь предложенного подхода и анализа его работоспособности.

Проведен анализ возможных средств реализации, обосновывающий выбор 1С:Предприятие для разработки информационной системы, агентной платформы JADE в среде Java для разработки модуля составления плана оказания услуг и языка описания веб-онтологий OWL DL для представления базы знаний системы. Реализован алгоритм составления плана оказания услуг клиентам на основе агентного подхода, который обладает естественным параллелизмом. Разработан прототип автоматизированной системы «Санаторно-курортное лечение», который показывает работоспособность предложенного подхода и позволяет сформулировать рекомендации по изменению графика работы процедурных кабинетов и их аппаратно-техническому оснащению.

В пятой главе «Исследование эффективности разработанных методов и алгоритмов» в целях определения экономической эффективности внедрения информационной системы произведен сравнительный анализ временных характеристик процесса оказания лечебно-оздоровительных услуг на примере санаторно-курортного учреждения (СКУ) с использованием разработанной системы и других

информационных систем поддержки принятия решений. Результаты сравнительного анализа представлены на рис. 3.

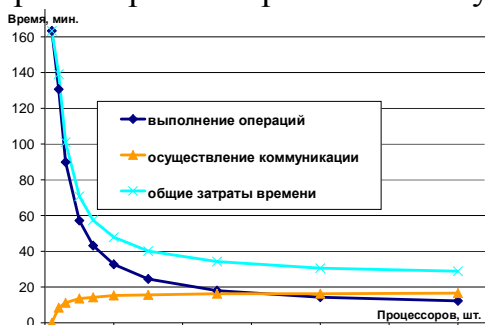


1- Внесение данных пациента при первичном обследовании; 2- Поиск пациента и внесение изменений в историю болезни; 3 - Создание выходной формы; 4 - Создание простого отчета; 5 - Определение и выдача назначений; 6 - Составление плана.

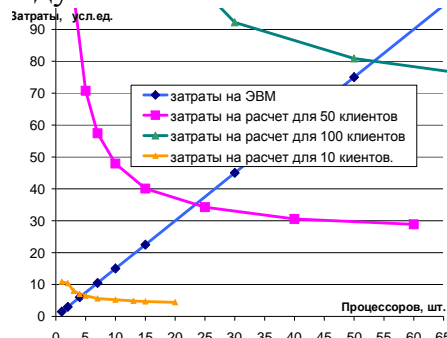
Рисунок 3. Результаты анализа временных затрат на примере СКУ

Произведен расчет экономической эффективности внедрения информационной системы и доказано, что затраты на приобретение и использование информационной системы являются экономически целесообразными: срок окупаемости 7 месяцев, чистый дисконтированный доход - 163,4 тыс. руб., а коэффициент экономической эффективности составляет 1,72.

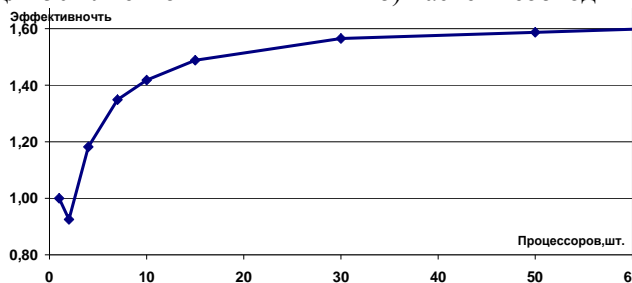
Проведенный анализ вычислительной сложности показал, что агентный подход к реализации позволяет естественное распараллеливание алгоритма. При большой размерности задачи многопроцессорный способ выполнения значительно сокращает время вычислений. Как наглядно показано на рис. 4а при увеличении числа процессоров время расчета существенно уменьшается, при этом всю большую роль играют затраты на коммуникацию между агентами.



а) Время расчета для 50 клиентов



б) Расчет необходимого числа компьютеров



в) Ускорение расчетов для случая работы в сети Интернет для 100 клиентов

Рисунок 4. Анализ эффективности агентного подхода

Влияние этих затрат наиболее велико при работе системы в среде Интернет, например, как показано на рис. 4в, в начале они даже приводят к снижению эффективности параллельного выполнения, которая при работе в высоко скоростных сетях может быть на порядок больше. На рис. 4б приведен пример экономического обоснования числа процессоров задействованных агентной системой в зависимости от количества клиентов, которым в определенный момент необходимо составить план. Показано, что при этом плотность агентов варьируется от двух до трех на один процессор.

Проведенный анализ эффективности предложенного подхода на основе вычислительного эксперимента и анализа использования прототипа автоматизированной системы «Санаторно-курортное лечение», показал следующие особенности разрабатываемой системы: комплексность – проявляющаяся в интегрированном предоставлении услуг в ПриЗК, распределённость – позволяет учитывать все доступные ресурсы локальной вычислительной сети организации, что приводит к построению более рационального графика оказания услуг клиентам, платформо–независимость – упрощает распространение системы в разнородно сконфигурированных сетях организаций, интеллектуальность – выражается в поддержке «человеческих» эвристик, отделении логики от реализации, возможности изменять бизнес-логику программы без необходимости перекомпиляции системы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Предложен концептуальный подход к поддержке принятия управленческих решений на ПриЗК, основанный на комплексе моделей предметной области, а также на схеме адаптивного управления идентификационного типа, включающей блоки оценивания, назначения и планирования, выработки управленческих решений, с использованием онтологической базы знаний, позволяющий в полной мере учесть специфику ПриЗК, что приводит к повышению эффективности оперативного управления.

2. Разработана математическая модель планирования оказания услуг, сформулированная в терминах теории игр с противоположными интересами, как игра с согласованным вектором интересов с запрещенными ситуациями, позволяющая учитывать формализованные технологические особенности процесса оказания услуг, индивидуальные предпочтения эффективности клиентов, а также общие для всех участников процесса оказания услуг критерии эффективности.

3. Предложен метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, основанный на итерационном процессе адаптивного планирования, правилах выработки управленческих решений, с применением сформулированных экономических критериев качества разработанного плана, формализации задачи назначения услуг клиентам в терминах динамического программирования, опирающейся на экономические аспекты оказания услуг, агентной парадигме искусственного интеллекта, базирующейся на принципах самоорганизационного управления, которая естественным образом учитывает специфику предложенной моде-

ли планирования оказания услуг, сформулированной в терминах теории игр, что составляет теоретическую основу для реализации предлагаемого подхода.

4. Разработано информационное обеспечение системы поддержки принятия решений, основанное на онтологической базе знаний, содержащей формализованные особенности технологического процесса оказания услуг и представленной на языке веб-онтологий OWL DL. Разработано алгоритмическое обеспечение задачи управления и поддержки принятия решений в процессе оказания услуг, основанное на взаимодействии агентов при формировании графика оказания услуг, позволяющие реализовать принципы самоорганизации.

5. Разработан прототип информационной системы поддержки принятия решений в процессе оказания услуг, который представляет собой программную реализацию предложенного подхода. Проведен сравнительный анализ временных затрат при работе без информационных средств автоматизации, с помощью информационных систем используемых в санаториях и с использованием разработанной системы. Расчет показателей экономической эффективности внедрения прототипа показал, что срок его окупаемости составляет 7 месяцев, чистый дисконтированный доход – 163,4 тыс. руб., а коэффициент экономической эффективности составляет 1,72.

6. Анализ вычислительной сложности показал, что агентный подход к реализации позволяет естественное распараллеливание алгоритма. При большой размерности задачи многопроцессорный способ выполнения значительно сокращает время вычислений. При увеличении числа процессоров время расчета существенно уменьшается, при этом всю большую роль играют затраты на коммуникацию между агентами. Показано, что экономически обоснованное число агентов при расчете варьируется от двух до трех на один процессор.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

В рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Модели и методы поддержки выполнения проектов в распределенном информационном пространстве / Н. И. Юсупова, Д.В. Попов, Д.А. Ризванов, Д.Р. Богданова, М.А. Тихов, А.Р. Габдулхакова // Вестник ИрГТУ. 2006. Т.3, № 2 (26). С. 16-22.

2. Математическое и программное обеспечение для поддержки принятия решений в санаторно-курортном комплексе / Д.Р. Богданова, Д.В. Попов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Сер. «Технические науки». 2007. Т. 2, №4(10). С. 214-222.

3. Поддержка принятия решений при календарном планировании в санаторно-курортном комплексе / Д.Р. Богданова // Вестник УГАТУ. Серия «Управление, вычислительная техника и информатика». 2007. Т. 9, № 5 (23). С. 47–53.

4. Задача поддержки принятия решений при формировании расписания прохождения процедур отдыхающими в санаторно-курортном комплексе / Д.Р. Бо-

гданова, Д.В. Попов, Д.А. Ризванов // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2008. Т.15, вып.2. С. 261-263.

В других изданиях:

5. Математическое и информационное обеспечение мультиагентной системы моделирования сетевой структуры организации: деп. рук. / Н.И. Юсупова, Д.В. Попов, Д.А. Ризванов, Д.Р. Богданова, А.Р. Габдулхакова //: Уфа УГАТУ, 2005. 112 с., ил. Деп. в ВИНТИ 15.07.2005, № 1040- В2005.

6. Формализация задачи составления графика прохождения процедур отдыхающими в лечебных заведениях / Д.Р. Богданова // Интеллектуальные системы обработки информации и управления: сб. стат. РЗША. Уфа. Технология, 2006. Т.1, С. 18-22.

7. Мультиагентная система составления расписания прохождения процедур отдыхающими в санаторно-курортном комплексе / Д.А. Ризванов, Д.Р. Богданова, Г.В. Сенькина, Д.В. Попов // Компьютерные науки и информационные технологии (CSIT'2006): мат. 8-й Межд.конф, Карлсруэ, Германия, 2006. Т.1. С. 22-30.

8. Автоматизированная система «Санаторно-курортное лечение»: программа для ЭВМ. Версия 1.0. Рег. № 50200601236 / А.Ю. Крайнов, Б.Н. Федоров, Д.В. Попов, Д.А. Ризванов, Д.Р. Богданова, А.В. Кривошеев, А.Р. Габдулхакова // ФГУП ВНИИЦ. 2006. С. 254-256.

9. Мультиагентная система составления расписания в санаторно-курортном комплексе: деп. рук. / Г.В. Сенькина, Д.Р. Богданова, Д.В. Попов, Д.А. Ризванов, А.Р. Габдулхакова // УГАТУ, Уфа, 2007. 233 с., ил. деп. в ВИНТИ 29.08.2007, № 850-В2007.

10. Подход к разработке системы календарного планирования с применением онтологической базы знаний / Д.В. Попов, Д.А. Ризванов, Д.Р. Богданова, Н.Н. Мухачева, А.Г. Абайтуллин, В.А. Симонов, А.Ф. Галямов // Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе : мат. XXXIV межд. конф. Прил. к журналу «Открытое образование». 2007. С. 82-84.

11. О повышении контроля в сфере оказания санаторно-курортных услуг с помощью автоматизированной системы календарного планирования / Д.Р. Богданова, Д.В. Попов // Ростехнадзор: науч.-техн. журнал». 2007. №11. С. 28-31.

12. Информационные технологии и санаторно-курортное лечение / Д.Р. Богданова // Табигат: науч.-техн. журнал. 2007. №11(70). С. 21-22.

13. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2008613990 (Многоагентная система составления графика оказания услуг на основе онтологической базы знаний) / Д.В. Попов, Д.Р. Богданова, Д.А. Ризванов // Роспатент, 21 августа 2008.

БОГДАНОВА Диана Радиковна

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ОКАЗАНИЕМ УСЛУГ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
РАСПРЕДЕЛЁННОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Специальность 05.13.10 – Управление в социальных
и экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано к печати 26.09.2008. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman Cyr.
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.- отт. 1,0. Уч.- изд. л. 0,9.
Тираж 100 экз. Заказ № 413

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет
Центр оперативной полиграфии
450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса,12