

УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 338.46

Д. В. ПОПОВ, Н. И. ЮСУПОВА

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ ОКАЗАНИЕМ УСЛУГ**

Статья посвящена систематизации полученных авторами результатов, связанных с разработкой информационной системы поддержки принятия решений для повышения эффективности оказания услуг на примере предприятий индустрии здоровья и красоты. В работе рассматриваются две основные составляющие реализации оперативного управления оказанием услуг. Во-первых, формализация задачи планирования, учитывающей специфику предметной области индустрии здоровья и красоты, приводит к необходимости использования семантически выразительных средств для описания технологических ограничений и предпочтений клиентов. Во-вторых, все более совершенствующиеся сетевые и многоядерные технологии позволяют решать задачи планирования на новом технологическом уровне. Эти аспекты находят отражение в технологиях онтологических баз знаний и многоагентных систем, относящихся к области распределенного искусственного интеллекта. *Поддержка принятия решений ; оперативное управление ; онтологическая база знаний ; многоагентная система*

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.

В условиях все усиливающейся конкуренции и возрастающих требований клиентов возникает проблема повышения эффективности оперативного управления оказанием услуг, что является многофакторной задачей. Необходимость учета индивидуальных предпочтений и технологических ограничений предопределяет ее многокритериальность. Решение такой задачи не представляется возможным без применения интеллектуальных информационных технологий.

В статье рассматриваются вопросы разработки научно обоснованного программного и информационного обеспечения для повышения эффективности оперативного управления на предприятиях малого и среднего бизнеса индустрии здоровья и красоты (ПриЗК), оказывающих нематериальные осязаемые услуги населению.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

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 [1]. 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. Вопросам создания экспертных и автоматизированных систем управления в индустрии здоровья и красоты посвящены труды Б. Кених-Риз, А. Хильберта, В. А. Виттиха, Д. Д. Венедиктова, Л. Ф. Ведмеденко, О. Б. Скобелева, В. Б. Тарасова, Р. М. Хвастунова, Б. Г. Ильясова, Л. А. Исмагиловой, Л. Я. Бухарбаевой и др.

Однако, в силу сложности проблемы, многие вопросы остаются открытыми [2]. В настоящий момент одним из таких вопросов является повышение эффективности оказания услуг за счет поддержки принятия решений при оперативном управлении этим процессом.

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.

Проведенный анализ существующих программных средств автоматизации в индустрии здоровья и красоты показал, что к недостаткам рассмотренных систем (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 альтернатив, требует от лица, принимающего решения (ЛПР) достаточно высокой математической 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.

Чтобы выявить основные факторы, влияющие на повышение эффективности оказания услуг в индустрии здоровья и красоты, было проведено маркетинговое исследование предпочтений потенциальных клиентов таких предприятий. Результаты проведенного исследования показали, что в современных условиях насыщенности рынка услуг индустрии здоровья и красоты, для клиентов на второе место после квалификации кадров (которая была и будет одним из самых важных факторов) выходит

учет индивидуальных предпочтений, а, в частности, учет предпочтений относительно времени прохождения услуг. Причем, для большинства клиентов желательно тратить на получение услуг как можно меньше времени.

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 специализированный программный комплекс ППР, с дружественным интерфейсом пользователя.

2. ПРЕДЛАГАЕМАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Предлагаемая концепция оперативного управления процессом оказания услуг основана на схеме адаптивного оперативного управления с комбинированным использованием технологий распределенного искусственного интеллекта, методов исследования операций и многокритериального принятия решений. Система разработанных моделей предметной области позволила провести детальный анализ процесса оказания услуг как сложной системы с выявлением основных элементов и связей между ними.

Согласно положениям экономической теории, миссией оперативного управления является обеспечение стабильного процесса профильной деятельности организации, в нашем случае – это процесс оказания услуг.

Специфика оказания услуг в области здоровья и красоты заключается в следующем: процесс обслуживания клиента представляет собой оказание комплексной услуги, состоящей из набора типовых услуг; наличие большого разнообразия предоставляемых предприятием типовых услуг; отсутствие жесткой последовательности предоставления типовых услуг (наличие альтернатив при оказании комплексной услуги); возможность многократного повторения типовых услуг в процессе оказания комплексной услуги; невозможность получения услуги по первому требованию, необходимость оформления предварительной заявки на оказание услуги; необходимость построения плана оказания услуг; телесно ориентированный характер оказываемых услуг.

Рассмотрим процесс оказания услуг в индустрии здоровья и красоты. Основные действующие лица в процессе оказания услуг – по-

требитель услуг, например клиент салона красоты, пациент лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ) или отдыхающий санатория, и распорядитель – лечащий врач, фитнес-тренер или регистратор. Потребитель обращается в организацию, имея определенные цели и индивидуальные предпочтения. Распорядитель, перед которым стоит задача повышения эффективности оказания услуг, обладает знаниями о предоставляемых услугах в организации, имеет опыт и обладает компетенцией относительно удовлетворения целей и потребностей клиентов. В диалоге между потребителем и распорядителем происходит назначение комплексной услуги из набора типовых услуг, оказываемых организацией. Другими словами, комплексная услуга – это отражение целей клиента на множестве типовых услуг, оказываемых организацией.

Проведенный анализ позволил выделить в структуре информации о потребителях и услугах управляемые и неуправляемые переменные, а также параметры эффективности. 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 – местоположение 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 оперативного управления на ПриЗК представлена на рис. 1.

За основу схемы взята модель адаптивной системы управления идентификационного типа [3]. 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. Вначале работы системы осуществляется сбор информации о состоянии объекта управления, затем запускается подсистема адаптации.

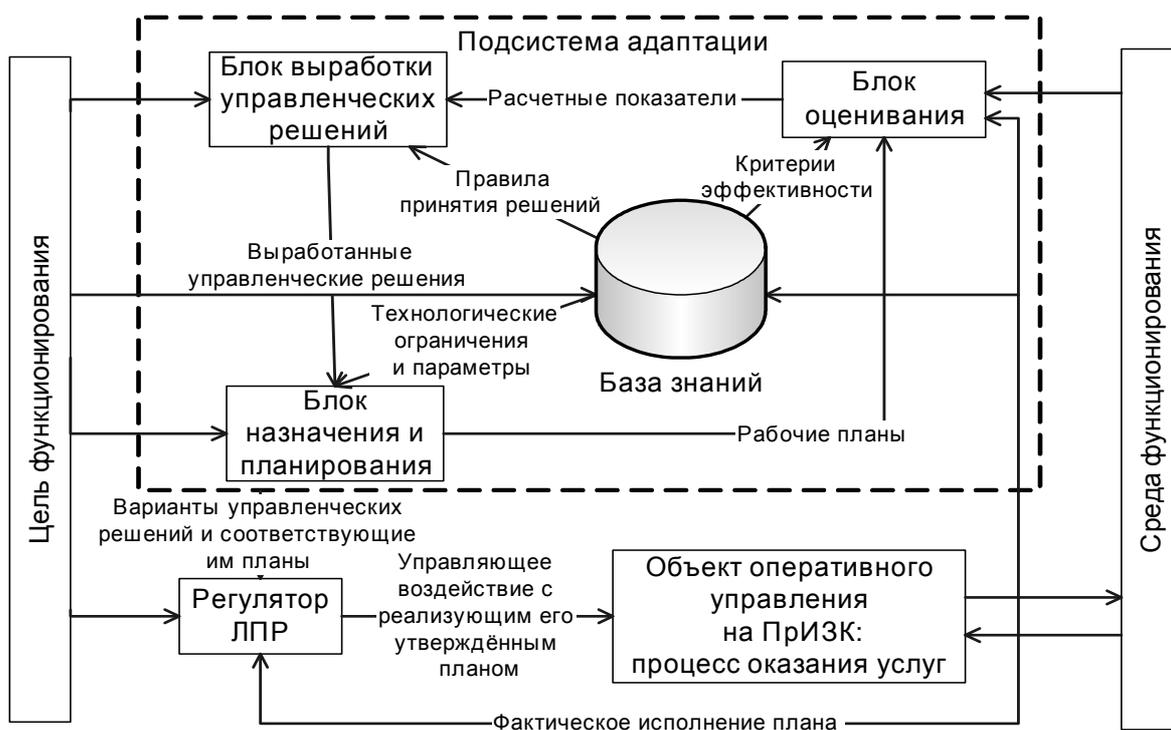


Рис. 1. Схема оперативного управления на ПриЗК

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, выбирается возможное управленческое решение на основе правил из базы знаний. В блоке назначения и планирования на его основе разрабатывается рабочий план, после чего процесс работы подсистемы адаптации повторяется. После завершения работы подсистемы адаптации, ЛПП подаются варианты управленческих решений с соответствующими планами. После утверждения управленческого решения, соответствующий ему план передается на исполнение в объект управления.

Сформулированы требования к задаче оперативного планирования оказания услуг на ПРИЗК, показывающие необходимость ее формализации в терминах теории игр. Разработан метод решения 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.

3. МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОКАЗАНИЕМ УСЛУГ

На сегодняшний день, в связи с взаимозаменяемостью услуг и ростом номенклатуры оказываемых услуг, задача назначения комплексных услуг клиентам становится нетривиальной и возрастает необходимость использования методов исследования операций.

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. Используется модель задачи о рюкзаке, учитывающая взаимозаменяемость и взаимодополняемость услуг, а также варьирование количества назначенных типовых услуг при формировании комплексной услуги. Выделяются три типа предва-

рительных назначений: первый тип – обязательный набор оказываемых услуг (например, показанные при болезни процедуры), второй тип – предпочитаемые клиентом услуги (например, многие желают получать массаж, даже если он не показан по болезни) и третий – прочие услуги (например, общеукрепляющие профилактические процедуры). Все предварительные назначения разбиваются на три группы, при этом каждой группе назначений эксперты присваиваются весовые коэффициенты.

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 [4].

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:

$$t_{i_1jk}^{-(d)} - t_{i_2jk}^{-(d)} \geq t_{i_2j}^{-(d)} \text{ если } t_{i_1jk}^{-(d)} \geq t_{i_2jk}^{-(d)},$$

или

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

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

$$t_{i(j+1)k(j+1)}^{-(d)} \geq t_{ijk}^{-(d)} + t_{ij}^{-(d)} + \max(t_{ij}^{-(d)}, t_{i(j+1)}^{-(d)}), \quad (2)$$

$$\begin{cases} T_{j_1}^{(d)} \leq \bar{t}_{ijk_j}^{(d)} \\ \bar{t}_{ijk_j}^{(d)} + t_j \leq T_{j_2}^{(d)}, \end{cases} \quad (3)$$

где $T_{j_1}^{(d)}$ и $T_{j_2}^{(d)}$ – 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 :

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

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 :

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

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 пове-

дения) клиентов при составлении планов оказания услуг клиентам:

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

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

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

$$F_{r-r} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{j \in J_i(d)} ((\bar{t}_{i(j+1)k_{(j+1)}} - \bar{t}_{ijk_j}^{(d)}) - (t_{ij} + \max(t_{ij}^{\prime}, t_{i(j+1)}^{\prime}))) \leq \delta, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} 3.$$

Порядок оказания услуг. Какое-то множество услуг может быть назначено раньше остальных. Пусть B – множество услуг, которые клиент желает пройти до всех остальных, тогда:

$$F_{\text{before}} = \begin{cases} 1, & \text{если } \bar{t}_{ij_1k_{j_1}} < \bar{t}_{ij_2k_{j_2}}, \\ \text{где } j_1 \in B, j_2 \notin B \forall j_1, j_2, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

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

$$F_{\text{next}} = \begin{cases} 1, & \text{если } (j_1, j_2) \in N, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

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

$$F_r = \begin{cases} 1, & \text{если } (i_1, i_2) \in F_r, \left[\left[\begin{matrix} t_{i_1j_1} + \bar{t}_{i_1j_1k_{j_1}} + \max(t_{i_2j_2}^{\prime}, t_{i_1j_1}^{\prime}) \\ t_{i_2j_2k_{j_2}} + t_{i_2j_2} \end{matrix} \right] - \right] \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где Δ – интервал 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) :

$$\overline{W^1} = \frac{\sum_{d=D_1}^{D_2} \sum_{i=1}^n \sum_{j \in J_i^{(d)}} \sum_k ((t_{i(j+1)k(j+1)}^{-(d)} - t_{ijk}^{-(d)}) - (t_{ij} + \max(t_{ij}^n, t_{i(j+1)}^n)))}{n(D_2 - D_1 + 1)},$$

где $J_i = \bigcup_{d=d_{i1}}^{d_{i2}} J_i(d)$;

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

$$\overline{W^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{d=D_1}^{D_2-1} \sum_{j \in J_i^{(d)}} \sum_k |t_{ijk}^{-(d+1)} - t_{ijk}^{-(d)}|}{\left| \bigcup_{i=1}^n J_i \right| n(D_2 - D_1)},$$

где $\left| \bigcup_{i=1}^n J_i \right|$ – 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. Необходимость учета индивидуальных предпочтений клиентов делает задачу многокритериальной и не решаемой методами теории массового обслуживания, в связи с отсутствием случайности появления заявок на обслуживание, ориентацией не столько на время обслуживания, сколько на учет предпочтений клиентов, а также естественной гетерогенности оказываемых услуг. Также она не решается методами теории расписаний, в связи с неочевидностью использования свертки для решения многокритериальной задачи, а учет технологических особенностей оказания услуг на предприятиях индустрии здоровья и красоты не позволяет рассматривать ее как задачу с выпуклой областью допустимых решений. Наличие невыпуклой области допустимых решений свидетельствует о невозможности решения данной задачи методами линейного программирования.

Рассмотрим пример принятия решений при оперативном управлении оказанием услуг. В процессе формирования плана необходимо сопоставить время оказания услуги конкретному клиенту на конкретном оборудовании, в зависимости от его загруженности. В некоторый момент времени часть клиентов предприятия выписывается, прибывают новые, кому-то необходимо переназначение либо по личным пожеланиям, либо в связи с внешними обстоятельствами, например, неисправностью оборудования.

Распорядитель назначает для этих клиентов комплексную услугу исходя из экономических

аспектов оказания услуг. После назначения необходимо внести корректировки в существующий план, запланировав оказание услуг новым клиентам, либо скорректировав план для остальных клиентов. В результате формирования плана возможны следующие ситуации: не удалось распределить назначенные услуги для некоторых клиентов в силу полной загруженности оборудования; в расписании получились длительные простои некоторого оборудования. В первом случае требуется либо произвести переназначение комплексной услуги, либо увеличить продолжительность работы оборудования. Во втором случае возможно сокращение продолжительности работы оборудования для снижения затрат. В результате принятия управленческого решения осуществляется построение нового плана оказания услуг. Принятие управленческих решений позволяет получить экономический эффект за счет сокращения простоя оборудования и увеличения пропускной способности ПриЗК (например, в лечебно-профилактических учреждениях и санаторно-курортных учреждениях это койкооборотность, а в фитнес-клубах и салонах красоты – клиентооборот) [6].

Введем критерии качества плана оказания услуг на ПриЗК. Рассмотрим множество не попавших в план услуг для i -го клиента:

$$\overline{J}_i = J_i / J_i^{\text{план}},$$

где $J_i^{\text{план}}$ – множество попавших в план к клиенту i услуг. Тогда критерии качества плана представлены в табл. 1.

Достоинством разработанных правил выработки управленческих решений является тот факт, что они были созданы на основе проведенного маркетингового исследования предпочтений клиентов. А также то, что управленческое решение основано на анализе предложенных экономических критериев качества разработанного плана, т. е. правило применяется в случае превышения значения критерия качества плана некоторой пороговой величины.

4. РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОКАЗАНИЕМ УСЛУГ

В работе рассматриваются две основные составляющие реализации оперативного управления оказанием услуг. Во-первых, формализация задачи планирования, учитывающей специфику предметной области индустрии здоровья и кра-

соты, приводит к необходимости использования семантически выразительных средств для описания технологических ограничений и предпочтений клиентов. Во-вторых, все более совершенствующиеся сетевые и многоядерные технологии, закладываемые даже в обычные персональные компьютеры, позволяют решать задачи планирования на новом технологическом уровне. Эти аспекты находят отражения в технологиях онтологических баз знаний и многоагентных систем, относящихся к области распределенного искусственного интеллекта [5].

В основе технологий распределенного искусственного интеллекта лежат: холистический подход и принципы самоорганизационного управления в сложных системах. Холистический подход подразумевает, что в сложной системе частные лица (агенты) могут объединяться в группы (холоны) по интересам для совместного решения общих задач [6].

Принципы самоорганизационного управления накладывают определенные ограничения на структуру и функции распределенной системы: агентно-ориентированное управление, субъект-субъектные системные отношения, кооперативное поведение агентов и наличие распределенной базы знаний.

Сложность объекта исследования обуславливает необходимость максимально более пол-

ного задействования доступных вычислительных ресурсов организации при решении задачи планирования оказания услуг, в результате чего в работе используется сетевая постановка задачи, связанная с тем, каким образом можно эффективно разделить процесс составления плана на отдельные потоки, исполняемые на отдельных процессорах узлов вычислительной сети организации. Выбор агентной парадигмы искусственного интеллекта [7] для решения задачи планирования оказания услуг позволяет наиболее полно учитывать особенности оказания услуг, проявляющиеся в естественном параллелизме шагов, относящихся к действиям отдельных участников процесса. Это позволяет практически без семантического разрыва перейти от постановки задачи в терминах теории игр к ее решению в рамках многоагентной системы.

Роли клиентов и типовых услуг моделируются с помощью специальных интеллектуальных агентов, которые взаимодействуют друг с другом на основе заложенных правил поведения. Данный способ реализации поддерживает на уровне стратегий «человеческие» эвристики. Реализуется алгоритм, моделирующий поведение людей в данной «жизненной» ситуации.

Таблица 1

Критерии качества плана

Приоритет	Описание критерия качества	Критерий качества	Единица измерения	Управленческое решение	Мин. доп. знач.
1	Средневзвешенный простой оборот оборудования по конкретной услуге	$\bar{E}^1 = \frac{\sum_{d=D_1}^{D_2} \sum_k \sum_{i \in I_j^{(d)}} (t_{(i+1)jk} - t_{ijk} - t_{ij})}{(D_2 - D_1 + 1)}$	Час./день	Сокращение продолжительности работы кабинета по оказанию услуги на величину $\text{int}(\bar{E}^1 / t_{ij})$	t_{ij}
2	Невозможность оказания услуг (по конкретным потребителям)	$\bar{J}_i = J_i / J_i^{\text{план}}$	Количество не попавших в план услуг для потребителя i , $ \bar{J}_i $ - мощность множества	Переназначение услуг $J_i = F(C / \bar{J}_i, J_i^{\text{план}})$	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 продолжительности работы кабинета по оказанию услуги на величину $\text{int}(\bar{E}^2 / t_{ij})$	t_{ij}

В агентов заложены правила поведения, связанные с принятием решений по поиску подходящего времени для получения услуг клиентами, на основе итеративного процесса составления рационального плана получения услуг, начиная от применения эвристик «первый подходящий», «утряска», с последующей коммуникацией и совместным составлением плана путем переговоров 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.

Разработано программное обеспечение для поддержки принятия решений при оперативном управлении оказанием услуг в виде прототипа информационной системы ППР [8]. Пользователями модулей регистрации, учета и назначения услуг являются лица, ответственные за непосредственное «ведение клиента» на предприятии. Пользователями интеллектуального модуля оперативного планирования являются менеджеры среднего звена, отвечающие за оперативное управление оказанием услуг [9].

В модуле оперативного планирования агенты функционируют на агентной платформе

JADE в среде *JAVA*. В *JADE* реализована система управления жизненным циклом агентов, а коммуникационная инфраструктура поддерживает единое информационное пространство вне зависимости от физического расположения программных агентов. *JADE* является платформой с открытым кодом и ее лицензия *LGPL* не препятствует коммерческому распространению программного продукта, написанного на этой платформе. Среда *JAVA* является платформо-независимой, что позволяет использовать ее в гетерогенных вычислительных сетях, без необходимости лицензирования рабочих мест.

Взаимодействие интеллектуального модуля с разработанной онтологической базой знаний осуществляется средствами *JADE/WADE*. Выбор языка представления знаний осуществлялся на основе проведенного анализа, основным критерием выбора *OWL DL* стала поддержка системы формально-логических вычислений, на которых основана работа поисковых агентов. Язык *OWL DL*, разработанный консорциумом ведущих производителей программного обеспечения для всемирной сети *W3C*, является де-факто промышленным стандартом в области разработки онтологических баз знаний. Запросы осуществляются на языке запросов к веб-онтологиям *SPARQL*.

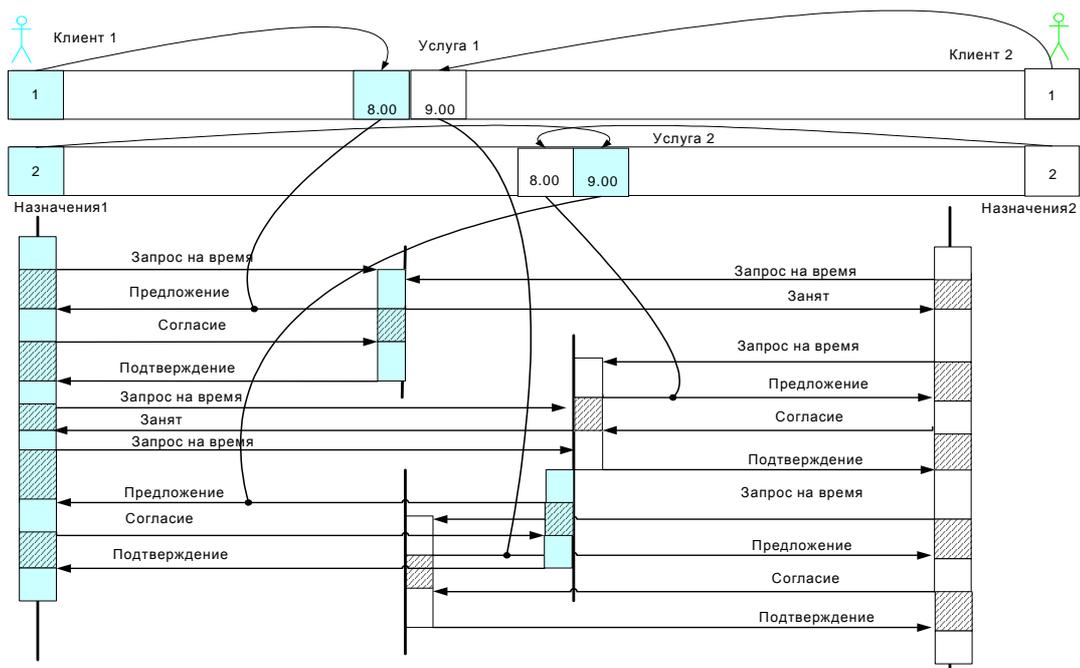


Рис. 2. Пример взаимодействия агентов

Язык OWL DL характеризуется поддержкой использования дескриптивных логик. Одной из наиболее важных особенностей дескриптивных логик, в отличие от исчисления предикатов первого порядка, является сделанный в них акцент на осуществимость логического вывода. В стандартных системах логики первого порядка предсказание времени выработки решения часто оказывается невозможным. С другой стороны, в дескриптивных логиках все направлено на обеспечение того, чтобы логический вывод мог быть выполнен за время, полиномиально зависящее от размера описаний, за счет отказа от использования отношения отрицания и использования ограниченной формы дизъюнкции по явно заданным объектам. К недостаткам онтологического подхода к разработке базы знаний системы можно отнести то, что такое абстрактное универсальное описание приводит к необходимости обработки большего объема гипертекстовых данных, приводящего к увеличению накладных затрат, чем это могло быть при разработке специализированных структур данных. Ценой таких широких выразительных возможностей является более низкая скорость автоматической обработки инструкций при работе с онтологической базой знаний. Однако преимущества универсального описания проявляются в ситуациях, когда необходимы модификации технологических параметров оказания услуг, правил принятия решений, информации об индивидуальных предпочтениях клиентов и т.д., потребность в которых возникает достаточно часто на динамично развивающихся предприятиях.

Для удаленного администрирования в JADE предусмотрен специальный тип агента RMA (Sniffer), который показывает текущее состояние агентной платформы и предлагает богатый инструментарий для управления конфигурацией системы. Администрирование возможно и с помощью командной строки и с помощью графического интерфейса. Для поддержки выполнения заданий или работ, которые базируются на понятии бизнес-процессов, а также ряда механизмов для организации сложных распределенных работ, используется программная надстройка WADE. При запуске ее на узлах вычислительной сети, запускаются агенты, которые отвечают за работу данного узла (Daemon). Администрирование системы осуществляется путем взаимодействия этих агентов со специальным агентом конфигурации, запущенным на

сервере. Правила коммуникации между агентами основаны на протоколах, предложенных в спецификациях FIPA - Международной федерации по разработке интеллектуальных агентов. В разработанной системе осуществляется мониторинг состояния каждой рабочей станции с целью обеспечения отказоустойчивости работы интеллектуального модуля.

К сожалению, существующие системы распределенного искусственного интеллекта в области многоагентного моделирования, включая JADE/WADE, представляют собой библиотеки функций для разработки многоагентных систем, без реализации пользовательского интерфейса. Ведение электронного документооборота на предприятии, реализованного в модулях регистрации, учета и назначения услуг клиентам, приводит к необходимости дублирования и обмена информацией между онтологической базой знаний интеллектуального модуля оперативного планирования и базой данных модулей регистрации, учета и назначения услуг клиентам, реализованных в виде конфигурации 1С:Предприятие. Защита персональных данных клиентов осуществляется средствами 1С:Предприятие. На рис. 3 показано взаимодействие модулей назначения и многоагентного планирования оказания услуг.

5. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ

В целях определения экономической эффективности внедрения информационной системы произведен сравнительный анализ временных характеристик процесса оказания лечебно-оздоровительных услуг на примере санаторно-курортного учреждения с использованием разработанной системы и других информационных систем поддержки принятия решений.

Также, в соответствии с ГОСТ 24.702-85 «Эффективность автоматизированных систем управления», произведен расчет экономической эффективности внедрения информационной системы и доказано, что затраты на приобретение и использование информационной системы являются экономически целесообразными сроком окупаемости 7 месяцев, чистый дисконтированный доход – 163,4 тыс. руб., а коэффициент экономической эффективности составляет 1,72.

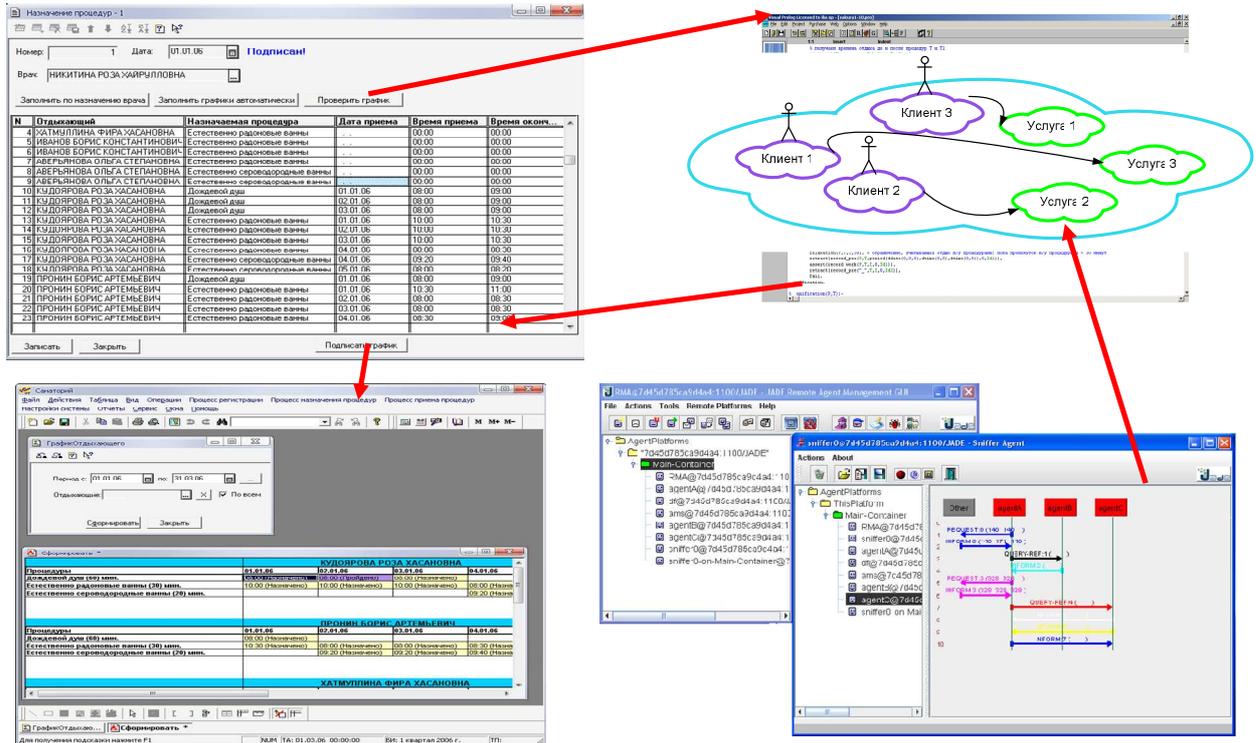


Рис. 3. Взаимодействие модулей назначения и планирования

Применение разработанного метода много-агентного планирования переносит основную сложность решения задачи оперативного планирования на вопросы, связанные с поддержкой коммуникаций между объектами многоагентной системы и рациональным распределением агентов по процессорам узлов вычислительной сети, что, в свою очередь, является нетривиальной задачей, требующей проведения вычислительных экспериментов каждый раз при изменении конфигурации вычислительной сети и/или параметров задачи планирования.

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. 4, при увеличении числа процессоров время расчета существенно уменьшается, при этом все большую роль играют затраты на коммуникацию между агентами.

Влияние этих затрат наиболее велико при работе системы в среде Интернет, например, в начале они даже приводят к снижению эффективности параллельного выполнения (рис. 5), которая при работе в высокоскоростных сетях на порядок больше (рис. 6).

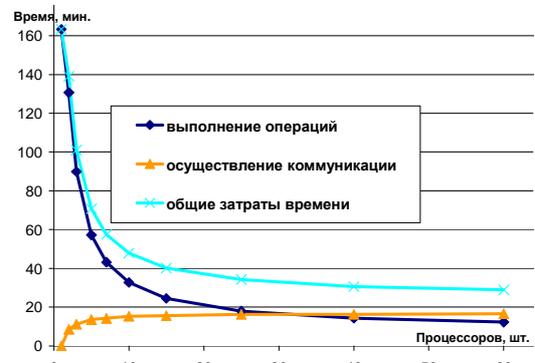


Рис. 4. Зависимость времени расчетов (y) от количества процессоров (x) для 100 клиентов

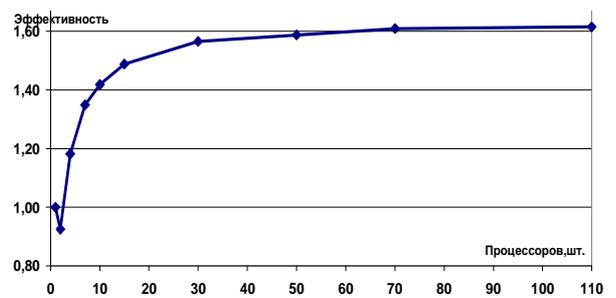


Рис. 5. Эффективность параллельного выполнения (y) в сети Интернет от количества процессоров (x) для 100 клиентов

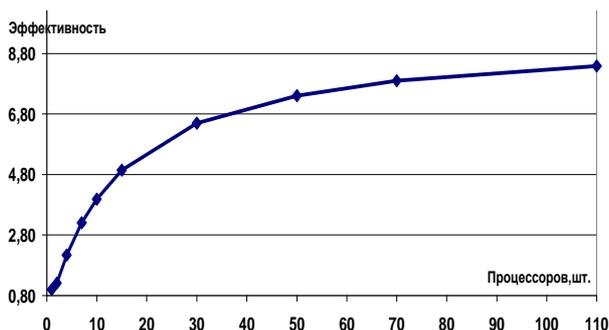


Рис. 6. Эффективность параллельного выполнения (y) в ЛВС от количества процессоров (x) для 100 клиентов

Также приведен пример экономического обоснования числа процессоров, задействованных агентной системой, в зависимости от количества клиентов, которым в определенный момент необходимо составить план (рис. 7). Показано, что при этом плотность агентов варьируется от двух до трех на один процессор. Практический смысл такого расчета заключается в том, что на основе анализа приведенного графика руководитель может принимать решения о переконфигурировании вычислительной сети предприятия, в зависимости от изменения числа обслуживаемых клиентов.

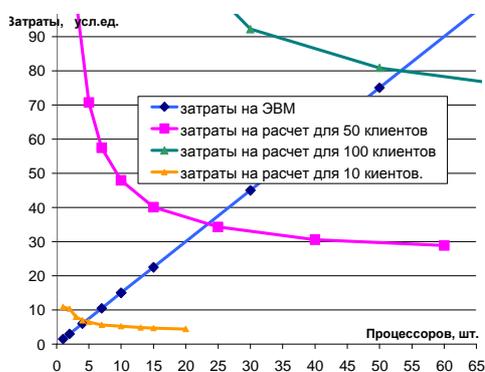


Рис. 7. Анализ эффективности моделей и методов. Обоснование выбора необходимого числа процессоров от количества клиентов (проекция на ось x на пересечении линий затрат y)

Следует заметить, что в разработанной методике используются допущения о гомогенности вычислительной сети, в которой производятся расчеты (одинаковые характеристики производительности компьютеров, одинаковая скорость передачи сообщений в сети, вне зависимости от места расположения узлов сети и размера передаваемых сообщений, отсутствие

задержек на синхронизацию и д.р.), что может привести к некоторому расхождению получаемых оценок с результатами функционирования реальной вычислительной сети.

ВЫВОДЫ

1. Предложена концепция оперативного управления процессом оказания услуг, отличающаяся тем, что она основана на схеме адаптивного оперативного управления с комбинированным использованием технологий распределенного искусственного интеллекта, методов исследования операций и многокритериального принятия решений, что позволяет повысить эффективность оперативного управления за счет учета специфики предприятий.

2. Разработан метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, отличающийся тем, что основан на: проведенном маркетинговом исследовании предпочтений клиентов, позволившем сформулировать правила выработки управленческих решений, на анализе предложенных экономических критериев качества разработанного плана, а также на методе многоагентного планирования, позволяющем наиболее полно учитывать особенности оказания услуг, проявляющиеся в естественном параллелизме шагов, относящихся к действиям отдельных участников процесса.

3. Разработано информационное и алгоритмическое обеспечение системы поддержки принятия решений, отличающееся тем, что оно основано на онтологической базе знаний, содержащей формализованные особенности технологического процесса оказания услуг и представленной на языке веб-онтологий *OWL DL*, на алгоритме выработки управленческих решений, реализующем предложенный метод интеллектуальной поддержки принятия решений, использующем правила принятия решений, хранящиеся в онтологической базе знаний системы, а также на алгоритме взаимодействия агентов, реализующем «человеческие эвристики».

4. Реализовано программное обеспечение поддержки принятия решений при оперативном управлении оказанием услуг, отличающееся тем, что в основе разработанных модулей регистрации, учета и назначения комплексных услуг клиентам, реализованных в виде конфигурации *ИС:Предприятие*, интеллектуального модуля оперативного планирования оказания услуг на базе агентной платформы *JADE/WADE* в среде *JAVA*, а также онтологической базы знаний на

языке *OWL DL*, в которую вынесена специфика работы предприятия, лежит разработанный метод интеллектуальной поддержки принятия решений.

Данное исследование осуществляется в рамках научно-исследовательской темы ИФ-ВК-01-09-03 «Исследования интеллектуальных технологий поддержки принятия решений и управления для сложных социально-экономических объектов», при поддержке грантами РФФИ № 06-07-89228 «Система поддержки коммуникативных процессов при выполнении проектов фундаментальных исследований сложных систем на основе интеллектуальных мультиагентов» и № 08-07-00495 «Технологии распределенного искусственного интеллекта при поддержке принятия решений в задачах календарного планирования».

Авторы выражают благодарность канд. техн. наук Богдановой Д. Р. за помощь в выполнении исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ветитнев, А. М.** Маркетинг санаторно-курортных услуг / А. М. Ветитнев. М. : Медицина, 2001. 224 с.
2. **Юсупова, Н. И.** Информационное обеспечение управления и контроля / Н. И. Юсупова, Е. И. Иванова, Р. Ф. Фаттахов, О. Н. Сметанина. М. : Машиностроение, 2007. 280 с.
3. **Богданова, Д. Р.** Задача поддержки принятия решений при формировании расписания прохождения процедур отдыхающими в санаторно-курортном комплексе / Д. Р. Богданова, Д. В. Попов, Д. А. Ризванов // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2008. Т. 15, вып. 2. С. 261–263.
4. **Рассел, С.** Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. М. : Вильямс, 2006. 1408 с.
5. **Виттих, В. А.** Мультиагентные системы для моделирования процессов самоорганизации и кооперации / В. А. Виттих, П. О. Скобелев // Proc.of XIII

Intern. Conf. on the Application of Artificial Intelligence in Engineering, Galway, Ireland, 1998. P. 91–96.

6. **Тарасов, В. Б.** От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика / В. Б. Тарасов. М. : Эдиториал УРСС, 2002. 352 с.

7. **Попов, Д. В.** Подход к разработке системы календарного планирования с применением онтологической базы знаний / Д. В. Попов, Д. А. Ризванов, Д. Р. Богданова, Н. Н. Мухачева [и др.] // Прил. к журналу «Открытое образование», .2007. С. 82–84.

8. **Попов, Д. В.** 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.

ОБ АВТОРАХ



Попов Денис Владимирович, докторант, доц. каф. выч. мат. и киб. Дипл. инженер-программист (УГАТУ, 1995). Канд. техн. наук по системам автомат. проектир. (УГАТУ, 2000). Иссл. в обл. интеллект. поддержки принятия решений в соц. и эконом. системах.



Юсупова Нафиса Исламовна, проф., зав. каф. выч. мат. и киб., декан ФИРТ. Дипл. радиофизик (Воронежск. гос. ун-т, 1975). Д-р техн. наук по упр-ю в техн. сист. (УГАТУ, 1998). Иссл. в обл. критич. сит. упр-я, информатики.