

САВИНА АЛЕКСАНДРА ЛЕОНИДОВНА

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА
В АСУ ГРАДООБРАЗУЮЩИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Орел – 2012

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»

- Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Константинов Игорь Сергеевич
- Официальные оппоненты: Аверченков Владимир Иванович,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет», заведующий кафедрой «Компьютерные технологии и системы»
- Ломакин Владимир Васильевич,
кандидат технических наук, доцент,
ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
заведующий кафедрой «Информационный менеджмент»
- Ведущая организация: Федеральное государственное автономное учреждение
«Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций»

Защита состоится 29 мая 2012 г. в 11:00 на заседании диссертационного совета Д 212.182.01 при ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» по адресу: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29, ауд. 201.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК».

Автореферат разослан 27 апреля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.182.01
кандидат технических наук, доцент

Волков Вадим Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В современных автоматизированных системах управления предприятием (АСУП) в той или иной степени решаются типовые задачи управления кадровыми ресурсами. Однако с точки зрения управления кадрами каждое предприятие имеет свою специфику, которая определяется прежде всего его местоположением и наличием на соответствующей территории источников формирования трудовых ресурсов. В частности, для градообразующих предприятий в моногородах жизненно необходимой является задача прогнозирования обеспеченности производственного процесса кадрами с определенной специальностью и уровнем квалификации, которая не столь существенна для промышленных предприятий в крупных населенных пунктах со свободным рынком трудовых ресурсов.

Исследование вопроса прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующих предприятиях предполагает изучение опыта ученых в различных областях науки и техники: проектированием функциональных подсистем АСУ занимались В.М. Глушков, Д.О'Лири, С.В. Питеркин, разработкой математического аппарата для моделирования сложных систем – Д.А. Поспелов, М. Минский, Л.А. Задэ, И.С. Константинов, А.В. Коськин; построением моделей прогнозирования динамики сложных систем – Дж. Форрестер, Дж. Эпштейн, А.В. Борщев, А.Р. Бахтин, О.А. Савина. Традиционно в АСУ планирование кадрового обеспечения осуществляется в рамках технико-экономического планирования производства с учетом трудовых нормативов, определенных в процессе технологической подготовки производства, и информации об имеющихся на предприятии трудовых ресурсах. На основе полученных данных принимается решение о привлечении дополнительных и/или изменении структуры трудовых ресурсов на предприятие. Задача кадрового обеспечения производства в АСУ традиционно решается исходя из собственных кадровых ресурсов предприятия, в то время как вопрос привлечения трудовых ресурсов со стороны завершается на определении потребности в них, поскольку предполагается их наличие на свободном рынке трудовых ресурсов. Такой подход противоречит реальным возможностям по привлечению трудовых ресурсов на градообразующие предприятия в моногородах, что обуславливает актуальность разработки моделей, алгоритмов и автоматизированных средств прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии с учетом динамики демографической и миграционной ситуации в моногороде.

Объектом исследования в данной работе являются процессы кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии. В качестве **предмета исследования** рассматриваются модели и алгоритмы прогнозирования кадрового обеспечения производства в автоматизированной системе управления градообразующим предприятием.

Целью диссертационного исследования является повышение качества управленческих решений по организации производства за счет прогнозирования и управления процессами кадрового обеспечения производства.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие **задачи**:

1. Проведение анализа специфики задачи кадрового обеспечения производства на градообразующих предприятиях и существующих инструментальных средств и методов ее решения в автоматизированных системах управления.

2. Определение функционала и построение модели блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства.

3. Разработка и исследование математических моделей и алгоритмов прогнозирования ситуации по кадровому обеспечению заданной программы производства.

4. Разработка структуры информационного обеспечения, программной архитектуры и интерфейсов информационного обмена между программными компонентами блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства.

5. Программная реализация, тестирование и внедрение блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства в автоматизированной системе управления градообразующим предприятием.

Методы и средства исследований. При решении указанных задач использовались методы теории систем, нечеткой логики, имитационного моделирования, статистического анализа, теории реляционных баз данных. **Достоверность** научных положений и полученных результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата и совпадением прогнозируемых показателей развития предприятия с реальными.

Научная новизна диссертационного исследования:

1. Функциональная модель блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства, отличительной особенностью которой является возможность моделирования и оценки последствий принимаемых управленческих решений по вопросам кадрового обеспечения заданной программы производства на градообразующем предприятии в моногороде.

2. Математическая модель оценки уровня жизни специалистов, отличающаяся применением аппарата нечеткой логики для оценки альтернативных вариантов трудоустройства в моногороде и за его пределами, и алгоритм разбиения специалистов, требуемых для выполнения производственной программы предприятия, на кластеры, однородные с точки зрения оценки приемлемого уровня заработной платы.

3. Агентная модель прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии и алгоритмы ее реализации, учитывающие состояние трудовых ресурсов, возможности подготовки требуемых кадров, демографическую и миграционную ситуацию в моногороде.

Практическая ценность диссертационного исследования:

1. Программная реализация прототипа блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства на градообразующем предприятии, включающая в себя реализацию разработанных моделей и алгоритмов.

2. Результаты применения прототипа блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства в АСУ градообразующим предприятием при принятии новых и .оценке существующих производственных программ.

Реализация и внедрение результатов работы. Основные результаты диссертационной работы внедрены в деятельность ОАО «Карачевский завод «Электродеталь», ЗАО «Карачевмолпром» и ОАО «ГМС Насосы» в виде блока поддержки при-

нятия решений по кадровому обеспечению производства; а также используются в учебном процессе на кафедре «Информационные системы» ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК» при изучении дисциплин «Автоматизированные системы управления предприятиями», «Моделирование систем».

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на III научно-технической конференции «Аналитические и численные методы моделирования естественнонаучных и социальных проблем» (2008 г., Пенза), региональной научно-практической конференции «Инжиниринг–2009» (2009 г., г. Орел), международной научно-практической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» (2010 г., Орел), Пятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (2011 г., Москва), Пятой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности (2011 г., Санкт-Петербург).

Положения, выносимые на защиту:

1. Функциональная модель блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства.
2. Математическая модель оценки уровня жизни специалистов
3. Алгоритм разбиения на кластеры специалистов, требуемых для выполнения производственной программы предприятия.
4. Агентная модель прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии.
5. Алгоритмы реализации агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии.
6. Структура информационного обеспечения и интерфейсы информационного обмена между программными компонентами блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства.
7. Программная реализация прототипа блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства, включая реализацию представленных ранее моделей и алгоритмов.

Соответствие паспорту специальности. Проблематика, рассмотренная в диссертации, соответствует п. 15 «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения» паспорта специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Публикации. По теме исследования опубликовано 10 научных работ; в том числе 1 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложений. Работа изложена на 148 страницах машинописного текста, включающего 34 рисунка, 1 таблицу, список литературы из 154 наименований, 6 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулированы ее цель и задачи, научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе «Анализ методов планирования и прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующих предприятиях»** проведен обзор средств автоматизации задач управления кадрами в существующих АСУП. На рынке представлены автоматизированные системы управления персоналом различной функциональной направленности: многофункциональные экспертные системы, позволяющие проводить профориентацию, отбор, аттестацию сотрудников предприятия; экспертные системы для выявления тенденций развития подразделений и организации в целом; программы расчета зарплаты; комплексные системы управления персоналом, позволяющие формировать и вести штатное расписание, хранить полную информацию о сотрудниках, рассчитывать зарплату.

Любая подсистема управления кадрами реализует общие функции управления, одной из важнейших является планирование, то есть определение потребности в кадрах в соответствии с намеченными темпами развития производства. Задача прогнозирования обеспеченности производственного процесса требуемыми кадрами не решается в существующих АСУ, поскольку большинство городов располагают свободным рынком рабочей силы, и является специфической задачей управления персоналом на градообразующих предприятиях в моногородах. Под градообразующим предприятием понимают производственное предприятие, на котором занята основная часть работающих трудоспособных граждан города, в связи с чем оно определяющим образом влияет на занятость населения, воздействует на инфраструктуру и социальные проблемы.

Актуальной задачей является расширение функционала АСУ градообразующего предприятия с целью обеспечения руководства сведениями о рынке трудовых ресурсов моногорода и возможных направлениях его динамики. Для решения поставленной задачи предлагается включение в подсистему планирования АСУ блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства (рисунок 1). Планирование кадрового обеспечения осуществляется в рамках технико-экономического планирования производства на основе потребности в кадрах, определяемой из производственной программы предприятия с учетом трудовых нормативов, заданных в процессе технологической подготовки производства (технологическая документация), и информации об имеющихся на предприятии трудовых ресурсах (база данных сотрудников предприятия). Подсистема «Кадры» гарантирует обеспеченность трудовыми ресурсами на уровне управления снабжением и производством.

Блок поддержки принятия решений посредством человеко-машинных процедур должен обеспечивать решение следующих задач: информационная поддержка принимаемых решений; вычислительная поддержка (моделирование) принимаемых решений; динамический анализ возможных последствий принимаемых решений; оценивание и выбор лучших сценариев и решений; сбор данных о результатах реализации принимаемых решений и их оценка.

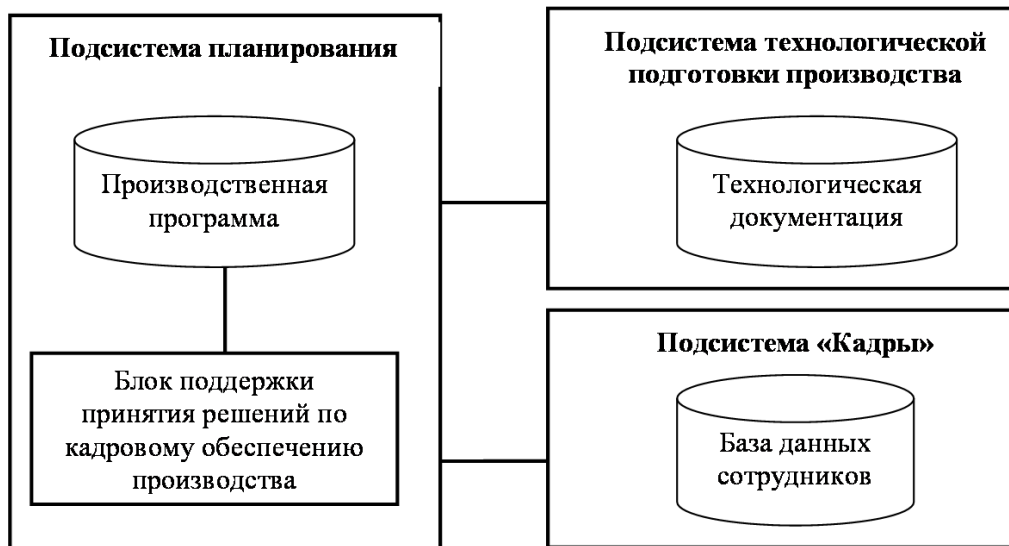


Рисунок 1 – Место блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства в АСУ градообразующим предприятием

Эффективность блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства во многом определяется адекватностью модели прогнозирования динамики кадрового потенциала. На сегодняшний день для прогнозирования наиболее широко применяются эконометрические модели, однако присущие им недостатки (высокая степень агрегированности, жесткая детерминированность начальных условий, отсутствие учета субъективных факторов) определяют необходимость разработки поведенческой модели рынка трудовых ресурсов, учитывающей нестабильность внешней среды и иррациональность поведения человека. В качестве базового был выбран агентный подход, позволяющий прогнозировать динамику сложных систем путем моделирования поведения и взаимодействия отдельных объектов (агентов).

Агентная модель прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии состоит из двух основных элементов: агентов, представляющих жителей моногорода, и среды, содержащий информацию о наиболее значимых социальных институтах: домохозяйствах, рабочих местах и образовательных учреждениях. Для корректного отображения поведения агента необходимо: присвоить ему набор биологических и социальных характеристик; выработать правила построения им оценок уровня жизни при различных вариантах трудоустройства в моногороде и за его пределами и составить алгоритмы свершения событий, изменяющих характеристики конкретного агента. При моделировании среды агентной модели требуется: присвоить среде набор социальных и экономических характеристик и составить алгоритмы свершения событий, изменяющих характеристики среды.

Во второй главе «Моделирование средств и процессов прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии» разработана функциональная модель блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства на градообразующем предприятии. На вход блока поступает информация о потребности в трудовых ресурсах для реализации производственной программы и об имеющихся на предприятии кадрах, а также данные о рынке трудовых ресурсов моногорода (рисунок 2).

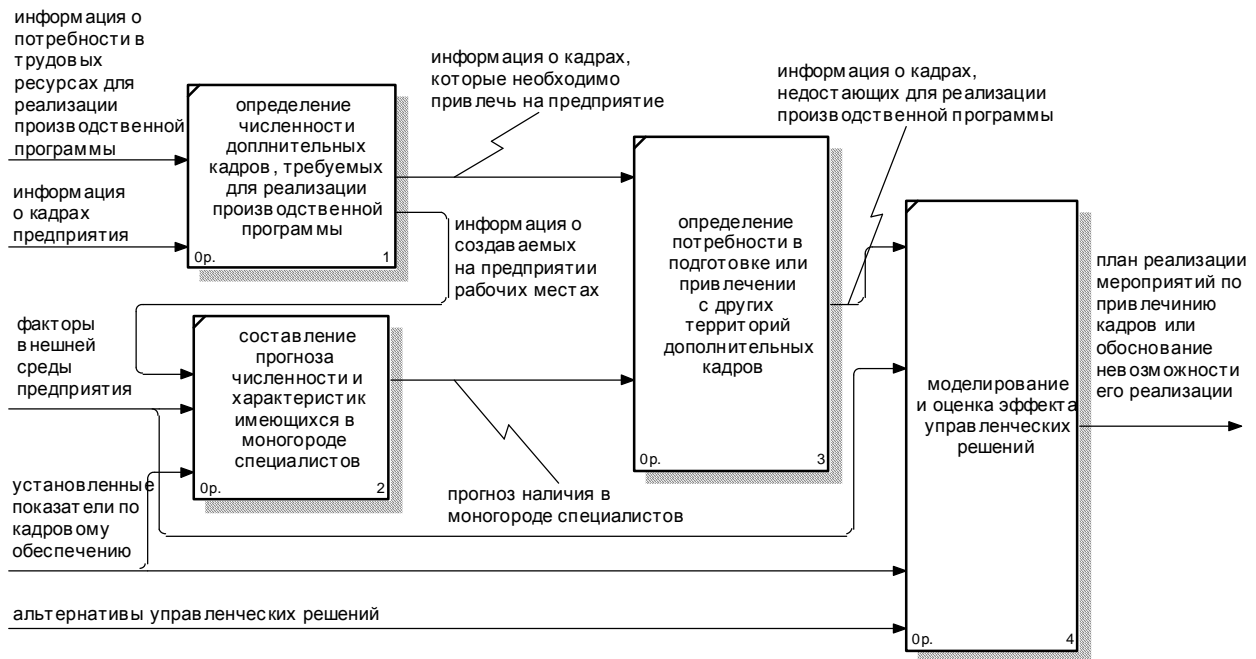


Рисунок 2 – Функциональная модель блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства в АСУ градообразующим предприятием

Введем обозначения: i – шифр должности в соответствии с Общероссийским классификатором профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов (ОКПДТР); j – шифр специальности в соответствии с Общероссийским классификатором специальностей по образованию (ОКСО); v – возрастная группа, к которой относится сотрудник предприятия (20-25 лет, 25-30 лет, и т. д. до 60 лет, всего 8 групп); t – год от начала выполнения заданной производственной программы, $t=1,2,\dots,T$; T – количество лет, на которое рассчитана производственная программа.

Расчетные данные для составления планов и прогнозов кадрового обеспечения производства содержатся в двумерных числовых массивах (матрицах). Матрицы планов и прогнозов кадрового обеспечения производства задаются следующим образом:

- $K1[i,t]$ – матрица кадрового обеспечения производственной программы, показывает количество сотрудников i -й квалификации, необходимых для производства запланированного объема продукции в t -й интервал времени, в единицах трудовых ресурсов (человек);

- $K2[i,v]$ – матрица кадрового обеспечения предприятия, показывает текущее распределение сотрудников предприятия i -й квалификации по возрастным группам, в единицах трудовых ресурсов (человек);

- $K3[i,t]$ – матрица дополнительного кадрового обеспечения производственной программы, показывает количество сотрудников i -й квалификации, которых необходимо привлечь на предприятие для производства запланированного объема продукции в t -й интервал времени, в единицах трудовых ресурсов (человек);

- $K4[i,t]$ – матрица новых рабочих мест на градообразующем предприятии, показывает количество новых рабочих мест i -й квалификации, которые создаются на предприятии в t -й интервал времени, в единицах рабочих мест (ставок);

– $K5[i, t]$ – матрица прогноза динамики рынка труда в моногороде, показывает количество незанятых специалистов i -й квалификации, проживающих в моногороде в t -й интервал времени, в единицах трудовых ресурсов (человек);

– $K6[i, t]$ – матрица недостающих кадров, показывает количество сотрудников i -й квалификации, которых не хватает для реализации производственной программы в t -й интервал времени, в единицах трудовых ресурсов (человек);

– $K7[i, j]$ – матрица соответствия профессий и специальностей, содержит единицу на пересечении i -й строки и j -го столбца, если рабочий, имеющий j -ю специальность, подходит для выполнения работ i -й квалификации, и ноль в противном случае;

– $K8 [i]$ – матрица нормативов оплаты труда, содержит информацию о минимальной ставке оплаты сотрудников i -й квалификации, установленной законодательством, в рублях.

В первом блоке функциональной модели производится расчет численности кадров определенной квалификации, которые необходимо привлечь на предприятие для реализации производственной программы с учетом уже имеющихся на предприятии кадров и динамики их выбытия из производственного процесса:

$$K3[i, t] = K1[i, t] - \sum_{v=1}^{k1} K2[i, v] \quad (1)$$

где $k1$ – номер возрастной группы, такой, что специалисты всех последующих возрастных групп выйдут из производственного процесса на предприятии к t -му году.

Расчет количества вновь создаваемых рабочих мест производится следующим образом:

$$K4[i, t] = K3[i, t] - K3[i, t-1]. \quad (2)$$

В рамках второго блока на основе агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства составляется прогноз динамики численности имеющих в моногороде специалистов различной квалификации. На вход блока поступают данные о рынке труда моногорода, образующие информационное наполнение агентной модели. Матрица $K5$, являющаяся выходом второго блока, строится на основании прогноза динамики численности специалистов определенной квалификации в моногороде.

В третьем блоке осуществляется сопоставление требуемых для работы предприятия кадров с имеющимися в моногороде, и определяется численность и квалификация недостающих кадров:

$$K6[i, t] = K3[i, t] - K5[i, t]. \quad (3)$$

Наличие в матрице $K6$ положительных элементов свидетельствует о недостатке специалистов с необходимой квалификацией на рынке труда в моногороде и необходимости осуществления мер по их привлечению.

В четвертом блоке производится оценка эффекта управленческих решений по привлечению специалистов на предприятие на основе многовариантных сценарных расчетов на агентной модели, проводимых с учетом влияния управляемых и неуправляемых факторов. К управляемым факторам относится варьирование величины заработной платы сотрудников и реализация программ обеспечения их жильем, а

также формирование образовательных заказов на определенные группы специальностей. Неуправляемые факторы связаны с изменением демографической и миграционной ситуации в моногороде. На вход блока поступает информация о недостающих кадрах (матрица $K6$), матрица соответствия профессий и специальностей ($K7$), установленные законодательством нормативы оплаты труда (матрица $K8$), а также альтернативы управленческих решений и параметры сценариев. Выходом блока являются следующие информационные массивы:

- $P1[i]$ – матрица уточненных нормативов оплаты труда, содержит информацию о средней ставке оплаты сотрудников i -й квалификации, установленной на основе проведения сценарных расчетов, в рублях;

- $P2[j,t]$ – план заказа образовательных мест, показывает количество образовательных мест на специальность j , которые необходимо заказать в t -й интервал времени, в единицах образовательных мест;

- $P3[j,t]$ – план предоставления жилья специалистам, показывает количество кадров j -й специальности, для привлечения которых на предприятие в t -й интервал времени необходимо предоставить им жилье или соответствующую добавку к заработной плате, в единицах трудовых ресурсов (человек).

Для формализации параметров уровня жизни был использован аппарат нечеткой логики, позволяющий получать оценки на основе неточной информации.

Пусть уровень жизни индивида оценивается набором параметров P_1, P_2, \dots, P_n , где n – число оцениваемых параметров уровня жизни. Для каждого параметра зададим нечеткое множество «приемлемое значение», к которому конкретное значение параметра P_i принадлежит со степенью принадлежности m_i . Тогда оценка уровня жизни j -го индивида задается вектором $\{m_i(x_{ij})\}$, где x_{ij} – значение i -го параметра для j -го жителя; $m_i(x_{ij})$ – степень принадлежности значения параметра x_{ij} множеству «приемлемое значение» параметра P_i . Степень принадлежности интегральной оценки уровня жизни m_{oj} j -го индивида множеству «приемлемый уровень жизни» определяется следующим образом:

$$m_{oj} = \min_{i=1}^n [m_i(x_{ij})]. \quad (4)$$

Рассмотрим оценки параметров уровня жизни жителя моногорода, на которые оказывают воздействие мероприятия по привлечению кадров на градообразующее предприятие. Представим оценку величины заработной платы на рабочем месте в виде набора нечетких множеств: $A1$ – множество «неприемлемый уровень заработной платы»; $A2$ – множество «условно-приемлемый уровень заработной платы»; $A3$ – множество «приемлемый уровень заработной платы». Функция принадлежности $m_{A3}(x)$ величины заработной платы x множеству «приемлемый уровень заработной платы» задается следующим образом:

$$m_{A3}(x) = \begin{cases} w \cdot \left(\frac{x - pm}{pr - pm} \right), & x < pr \\ 1, & x \geq pr \end{cases} \quad (5)$$

$$w = \begin{cases} 0, & x < pm \\ 1, & pm \leq x \leq pr \end{cases} \quad (6)$$

где x – величина заработной платы,

pm – величина прожиточного минимума на данной территории,

pr – величина заработной платы, которую работник считает приемлемой,

w – коэффициент.

Оценка границы приемлемого уровня заработной платы pr строится для группы индивидов с определенной квалификацией – однородного кластера, принципы построения которого рассматриваются в четвертой главе. Оценка pr рассчитывается следующим образом:

$$pr = \frac{\sum_{j=1}^m pr_j}{m}, \quad (7)$$

где j – номер индивида, принадлежащего кластеру, в статистической выборке;

m – объем выборки из кластера;

pr_j – граница приемлемого уровня заработной платы по оценке j -го индивида.

Формализация агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии выполнена в терминах теории систем. Динамическая система «Агентная модель прогнозирования кадрового обеспечения производства» может быть представлена в виде множества:

$$S = \{Ob, Op, Ot, t\}, \quad (8)$$

где Ob – множество объектов в системе M ;

Op – множество допустимых операций над объектами;

Ot – множество отношений между объектами;

t – такт модельного времени.

Основными объектами системы «Агентная модель прогнозирования кадрового обеспечения производства» являются агенты и среда:

$$Ob = \{A, Sr\}, \quad (9)$$

где A – множество, описывающее отдельного агента;

Sr – множество объектов, представляющих среду агентной модели.

Описание агента включает множество его характеристик:

$$A = \{id, H, O\}, \quad (10)$$

где id – уникальный идентификатор агента,

H – множество объективных характеристик агента,

O – множество субъективных оценок агента.

Оценки агента формируются динамически как нечеткие переменные на основе сочетания объективных характеристик агента и среды в t -й момент времени. Среда агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства включает множество объектов Sr :

$$Sr = \{D, Z, Rm, Om\}, \quad (11)$$

где D – множество характеристик домохозяйства,

Z – множество характеристик жилого помещения,

Rm – множество характеристик рабочего места,

Om – множество характеристик образовательного места.

Множество отношений характеризует структуру системы «Агентная модель прогнозирования кадрового обеспечения производства» через связи объектов-агентов с объектами среды:

$$Ot = \{ \text{стоит} (A, D); \\ \text{работает} (A, Rm); \\ \text{учится} (A, Om); \\ \text{проживает} (D, Z); \\ \text{предоставляется} (Rm, Z); \}, \quad (12)$$

Множество операций, совершаемых над объектами, определяет динамический аспект функционирования системы. В агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства операциями являются события, изменяющие характеристики объектов. В каждый такт модельного времени реализуется набор событий, в результате чего изменяются характеристики отдельных агентов и составляющих среды, то есть система S переходит в новое состояние:

$$S_1 \xrightarrow{ev} S_2, \quad (13)$$

где S_1 – исходное состояние системы S в t -й момент времени;

ev – набор событий, происходящих в t -й момент времени;

S_2 – состояние системы S в $(t+1)$ -й момент времени.

В третьей главе «Разработка алгоритмов реализации моделей прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии» предложен алгоритм разбиения специалистов на группы, однородные с точки зрения показателей квалификации и нормативов оплаты труда. Группы строятся с учетом требований Общероссийского классификатора специальностей по образованию (ОКСО) и принятому в промышленности разбиению специалистов предприятия на возрастные диапазоны. Специалисты разбиваются на кластеры на основе следующих классификационных признаков:

- образование (специалист с высшим образованием; специалист со средним образованием (базовый уровень подготовки); специалист со средним образованием (повышенный уровень подготовки));
- возраст (до 25 лет, от 25 до 40 лет, от 40 до 60 лет, от 60 лет);
- пол (мужской или женский);
- социальный статус (учащийся, работающий, пенсионер).

Не для всех возрастных групп сочетания других признаков являются значимыми. Так, учащиеся и пенсионеры не являются активными субъектами рынка труда, и, следовательно, образуют единые кластеры. Атрибут «Пол» имеет значение для лиц репродуктивного возраста (до 40 лет), так как рождение и воспитание детей накладывает на женщин ограничения в отношении трудоустройства и участия в миграционных процессах. С учетом перечисленных соображений группировка жителей сводится к четырнадцати кластерам. Алгоритм кластеризации жителей включает следующие шаги:

1. Определить возрастную группу жителя. Если возраст агента укладывается в диапазон:
 - 1.1. до 25 лет включительно, то:
 - 1.1.1. если агент является учащимся, то отнести агента к кластеру №1;
 - 1.1.2. иначе выполнить шаг 2;
 - 1.2. от 26 до 40 лет включительно, то выполнить шаг 2;

- 1.3. от 41 до 60 лет, то выполнить шаг 5;
- 1.4. старше 60 лет, то:
 - 1.4.1. если житель работает, то выполнить шаг 5;
 - 1.4.2. иначе отнести жителя к кластеру №14.
2. .Определить пол жителя.
 - 2.1.если житель мужского пола, то выполнить шаг 3;
 - 2.2.иначе выполнить шаг 4.
3. Определить квалификацию жителя (трудящийся, до 40 лет, пол мужской).
 - 3.1.если укрупненная группа специальностей жителя соответствует специфике предприятия, то:
 - 3.1.1. если у жителя высшее образование, то отнести его к кластеру №2;
 - 3.1.2. если у жителя среднее образование и базовый уровень квалификации, то отнести его к кластеру №3;
 - 3.1.3. если у жителя среднее образование и повышенный уровень квалификации, то отнести его к кластеру №4;
 - 3.2.иначе отнести жителя к кластеру №5

Аналогично трудящиеся возрастом до 40 лет, пол женский разбиваются на кластеры № 6-9; трудящиеся, старше 40 лет - на кластеры № 10-13.

Структура информационного обеспечения агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства основана на ее формализованной модели в терминах теории систем (рисунок 3). Объекты представлены в виде сущностей инфологической модели: «Агент», «Домохозяйство», «Жилое помещение», «Должность», «Рабочее место», «План создания рабочих мест», «Образовательное место». Атрибуты сущностей соответствуют характеристикам объектов. Отношения между объектами представлены на инфологической модели стрелками и соответствуют связям между сущностями. Инфологическая модель составляет основу концептуальной схемы базы данных агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства.

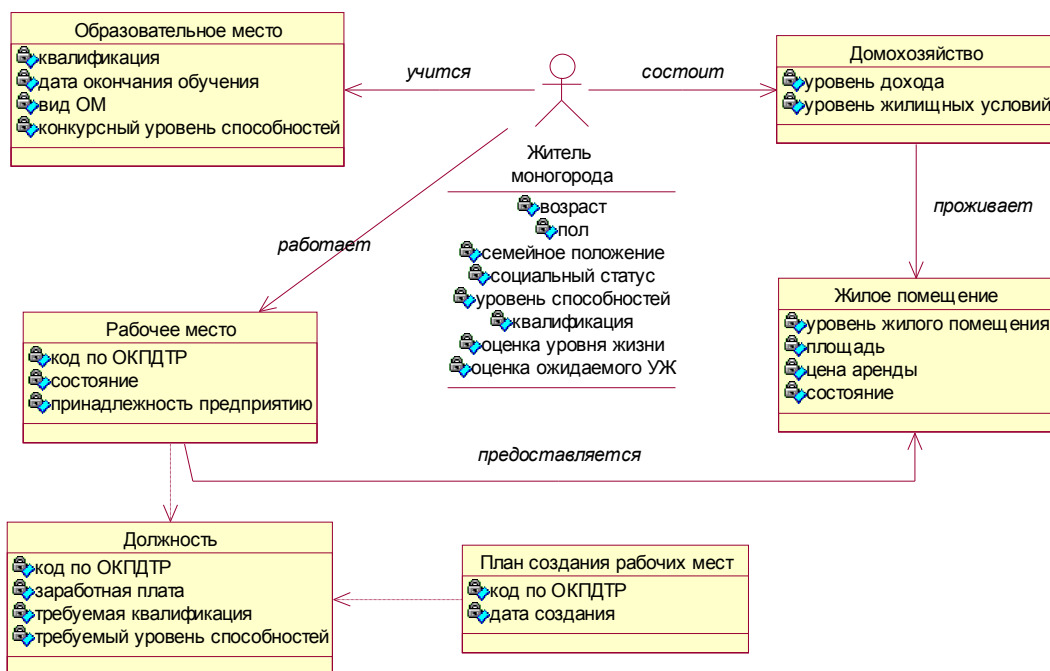


Рисунок 3 – Инфологическая модель кадрового обеспечения градообразующего предприятия

Динамика функционирования агентной модели реализуется через операции, изменяющие состояние объектов. Операции реализуются в виде алгоритмов событийной модели, общая схема которой приведена на рисунке 4.

Событийная модель складывается из четырех взаимосвязанных блоков:

1) Блок «Демография» включает события: *Взросление*; *Достижение пенсионного возраста*; *Вступление в брак*; *Рождение ребенка*; *Уход в декрет*; *Выход из декрета*; *Развод*; *Выход на пенсию*; *Смерть*.

2) Блок «Образование и трудоустройство», в который входят события: *Поступление в ОУ*; *Окончание ОУ*; *Мобилизация на военную службу*; *Демобилизация*; *Трудоустройство*; *Создание новых рабочих мест*.

3) Блок «Рынок жилья», состоит из событий *Аренда жилья*, моделирующего поиск жилого помещения домохозяйством, не имеющим собственной жилой площади, и *Закрепление жилого помещения за домохозяйством*, в котором воспроизводится перераспределение жилых помещений в результате изменения состава домохозяйств, обусловленного событиями *Вступление в брак*, *Развод*, *Смерть* из блока «Демография»

4) Блок «Принятие решения», в рамках которого происходит пересчет оценок уровня жизни в моногороде и ожидаемого уровня жизни в большом городе с учетом ограничивающих факторов под влиянием событий из блоков «Демография», «Рынок жилья» и «Образование и трудоустройство».

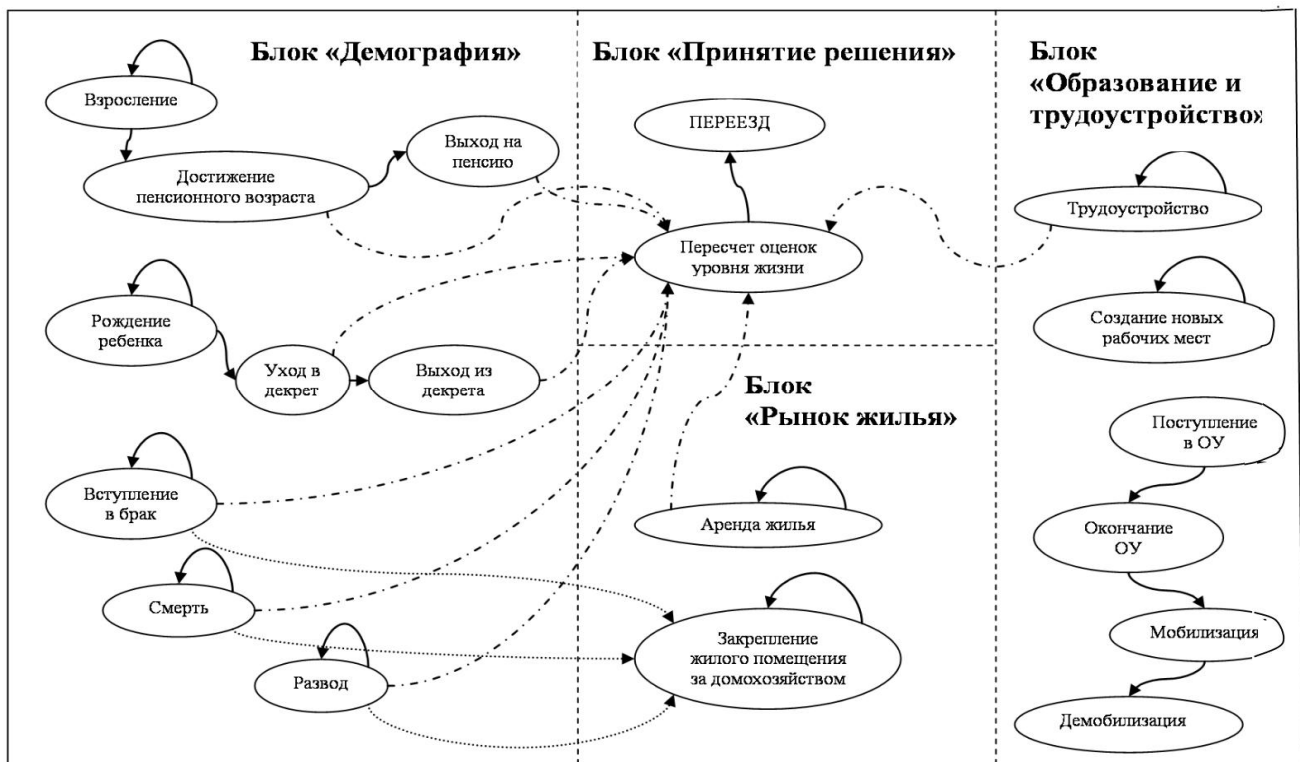


Рисунок 4 - Граф-схема агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии

Алгоритмическая реализация каждой секции связана с обращениями к сущностям базы данных, содержащей сведения об объектах и отношениях. Алгоритм событийной секции *Трудоустройство* представлен на рисунке 5.

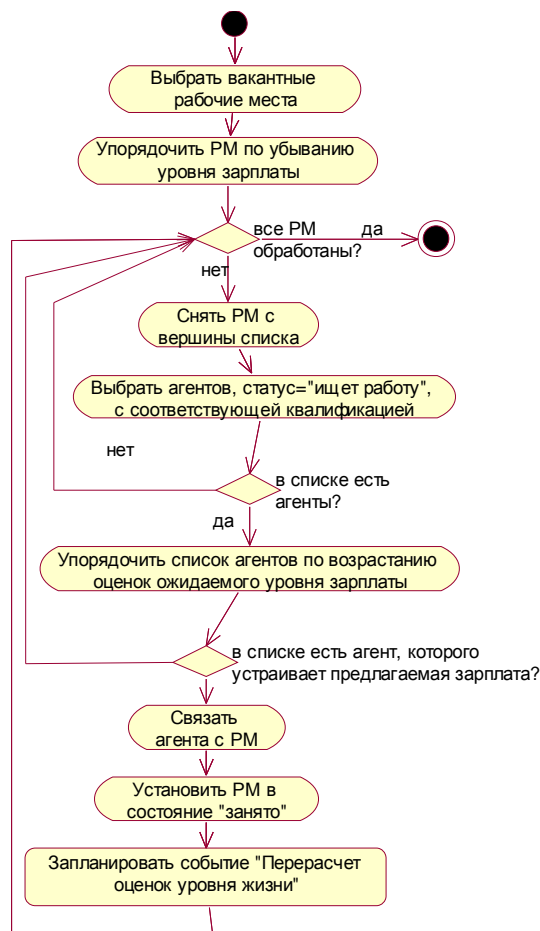


Рисунок 5 – Алгоритм событийной секции «Трудоустройство»

В четвертой главе «Программная реализация моделей и алгоритмов прогнозирования процессов кадрового обеспечения производства в блоке поддержки принятия решений» определены группы пользователей блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства; сформированы функциональные требования к нему; разработана структура информационного обеспечения и интерфейсы взаимодействия программных модулей. Пользователи блока поддержки принятия решений группируются в следующие роли: пользователь (руководители и сотрудники отдела планирования); администратор данных (сотрудники отдела планирования и отдела кадров); администратор программного обеспечения (программисты). Функциональные требования к блоку поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства на градообразующем предприятии разделяются на следующие группы:

1. формирование программы мероприятий по планированию кадрового обеспечения производства;
 - 1.1. ввод управленческих решений;
 - 1.2. задание параметров сценариев;
 - 1.3. проведение расчетов на агентной модели;
 - 1.4. обработка и вывод результатов.
2. информационное наполнение базы данных блока поддержки принятия решений;
3. поддержка актуальности базы данных блока поддержки принятия решений;

4. контроль за функционированием блока поддержки принятия решений.

Программная архитектура блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства на градообразующем предприятии включает следующие компоненты (рисунок 6):

- Excel-приложение, в котором осуществляется расчет матриц кадрового обеспечения производства и отображение результатов моделирования;
- агентную модель прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии, реализованную в среде Delphi 7.0;
- базу данных агентной модели, поддерживаемую СУБД Interbase.

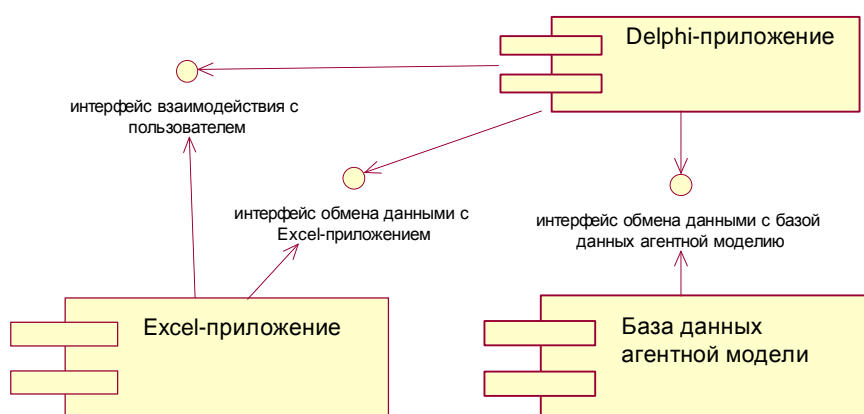


Рисунок 6 – Программная архитектура блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства

Взаимодействие Delphi-приложения с базой данных агентной модели осуществляется через интерфейс BDE-компонент, с Excel-приложением – через интерфейс OLE-компонент.

В процессе тестирования блока поддержки принятия решений была проведена оценка адекватности агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии с использованием следующих приёмов:

- валидация данных по наступлению событий в модели;
- фиксирование значений для некоторых входных параметров с последующим сравнением выходных результатов с заранее известными данными;
- вариация значений входных и внутренних параметров модели с последующим сравнительным анализом поведения исследуемой системы;
- реализация повторных прогонов модели с неизменными значениями всех входных параметров и проверка нормальности распределения полученных в результате моделирования значений с помощью критерия Пирсона.
- проведение эксперимента на ретроспективных данных и проверка согласованности данных моделирования с реально зафиксированными значениями численности кластеров на определенный момент.

Прототип блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства был внедрен на градообразующих предприятиях ОАО «Карачевский завод «Электродеталь», ЗАО «Карачевмолпром» в городе Карачев Брянской области и ОАО «ГМС Насосы» в городе Ливны Орловской области. Пример экранной фор-

мы, иллюстрирующий интерфейс взаимодействия пользователя с блоком поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства при проведении сценарных расчетов приведен на рисунке 7. При проведении расчетов рассматривалась потребность в кадрах ОАО «Электродеталь» в двух случаях: при сохранении текущих объемов выпуска и при реализации государственной инвестиционной программы модернизации предприятия. Данные сценарных расчетов потребности в кадрах производственного процесса на ОАО «Электродеталь» показали, что при сохранении текущих тенденций динамики экономической, миграционной и демографической ситуации в городе Карачев предприятие будет испытывать недостаток в кадрах укрупненной группы специальностей 18 «Электротехника», а также квалифицированных рабочих моложе 60 лет.

Внедрение разработанных автоматизированных средств прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующих предприятиях позволило:

1. Повысить эффективность использования оборудования в среднем на 8% за счет оптимальной организации имеющихся на предприятии трудовых ресурсов (данные ОАО «Карачевский завод «Электродеталь»).

2. Повысить эффективность организации труда на предприятии за счет эффективного планирования потребности в рабочей силе в среднем на 11% по сравнению с тем же периодом прошлого года (данные ЗАО «Карачевмолпром»).

3. Сократить в 1,5-2 время, необходимое для составления прогноза кадрового обеспечения производства при реализации мероприятий по привлечению к работе на предприятии квалифицированных специалистов за счет автоматизации проведения сценарных расчетов (данные ОАО «ГМС Насосы»).

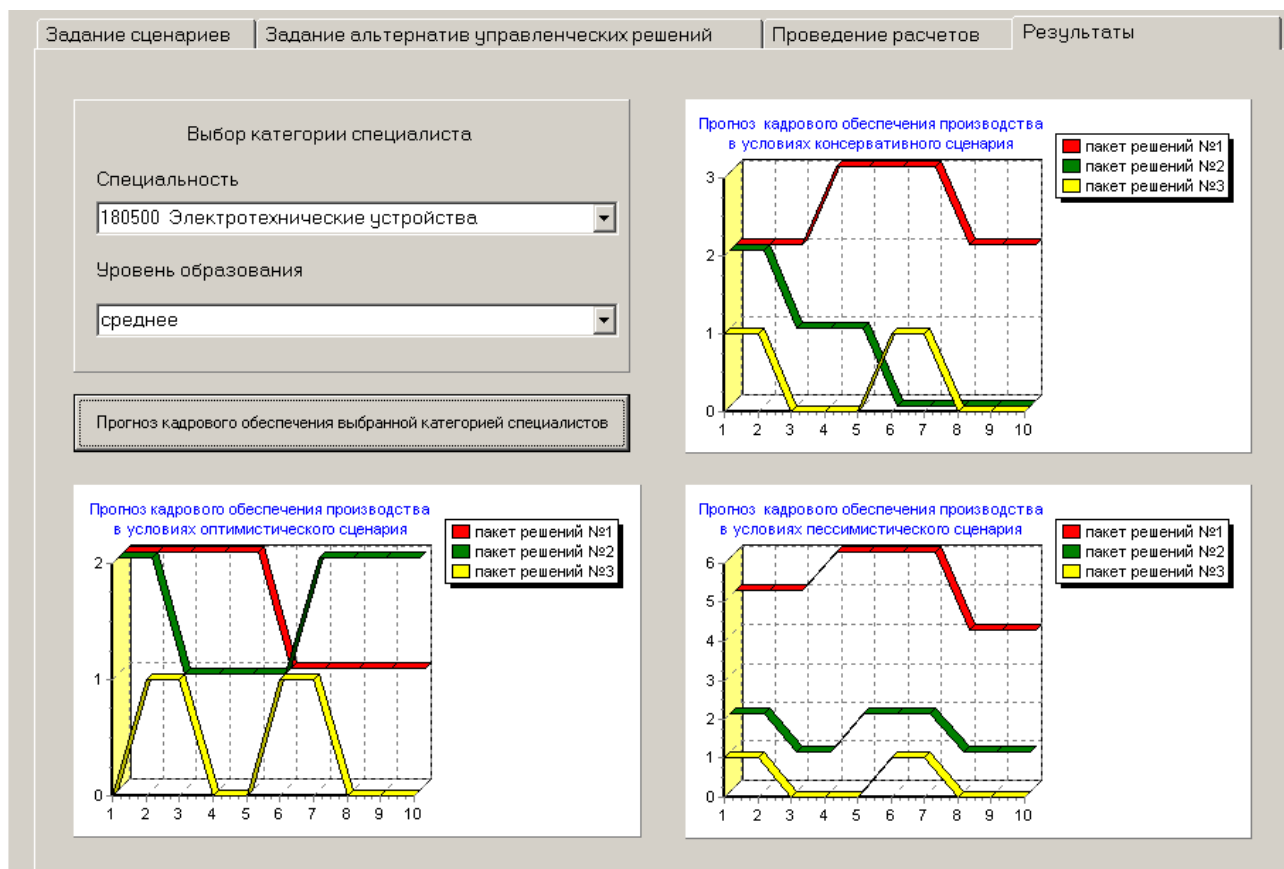


Рисунок 7 – Экранная форма блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства

4. Существенно повысить степень обоснованности управленческих решений по вопросам планирования и прогнозирования кадрового обеспечения производства в условиях изменения объема выпуска и ассортимента выпускаемой продукции.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В работе решена актуальная научно-техническая задача разработки моделей, алгоритмов и автоматизированных средств поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства в АСУ градообразующим предприятием. В ходе решения поставленной задачи были получены следующие результаты:

1. Проведен обзор средств автоматизации задач управления кадрами в представленных на рынке АСУП, исследована специфика задач управления кадрами на градообразующих предприятиях, которая заключается в необходимости построения прогнозов кадрового обеспечения производства, вызванной слабым развитием рынка трудовых ресурсов в моногородах.

2. Обоснована необходимость разработки блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства на градообразующем предприятии, определено его место в автоматизированной системе управления градообразующим предприятием и структура информационного обмена с подсистемами кадров, планирования и технологической подготовки производства.

3. Разработана функциональная модель блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства на градообразующем предприятии, определена структура входящих, исходящих и внутренних информационных потоков в виде двумерных матриц.

4. Предложена математическая модель оценки уровня жизни специалистов на основе аппарата нечеткой логики, позволяющая оценить степень удовлетворенности специалистов определенной категории предлагаемым на градообразующем предприятии уровнем заработной платы. Разработан алгоритм разбиения жителей моногорода на кластеры, однородные с точки зрения показателей трудоустройства, выделен ряд группообразующих характеристик. В пределах кластера рассчитываются оценки приемлемого уровня заработной платы и ожидаемого уровня заработной платы в другом городе.

5. Проведен сравнительный анализ подходов к решению задачи прогнозирования кадрового обеспечения производства и в качестве базового выбран агентный подход, позволяющий учесть влияние субъективных факторов на динамику рынка труда в моногороде и оценить заинтересованность специалистов в работе на градообразующем предприятии. Предложен способ математической формализации составляющих агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии в виде динамической системы, включающей множество объектов, отношений и операций над ними. Предложена структура инфологической модели, отражающая состояние системы «Агентная модель прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии» в заданный момент времени.

6. Разработана событийная структура агентной модели прогнозирования кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии, состоящая из блоков «Демография», «Образование и трудоустройство», «Рынок жилья», «Принятие решения»; определены логические и временные взаимосвязи между событиями различных блоков и созданы алгоритмы событийных секций, отражающие динамику изменения объектов системы и отношений между ними.

7. Разработана программная архитектура блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства на градообразующем предприятии, структура информационного обеспечения и интерфейсы взаимодействия программных модулей и компонент информационного обеспечения; определены группы пользователей; сформированы функциональные требования; выбраны программные средства для реализации различных модулей.

8. Проведена оценка адекватности разработанных средств прогнозирования процессов кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии; установлена удовлетворительная точность и адекватность модели исследуемым процессам кадрового воспроизводства.

9. Программно реализованный прототип блока поддержки принятия решений по кадровому обеспечению производства внедрен на ряде градообразующих предприятий. Использование блока поддержки принятия решений в процессе планирования и прогнозирования кадрового воспроизводства предприятия позволило повысить эффективность использования оборудования в среднем на 8% (на ОАО «Карачевский завод «Электродеталь»), повысить эффективность организации труда на 11% (на ЗАО «Карачевмолпром»), сократить в 1,5-2 время, необходимое для составления прогноза кадрового обеспечения производства (на ОАО «ГМС Насосы»).

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России

1. **Савина, А.Л.** Метод синхронного планирования и оптимизации в производственных системах [Текст] / А.Л. Савина, М.Н. Малахов // Информационные системы и технологии. – 2007. – № 4. – С. 84-86.

2. **Савина, А.Л.** Математическая модель принятия решений агентами в имитационной модели миграционных потоков [Текст] / А.Л.Савина // Информационные системы и технологии. – 2011. – № 6. – С. 66-72.

3. **Савина, А.Л.** Построение агентной модели прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия [Текст] / А.Л. Савина // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2.– С.26-33.

4. **Савина, А.Л.** Информационное обеспечение модели прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия [Текст] / А.Л.Савина // Информационные системы и технологии. – 2012. – № 2.– С. 48-55.

5. **Савина, А.Л.** Разработка автоматизированных средств прогнозирования процессов кадрового обеспечения производства на градообразующем предприятии [Текст] / И.С Константинов, А.Л.Савина // Информационные системы и технологии. – 2012. – № 3.– С.32-38.

**Публикации в рецензируемых журналах и сборниках
международных и всероссийских конференций**

6. **Савина, А.Л.** Имитационная модель процессов управления промышленным предприятием [Текст] / А.Л. Савина, В.Н. Волков // Имитационное моделирование. Теория и практика: Материалы Второй всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. – Т.1. – С-Пб: ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2005.– С. 59-63.

7. **Савина, А.Л.** Математические аспекты построения агентной модели миграционных потоков (статья) [Текст] / А.Л.Савина // Имитационное моделирование. Теория и практика: Материалы Пятой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. – Т.1. – С-Пб.: ОАО «ЦТСС», 2011. – 443 с. – С.255-259.

8. **Савина, А.Л.** Алгоритмические аспекты построения агентной модели миграционных потоков (статья) [Текст] / А.Л.Савина, О.А. Савина // Имитационное моделирование. Теория и практика: Материалы Пятой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. – Т.1.– С-Пб.: ОАО «ЦТСС», 2011. – 443 с. – С.260-264.

9. **Савина, А.Л.** Структурно-инфологический анализ факторов, влияющих на трудовые миграционные потоки (статья) [Текст] / А.Л.Савина //Материалы 9-й международной конференции "Государственное управление в XXI веке: традиции и инновации". – 2011. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – С. 106 - 113.

10. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2012611619 «Агентная модель прогнозирования миграционной ситуации в малом городе» / А.Л. Савина.– Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 13 февраля 2012г.

ЛР ИД №0067 от 05.01.2000 г.

Подписано к печати 24.04.2012 г. Формат 69×84/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 151

Полиграфический отдел ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

302030, г. Орел, ул. Московская, 65