

На правах рукописи



Татьянкин Виталий Михайлович

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И
АЛГОРИТМОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ КАДРАМИ**

Специальность 05.13.18 – Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Тюмень – 2015

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Югорский государственный университет».

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент,
Карминская Татьяна Дмитриевна

Официальные оппоненты:

Головко Владимир Адамович, доктор технических наук, профессор, «Брестский государственный технический университет», заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий

Родионов Евгений Дмитриевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет», профессор кафедры математического анализа

Ведущая организация:

«Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий», г. Ханты-Мансийск.

Защита диссертации состоится _____ декабря 2015 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д. 212.274.14 при ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет» по адресу 625003, г. Тюмень, ул. Перекопская, 15А, ауд. 410.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет» <http://d21227414.utmn.ru/alltransdef>.

Автореферат разослан «15» октября 2015 г.

Учёный секретарь



Е.А. Оленников

Общая характеристика работы.

Решение задач разработки и внедрения экспертно-аналитических систем прогнозирования кадровых потребностей является одной из основных в стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. Решение этих задач определяет динамику и возможность развития основных и инновационных производств, диверсификацию структуры экономики региона. Оптимизация структуры рынка труда требует построения системы управления профессиональной подготовки кадров, обеспечивающей воспроизводство трудовых ресурсов, согласно требованиям региональной экономики. Это, в свою очередь, требует решения комплекса задач по разработке математической модели рынка труда и методик оптимального формирования заказа на подготовку кадров. Критериями оптимальности, в рамках стратегии социально-экономического развития, являются: обеспеченность стратегических отраслей экономики трудовыми ресурсами, эффективность использования бюджетных средств, соответствие динамики развития региональной системы профессионального образования потребностям экономики.

В настоящее время имеется следующий мировой опыт использования математических моделей для анализа развития рынка труда: модель межотраслевого баланса INFORGE¹ (Германия), модель состояния рынка труда MONASH и ORANI-ED² (Австралия и страны Азии), модель MDM – E3³ (Великобритания). Эти модели не учитывают региональную специфику, а прогнозирование кадровых потребностей региона определяется как доля от общей потребности в трудовых ресурсах⁴ по стране. Российская Федерация обладает высокой дифференциацией регионов по социально-экономическим параметрам, что обуславливает низкую эффективность использования вышеприведенных математических моделей.

В СССР использовалась модель межотраслевого баланса, разработанная В. В. Леонтьевым, применение которой в настоящее время малоэффективно для анализа рынка труда на региональном уровне в связи с изменением типа экономики, структуры системы профессионального образования, бюджетной политики.

Большой вклад в развитие моделирования отечественного рынка труда внесли работы таких авторов, как В. А. Гуртов⁵(ФГБОУ ВПО ПетрГУ), З. А.

¹Christian Lutz. Forecasting the Interindustry Development of the German Economy: The Model INFORGE [INterindustryFORecastingGERmany]. Ges.fürWirtschaftl. Strukturforchung (GWS), 2003.

²MaheshwarRao. ORANI-ED: A CGE model of the Australian economy for labour market forecasting and education and training sector policy analysis. A thesis submitted to Monash University in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.

³MDM-E3: UK Multisectoral Dynamic Model – E3 - URL: - <http://www.camecon.com/MacroSectoral/MacroSectoraluk/ModellingCapability/MDM-E3UKMultisectoralDynamicModel.aspx>. Датаобращения: 05.05.2014.

⁴Гуртов В. А. Модели среднесрочного прогнозирования спроса экономики на квалифицированные кадры / В. А. Гуртов, Кекконен А. Л// Кадровик. Рекрутинг для кадровика. – М., 2010. – №. 12 – С.58–66.

⁵Гуртов В. А. Математическая модель прогнозирования спроса и предложения на рынке труда в российских регионах / В. А. Гуртов, Е. А. Питухин // Обозрение прикладной и промышленной математики. – М., 2004. – Т. 11. – Вып. 3. – С.539–546.

Васильева⁶ (ФГБОУ ВПО КГТУ), И.В. Филимоненко⁶ (ФГБОУ ВПО КГТУ), Т. Д. Карминская⁷ (ФГБОУ ВПО ЮГУ), М.А. Макеева⁸ (ЮНИИ ИТ), Л.В. Родионова⁹ (ИЭОПП СО РАН), А.Г. Мокроносов¹⁰ (ФГБОУ ВПО РГПШУ).

Подходы перечисленных авторов позволяют определить кадровую потребность, учитывая следующие параметры: экономический рост, выход из samozанятости, выпуск из системы профессионального образования, миграция, естественное возрастное выбытие населения. В то же время мало исследовано влияние следующих факторов: увеличение числа работающих пенсионеров, академическая мобильность, нелинейное половозрастное распределение работающих, особые формы работы (вахтовый метод работ), хотя эти факторы имеют существенное значение при прогнозировании кадровой потребности. Так, например, в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре процент работающих специалистов в пенсионном возрасте достигает 50 %, при среднем по стране 25 %, а вахтовые рабочие составляют 10 % от занятого населения. В Ямало-Ненецком автономном округе почти полностью отсутствует подготовка по профессиям высшего профессионального образования. Ряд профессий имеет как мужскую направленность (программисты, монтажники и т. д.), так и женскую (медсестры, воспитатели и т. д.).

Кроме математического моделирования для определения кадровой потребности применяются эмпирические методы, основанные на анкетировании. Работы в этом направлении есть как у отечественных авторов (А. Г. Мокроносов, центр профессионального образования г. Самара), так и у зарубежных («барометр специальностей» применяется в Финляндии, Польше). Как показала практика, применение этого метода определения кадровой потребности малоэффективно в РФ, в силу отсутствия законодательных требований по предоставлению работодателями требуемой для прогнозирования информации.

Целью диссертационной работы является разработка математической модели и способов формирования оптимального с точки зрения экономики региона заказа на подготовку кадров для сети учреждений профессионального образования.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих **задач**:

1. разработка математической модели рынка труда, учитывающей региональные особенности;

⁶ Васильева З. А., Филимоненко И.В., Разнова Н.В. и др. Методические аспекты прогнозирования кадровой потребности региональной экономики: монография. – Красноярск: Крас. ИПЦ КГТУ, 2005. – 296с.

⁷ Карминская Т. Д., Алексеев В. И. Гибридная модель прогнозирования потребностей в квалифицированных кадрах для социально-экономических систем регионального уровня управления. Информационные системы и технологии. – Орёл, 2009. – Номер 2. – С. 3-11.

⁸ Макеева М.А. Моделирование и исследование динамики региональной сети учреждений профессионального образования: дис. канд. техн. наук: 05.13.18. – Ханты-Мансийск, 2011. – 179 л.

⁹ Родионова Л.В., Перекаренко Ю.А., Пономарев И.В., Родионов Е.Д. Региональный рынок труда: анализ, моделирование, прогноз // Вестник Алтайской науки. - 2014. - № 1. - С. 57-65.

¹⁰ Мокроносов А.Г. М.Э. Матафонов, Е.И. Чучкалов, Д.М. Прудников, Л.А. Скороходов. Прогнозирование потребности региональной экономики в подготовке квалифицированных кадров [Текст]: моногр./ А.Г. Мокроносов [и др.]. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. 111 с.

2. разработка технологии прогнозирования численности занятых по видам экономической деятельности;

3. разработка технологии прогнозирования кадровой потребности региона, которую восполняют учреждения профессионального образования;

4. разработка технологии формирования оптимального с точки зрения экономики региона заказа на подготовку кадров для сети учреждений профессионального образования в рамках региональных ограничений;

5. разработка автоматизированного программного комплекса, обеспечивающего прогнозирование дополнительной кадровой потребности региона, рейтингование учреждений профессионального образования, оптимальное формирование заказа на подготовку кадров для учреждений профессионального образования.

Результаты, выносимые на защиту, соответствуют следующим трём пунктам паспорта специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ по техническим наукам.

Пункт 2: Разработка, исследование и обоснование математических объектов, перечисленных в формуле специальности.

1. Модифицированная математическая модель регионального рынка труда, учитывающая экономический рост, выпуск из системы профессионального образования, миграцию, увеличение числа работающих пенсионеров, академическую мобильность, нелинейное половозрастное распределение работающих, особые формы трудовой деятельности.

Пункт 5: Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

2. Численный метод решения задачи целочисленного, нелинейного программирования, позволяющий определить оптимальный с точки зрения регионального рынка труда заказ на подготовку специалистов.

Пункт 8: Разработка систем имитационного моделирования.

3. Новый программный комплекс прогнозирования кадровой потребности, позволяющий определить оптимальный с точки зрения экономики региона заказ на подготовку специалистов по сети учреждений профессионального образования с использованием новой математической модели регионального рынка труда.

Научная новизна работы по трём областям специальности 05.13.18 отражена в следующих результатах:

Математическое моделирование

- Модифицированная математическая модель регионального рынка труда, которая позволяет исследовать влияние на рынок труда ранее не рассматриваемых параметров: увеличение числа работающих пенсионеров, академическую мобильность, нелинейное половозрастное распределение работающих, особые формы трудовой деятельности (вахтовый метод работ).

Численные методы

- Разработан новый численный метод решения задачи целочисленного, нелинейного программирования с определёнными ограничениями и целевой функции.

Комплексы программ

- Программный комплекс включает в себя разработанные новые модели, технологии и алгоритмы обеспечения региональной экономики профессиональными кадрами, позволяет определить оптимальный с точки зрения экономики региона заказ на подготовку кадров для сети учреждений профессионального образования.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Научные положения диссертации соответствуют формуле специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Результаты проведённого исследования соответствуют областям исследования специальности, конкретно пунктам 2, 5 и 8 её паспорта.

Практическая ценность и реализация результатов работы

1. Новая модель регионального рынка труда, которая позволяет проводить исследование влияния на рынок труда следующих параметров: увеличение числа работающих пенсионеров, академическую мобильность, нелинейное половозрастное распределение работающих, особые формы трудовой деятельности (вахтовый метод работ), что позволяет повысить эффективность прогнозирования кадровой потребности региона.

2. Разработанный алгоритм формирования контрольных цифр приёма для региональных учреждений профессионального образования позволяет сформировать оптимальный с точки зрения развития экономики субъекта РФ региональный заказ на подготовку кадров. Региональный заказ формируется с учётом влияния следующих параметров: количество абитуриентов в регионе, бюджет на подготовку специалистов, стоимость обучения, рейтинг специальностей, движение контингента студентов, максимально возможный приём студентов в региональные учреждения профессионального образования.

3. Автоматизированный программный комплекс позволяет спрогнозировать кадровые потребности региона на среднесрочный период, сформировать оптимальный с точки зрения развития экономики региона заказ на подготовку кадров, моделировать развитие регионального рынка труда с учётом динамики изменения социальных параметров и различных сценариев бюджетной политики региона.

Методы исследования

Для решения указанных задач в диссертационной работе использованы методы теорий системного анализа, вероятности, искусственного интеллекта, вычислительной математики. Технология прогнозирования численности занятых по видам экономической деятельности реализована с применением многослойных нейронных сетей. Для распределения регионального заказа на подготовку кадров среди учреждений профессионального образования используется симплекс метод. Для реализации автоматизированного программного комплекса разработаны динамические библиотеки в среде вычислений инженерных и научных расчётов

MatLABR2009b. Вычислительный эксперимент проводился на данных Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

На защиту выносятся:

1. математическая модель регионального рынка труда;
2. численный метод решения задачи целочисленного и нелинейного программирования;
3. программный комплекс прогнозирования кадровой потребности.

Апробация работы

Научные и практические результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на следующих конференциях и дискуссионных площадках.

1. Дискуссионная площадка «Формирование прогноза количественной и качественной потребности региона в рабочих кадрах: теоретические модели и практические решения» (г. Смоленск, 2013 г.).

2. Межрегиональный совет начального, среднего профессионального образования Уральского федерального округа с пленарным докладом «Формирование контрольных цифр приёма на основе долгосрочного прогноза потребностей в подготовке рабочих кадров» (г. Сургут, 2013г.).

3. Пятая международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» (г. Орёл, 2012 г.).

4. Первая Всероссийская конференция молодых учёных «Наука и инновации XXI века» (г. Сургут, 2012 г.).

5. Региональная научно-техническая конференция «Развитие промышленного комплекса Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» (г. Ханты-Мансийск, 2012 г.).

6. Третья конференция международного IT-форума (г. Ханты-Мансийск, 2011 г.).

7. Второй и третий молодёжный инновационный Конвент Югры.

8. Конкурс «Лучшая научно-исследовательская работа по естественным, техническим и гуманитарным наукам студентов и аспирантов учреждений высшего профессионального образования Ханты-Мансийского автономного округа– Югры» в номинации «Технические науки», где работа отмечена дипломом III степени.

Результаты диссертационной работы обсуждались на научных семинарах в Югорском государственном университете г. Ханты-Мансийска (2010–2013 гг.).

Публикации

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликовано 21 научная работа, в том числе 5 статей в журналах из перечня ВАК. Подана заявка на полезную модель, имеется 4 свидетельства о регистрации программ ЭВМ.

Личный вклад автора. В процессе выполнения работы над диссертацией автор принимал непосредственное участие в постановке задач. Созданные методики, алгоритмы их решения и последующая реализация в виде

программного комплекса, являются результатом работы автора. Основой диссертации являются работы, проводимые в рамках проекта «Научное и научно-методическое обеспечение инвестиционной привлекательности профессионального образования, как основы инновационной экономики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» федеральной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы».

Внедрение

Программный комплекс внедрён в Департамент образования и науки Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и в настоящее время находится в стадии промышленной эксплуатации.

Результаты диссертационного исследования использовались при разработке программы социально-экономического развития г. Ханты-Мансийска.

Объём и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы. Содержание диссертационной работы изложено на 131 странице, включая 22 таблицы и 23 рисунка. Список литературы содержит 133 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой** главе был проведён анализ работ по прогнозированию кадровой потребности региональной экономики. Были рассмотрены модели и методики Петрозаводского государственного университета, компании IBS, центра профессионального образования в г. Самара, модели INFORGE, MONASH, ORANI-ED, MDM – E3. Выявлены недостатки вышеперечисленных методик и подходов, которые не позволяют использовать их в ряде регионов РФ.

Системы анализа и прогнозирования рынка труда Германии, Австралии, Великобритании используют соответственно модели INFORGE, MONASH и ORANI-ED, MDM-E3 для определения изменения структуры отраслей экономики, численности занятых по отраслям экономики в разрезе уровней образований и специальностей. Эти модели не учитывают региональную специфику, а прогнозирование кадровых потребностей региона определяется как доля от общей по стране потребности в трудовых ресурсах¹¹. Российская Федерация обладает высокой дифференциацией регионов по социально-экономическим параметрам. Ярким примером этого являются: разный пенсионный возраст, развитие региональной сети учреждений профессионального образования, уровень жизни населения, миграция населения и т.д. В этой связи использование этих моделей и подходов в существующем виде является малоэффективным и не позволит решить задачу анализа прогнозирования динамики регионального рынка труда в РФ.

В Российской Федерации в 2008-2012 широко применялись методики анализа развития рынка труда, основанные на использовании анкетирования

¹¹ Гуртов В. А. Модели среднесрочного прогнозирования спроса экономики на квалифицированные кадры / В. А. Гуртов, Кекконен А. Л// Кадровик. Рекрутинг для кадровика. – М., 2010. – №. 12 – С.58-66.

работодателей. В качестве недостатков этих подходов можно выделить следующие: большие финансовые затраты, низкий процент возвращаемых анкет, значительное время, требуемое на проведение исследования. При этом полученные в 2012 году результаты не соответствовали состоянию рынка труда, так как охватывали в основном учреждения бюджетной сферы. В этой связи прогнозирование кадровых потребностей с использованием анкетирования является крайне неэффективным без принятия дополнительных нормативно-правовых актов, обязывающих работодателей предоставлять органам статистики данные о перспективных и текущих кадровых потребностях.

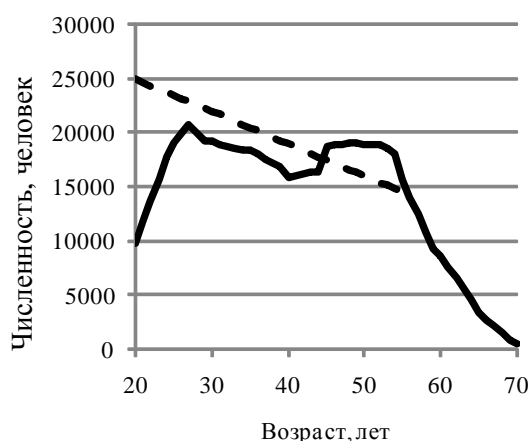


Рисунок 1. Возрастная структура занятого населения ХМАО-Югры

коэффициента ротации, который предполагает равномерное половозрастное распределение занятого населения. На рисунке 1 пунктирной линией приведён график половозрастного распределения, для которого можно применять постоянный коэффициент ротации (методики IBS и ПГУ), сплошной линией — реальное половозрастное распределение, характерное для субъектов РФ. «Реальное распределение» значительно отличается от «идеального распределения», что делает неэффективным использование постоянного коэффициента ротации. При этом для конкретного региона можно подобрать соответствующий ему коэффициент ротации, однако, например, динамика увеличения занятых среди пенсионеров, неравномерное половозрастное распределение делают эту задачу крайне трудоёмкой и неэффективной.

Во **второй** главе предложены: модификация математической модели регионального рынка труда Петрозаводского государственного университета, технология прогнозирования численности занятых по видам экономической деятельности, технология определения кадровых потребностей региональной экономики, алгоритм распределения регионального заказа на подготовку кадров по учреждениям профессионального образования.

Математическая модель регионального рынка труда описывается выражениями (1)-(5) и позволяет учесть следующие особенности: внешние миграционные потоки населения, включая вахтовых и иностранных рабочих,

В настоящее время в промышленной эксплуатации находятся две системы прогнозирования, которые учитывают региональные особенности Петрозаводского государственного университета (далее ПГУ) и IBS (совместно с РЭУ имени Г.В. Плеханова). Анализ подходов, предложенных ПГУ и IBS, выявил следующие недостатки: не учитывается ряд параметров, влияющих на рынок труда (увеличение количества работающих пенсионеров, академическая мобильность, нелинейное половозрастное распределение работающих, особые формы работы), использование постоянного

динамику выпуска специалистов из региональной сети профессионального образования, динамику выпуска специалистов вне региональной сети профессионального образования, количество работающих пенсионеров, особые социальные льготы (декретный отпуск, служба в армии).

$$E(t) = f_s(t) - f_p(t), \quad (1)$$

где $E(t)$ – дополнительная потребность региональной экономики в трудовых ресурсах, $f_s(t)$ – требуемое количество трудовых ресурсов для запланированного развития региональной экономики, $f_p(t)$ – количество трудовых ресурсов, которым располагает региональная экономика, t – планируемый год.

Спрос на трудовые ресурсы в прогнозном периоде определяется с учётом экономического развития региона по следующему выражению:

$$f_s(t) = \sum_{j=1}^d F_j(t), \quad (2)$$

где $F_j(t)$ – численность занятых по видам экономической деятельности, прогнозируется с использованием ретроспективной, текущей и экспертной информации, $j = 1 \dots d$ – виды экономической деятельности.

Количество специалистов, способных к трудовой деятельности региона, складывается из внешних трудовых потоков (вахтовые рабочие, иностранные специалисты) и трудоспособных специалистов проживающие в регионе:

$$f_p(t) = h(t) + g(t), \quad (3)$$

где $h(t)$ – трудоспособные специалисты, проживающие в регионе, $g(t)$ – внешние трудовые потоки, прогнозируется с использованием ретроспективной, текущей и экспертной информации.

Количество трудоспособных специалистов проживающих в регионе, определяется как доля (коэффициент занятости) от всего проживающего населения, при этом доля для каждого пола и возраста различается.

$$h(t) = \left[\sum_{r=1}^2 \sum_{i=a}^b x_i^r(t) \cdot y_i^r(t) \right], \quad (4)$$

где $x_i^r(t)$ – половозрастное распределение населения региона, $r=1$ – мужчины, $r=2$ – женщины, $i=a \dots b$, a – возраст начала трудовой деятельности, b – предельный возраст, $y_i^r(t)$ – половозрастные коэффициенты занятости населения региона.

Половозрастное распределение населения региона изменяется с учетом смертности, миграции, выпуском из системы профессионального образования и определяется следующим выражением:

$$x_i^r(t+1) = [x_{i-1}^r(t) \cdot k_{i-1}^r(t)] + z_i^r(t+1) + v_i^r(t+1) + e_i^r(t+1), \quad (5)$$

где $z_i^r(t)$ – половозрастная миграция в регионе, $k_i^r(t)$ – половозрастные коэффициенты смертности населения региона, $e_i^r(t)$ – выпуск специалистов региональными учреждениями профессионального образования, $v_i^r(t)$ – дополнительный поток специалистов (обучение вне региона, переобучение).

В результате получена следующая система уравнений, описывающая математическую модель рынка труда:

$$\begin{cases} E(t) = f_s(t) - f_p(t) \\ f_s(t) = \sum_{j=1}^d F_j(t) \\ f_p(t) = [\sum_{r=1}^2 \sum_{i=a}^b x_i^r(t) \cdot y_i^r(t)] + g(t) \\ x_i^r(t+1) = [x_{i-1}^r(t) \cdot k_{i-1}^r(t)] + z_i^r(t+1) + v_i^r(t+1) + e_i^r(t+1) \end{cases} \quad (6)$$

Постановка задачи:

С точки зрения оптимального соотношения спроса и предложения на рынке труда, наиболее благоприятной для экономики региона является ситуация, когда $E(t) = 0$, то есть спрос на трудовые ресурсы, равняется предложению. Достичь этого можно за счёт изменения миграционных потоков, вахтовых рабочих, за счёт выпуска из региональных учреждений профессионального образования, изменения рождаемости в долгосрочной перспективе.

Для формирования регионального заказа на подготовку специалистов требуется определить количество специалистов, которые должны подготовить региональные УПО ($P(t) = \sum_{r=1}^2 e^r(t)$), чтобы $f_s(t) = f_p(t)$, где t – рассматриваемое время (год), на которое формируется региональный заказ на подготовку специалистов.

Выразим из системы уравнений (6) требуемый региональный заказ на подготовку специалистов:

$$\begin{cases} P(t) = \frac{f_s(t) - \sum_{r=1}^2 \sum_{i=a+1}^b x_i^r(t) \cdot y_i^r(t) - g(t)}{y_a(t)} - \sum_{r=1}^2 (z_a^r(t) + v_a^r(t)) \\ f_s(t) = \sum_{j=1}^d F_j(t) \\ x_i^r(t+1) = x_{i-1}^r(t) \cdot k_{i-1}^r(t) + z_i^r(t+1) + v_i^r(t+1) + e_i^r(t+1) \end{cases} \quad (7)$$

Дано:

В качестве известных переменных выступают $y_i^r(t) > 0$, $e^r(t) > 0$, $k_i^r(t) > 0$, $v_i^r(t)$.

Параметры $g(t)$, $z_i^r(t)$ прогнозируются при помощи однослойной нейронной сети. Для обучения нейронной сети используется выборка известных членов ряда $g(t_1)$, $z_i^r(t_1)$, t_1 – период времени, за который есть данные, $F_j(t)$ прогнозируется с применением многослойной нейронной сети (далее МНС).

Применение нейронных сетей обусловлено особенностью прогнозируемых данных. Методы классического прогнозирования (экстраполяция, регрессия) являются неэффективными при прогнозировании временных рядов,

характеризующихся существенными колебаниями значений. К таким данным относятся ряды, описывающие динамику изменения ВРП, региональных инвестиций, занятости по ВЭД, миграции населения, используемые при прогнозировании кадровой потребности региона. Использование нейронных сетей позволяет эффективно прогнозировать поведение временных рядов, характеризующихся значительными колебаниями. При этом построение нейронных сетей выполняется адаптивно в процессе обучения, в результате пользователь не выбирает математическую модель поведения временного ряда, что исключает субъективность выбора.

Для определения регионального заказа на подготовку специалистов с уровнем образованием ВПО, $t = c + 6$, с уровнем образованием СПО, $t = c + 4$, и с НПО, $t = c + 2$, c – год, в котором формируется региональный заказ.

Для повышения точности прогнозирования численности занятых ($f_s(t)$) был проведён анализ влияния социально-экономических параметров на численность занятых по ВЭД. На его основе ВЭД сгруппированы в 3 класса:

- добыча полезных ископаемых, обрабатывающих производство, распределение газа и воды, где основным параметром, определяющим численность занятых, является объём производства ВЭД;
- строительство, транспорт и связь, торговля, сельское хозяйство, финансовая деятельность, операции с недвижимым имуществом, гостиницы и рестораны, прочие услуги, где основным параметром, определяющим численность занятых, является ВРП;
- образование, здравоохранение, государственное и муниципальное управление, основным параметром, определяющим численность занятых, является численность региона.

Задача формирования оптимального, с точки зрения экономики региона, заказа на подготовку кадров для сети учреждений профессионального образования в рамках региональных ограничений, состоит из двух этапов:

1. Определение оптимального, с точки зрения экономики региона, заказа на подготовку кадров по УГС в разрезе уровней образования.

2. Распределение заказа на подготовку кадров, в ходе выполнения первого этапа, среди учреждений профессионального образования.

Для выполнения первого этапа требуется решить следующую задачу:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - P_i}{Z_i} \right)^2 \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^n X_i \leq B/S \\ \sum_{i=1}^n X_i \leq A \end{array} \right. , \quad (8)$$

где n – количество специальностей, X_i – заказ на подготовку кадров по УГС, P_i – кадровая потребность которую должны подготовить учреждения профессионального образования, i – номер специальности, Z_i – всего трудовых ресурсов занятых в экономике по специальности i , S – стоимость обучения по i

специальности, B – бюджет на подготовку специалистов, A – количество доступных абитуриентов.

Задачу (8) можно преобразовать к следующему виду:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\lambda_i}{Z_i}\right)^2 \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = E \end{cases}, \quad (9)$$

где:

$$\lambda_i = P_i - X_i \quad E = \sum_{i=1}^n P_i - \min(S, A), \quad (10)$$

$E > 0$ – натуральное число, $\lambda_i \geq 0$, $Z_i \geq 1$ – натуральные различные числа, $Z_i \neq Z_j$, E , λ_i – целые неотрицательные числа, которые являются оптимальным планом (9).

Задача (9) относится к классу нелинейных задач. При этом, по условию задачи, решение должно быть целочисленным. Единого метода решения задач нелинейного программирования в отличие от линейного программирования не существует.

В ходе диссертационного исследования было установлено, что искомые величины λ_i^* , являющиеся оптимальным планом (9), определяются следующим образом $\lambda_i^* = [\beta_i \cdot 0.5 + 0.5]$, $\beta_i = \left(\frac{Z_i}{Z_{n+1}}\right)^2$, где β_i подлежит определению.

Лемма (соответствует главе диссертации 2.4). Если $\exists Z_{n+1} \in (0; \infty)$ такое, что выполняется равенство:

$$E = \sum_{i=1}^n [\beta_i \cdot 0.5 + 0.5], \quad \beta_i = \left(\frac{Z_i}{Z_{n+1}}\right)^2, \quad (11)$$

то набор чисел

$$\lambda_i^* = [\beta_i \cdot 0.5 + 0.5], \quad \beta_i = \left(\frac{Z_i}{Z_{n+1}}\right)^2, \quad (12)$$

есть оптимальный план (9).

С учётом вышесказанного, алгоритм решения задачи (8) состоит из 4 этапов:

1. Определяем начальное решение $X_i = P_i$. Если X_i удовлетворяют ограничением, то X_i решение алгоритма заканчивается, иначе переходим во 2 этап.

2. Находим такое Z_{n+1} , при котором выполняется равенство (11):

$$E = \sum_{i=1}^n [\beta_i \cdot 0.5 + 0.5], \quad \beta_i = \left(\frac{Z_i}{Z_{n+1}}\right)^2, \quad (13)$$

3. Определяем X_i через Z_{n+1} , полученным на втором шаге:

$$X_i = P_i - [\beta_i \cdot 0.5 + 0.5], \quad \beta_i = \left(\frac{Z_i}{Z_{n+1}}\right)^2, \quad (14)$$

переходим к 4 этапу.

4. Если среди X_i есть те, которые меньше нуля, то $X_i = 0$ и исключается из решения, переходим в пункт 1, иначе X_i решение задачи.

После того как известен заказ на подготовку кадров по укрупнённым группам специальностям (X_i), необходимо распределить контрольные цифры приёма по учреждениям профессионального образования с учётом следующих ограничений: рейтинга специальности по учреждениям профессионального образования, “производственная мощность” учреждений профессионального образования, размер минимальной группы, контингент движения студентов.

С учетом ограничений, предложена технология распределения контрольных цифр приёма по учреждениям профессионального образования:

1. Формируем входные данные: кадровую потребность в специалистах по уровням образования (X_i , i – укрупненная группа специальностей), рейтинг специальностей по учреждениям профессионального образования (R_{im} , где m – количество учебных заведений, которые готовят специалистов по i УГС), контингент движения студентов по учреждениям профессионального образования (H_{im}), минимальные группы по специальностям (W_{im}), максимально возможные контрольные цифры приёма по учреждениям профессионального образования (C_{im}).

2. Решаем систему уравнений для каждой специальности i :

$$\begin{cases} Y_{i1} * H_{i1} + Y_{i2} * H_{i2} + \dots + Y_{im} * H_{im} = X_i \\ Y_{i1} / R_{i1} = Y_{i2} / R_{i2} = \dots = Y_{im} / R_{im} \end{cases}, \quad (15)$$

где Y – контрольные цифры приёма в рамках одной специальности i , m – количество учреждений профессионального образования.

3. Если решения, полученные на втором этапе, не удовлетворяют условию $Y_{ij} \leq C_{ij}$, $j = 1 \dots m$, то $Y_{ij} = C_{ij}$ является решением, корректируются начальные переменные и переходим во второй этап иначе, переходим к четвёртому этапу.

4. Если решения, полученные на третьем этапе, не удовлетворяют условию $x_{ij} \geq W_{ij}$, то минимальный $\{x_{ij}\}$ равняется нулю и исключается из поиска решения, корректируются начальные переменные и переходим во второй этап, иначе алгоритм заканчивается.

В **третьей** главе приведено описание программного комплекса распределения регионального заказа среди учреждений профессионального образования. Проведён расчёт потребности региональной экономики в кадрах и распределение регионального заказа на подготовку кадров по учреждениям профессионального образования.

Программный комплекс распределения регионального заказа (далее программный комплекс) состоит из трёх основных элементов: база данных, интерфейс пользователя, расчётный блок.

Разработка расчётного блока является личным вкладом соискателя в создание программного комплекса. Для реализации расчётного блока применялся пакет прикладных программ MATLAB. Использование MATLAB обусловлено возможностью производить сложные математические операции. Кроме того, программы MATLAB, как консольные, так и с графическим интерфейсом пользователя, могут быть собраны с помощью компонентов MATLAB Compiler в независимые от MATLAB исполняемые приложения или динамические

библиотеки, для запуска которых на других компьютерах требуется только установка свободно распространяемой среды MATLAB Compiler Runtime.

Расчётный блок реализован в виде подключаемой динамической библиотеки с использованием базовых математических и логических функций MATLAB 7.x., а также функции решения задач линейного программирования “linprog”. Структура расчётного блока содержит три подсистемы: прогнозирования, рейтингования, распределения КЦП.

Основным назначением подсистемы прогнозирования является определение численности занятых по видам экономической деятельности, коэффициентов значимости УГС, количества специалистов по уровням образования и УГС, которых должны подготовить региональные учреждения профессионального образования. В подсистеме прогнозирования реализованы алгоритмы обучения и формирования однослойных и многослойных нейронных сетей на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации, а так же технология прогнозирования кадровой потребности региона использующий разработанную модель рынка труда.

Основным назначением подсистемы рейтингования является определение рейтинга УГС среди учреждений профессионального образования. Алгоритм рейтингования УГС по учреждениям профессионального образования составлен в соответствии с методикой министерства образования РФ.

Основным назначением подсистемы распределения контрольных цифр приёма является формирование оптимального регионального заказа на подготовку кадров среди учреждений профессионального образования. В подсистеме реализован алгоритм решения оптимизационной задачи с изменяющимися условиями, основанный на применении симплекс метода, использующий итерационный подход для определения оптимального, с точки зрения регионального рынка труда, заказа на подготовку специалистов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

- модифицирована математическая модель регионального рынка труда, включающая данные о половозрастном составе работающих по ВЭД, вахтовых рабочих по ВЭД, половозрастном составе миграции по уровням образования, работающих пенсионерах, полученном образовании в другом регионе, выпуске специалистов региональной сетью профессионального образования;
- разработана технология прогнозирования численности занятых в регионе, основанная на классификации видов экономической деятельности и применении нейронных сетей;
- разработана технология прогнозирования кадровых потребностей региональной экономики, обеспечивающий анализ данных о половозрастном составе работающих по ВЭД, вахтовых рабочих по ВЭД, половозрастном составе миграции по уровням образования, работающих пенсионерах, полученном образовании в другом регионе, выпуске специалистов региональной сетью профессионального образования;

- разработана технология распределения контрольных цифр приёма среди учреждений профессионального образования с учётом возможности подготовки специалистов учреждениями профессионального образования, рейтинга специальности, значимости укрупнённой группы специальностей для экономики региона, контингента движения студентов в учреждениях профессионального образования, динамики количества абитуриентов, нормативного-подушевого финансирования образовательных программ, бюджета, выделенного в регионе на подготовку профессиональных кадров;
- разработан программный комплекс, обеспечивающий автоматическое определение кадровых потребностей региональной экономики, рейтингование укреплённых групп специальностей среди учреждений профессионального образования, распределение контрольных цифр приёма по учреждениям профессионального образования.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК России:

1. Карминская Т.Д., Тей Д.О., Татьянkin В.М., Русанов М.А. Формирование контрольных цифр приёма с учётом прогноза потребностей региональной экономики // Информационные системы и технологии г. Орёл, 2014, №1 (81). С. 30-38.
2. Тей Д.О., Татьянkin В.М., Карминская Т.Д., Русанов М.А. Модель регионального рынка труда в задаче управления региональным заказом на подготовку квалифицированных специалистов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники: сб. науч. тр. Томск, 2013. №3(30). С. 195-200.
3. Карминская Т.Д., Татьянkin В.М., Тей Д.О., Русанов М.А. Использование кластерного анализа и нейронных сетей в задаче управления региональным рынком труда // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники: сб. науч. тр. Томск, 2013. №3(30). С. 201-205.
4. Тей Д.О., Татьянkin В.М., Русанов М.А. Математическая модель регионального рынка труда в задаче анализа и прогнозирования миграционных потоков региона // Научное обозрение: сб. науч. тр. Москва, 2014. №10.1. С. 266-271.
5. Татьянkin В.М. Численный метод решения одной задачи целочисленного нелинейного программирования // Научное обозрение: сб. науч. тр. Москва, 2014. №11.1. С. 29-35.

Публикации в научных журналах:

6. Карминская Т.Д., Русанов М.А., Татьянkin В.М. Содержательный мониторинг качества образования, как механизм управления организацией образовательного процесса // Материалы конференции Международного IT-Форума: сб. науч. тр. Ханты-Мансийск, 2010. С. 110-118.

7. Карминская Т.Д., Тей Д.О., Татьянакин В.М., Русанов М.А., Оптимизация УПО // Интеграция методической работы и системы повышения квалификации кадров, часть 3: сб. науч. тр. Москва-Челябинск, 2011. С. 92-96.

8. Карминская Т.Д., Тей Д.О., Татьянакин В.М., Русанов М.А., Способ повышения качества образовательных услуг посредством привлечения работодателя к управлению образовательным процессом // Интеграция методической работы и системы повышения квалификации кадров, часть 2: сб. науч. тр. Москва-Челябинск, 2011. С. 80-88.

9. Карминская Т.Д., Тей Д.О., Татьянакин В.М., Русанов М.А., Методика обеспечения региональной экономики высококвалифицированными специалистами с учётом движения контингента студентов // Интеграция науки и производства: сб. науч. тр. Тамбов, 2011. С. 44-48.

10. Татьянакин В.М., Русанов М.А. Прогнозирование потребности экономики в квалифицированных кадрах с учётом миграции и вахтовых специалистов // Вестник Югорского государственного университета. Электрон. журн. 2011. № 3. Режим доступа: <http://wwwold.ugrasu.ru/science/journal/22/11/documents/56-59.pdf>(дата обращения 18.09.2013).

11. Татьянакин В.М., Русанов М.А. Формирование кадрового обеспечения региональных программ экономического развития// Вестник Югорского государственного университета. Электрон. журн. 2011. № 3. Режим доступа: <http://wwwold.ugrasu.ru/science/journal/22/12/documents/60-62.pdf> (дата обращения 18.09.2013).

12. Татьянакин В.М., Тей Д.О. Недостатки статистических данных для систем прогнозирования кадровых потребностей//Информационные ресурсы, системы и технологии. Электрон. журн. ИТНОП-2012. Режим доступа: <http://www.irsit.ru/files/article/172.pdf> (дата обращения 18.09.2013).

13. Татьянакин В.М., Русанов М.А. Методика определения кадровых потребностей предприятий // Вестник Югорского государственного университета. Электрон. журн. 2012. № 3. Режим доступа: <http://wwwold.ugrasu.ru/science/journal/26/14/documents/76-79.pdf> (дата обращения 18.09.2013).

14. Татьянакин В.М., Русанов М.А. Существующие методы прогнозирования кадровых потребностей // Наука и инновации XXI века, том 1: сб. науч. тр. Сургут, 2012. С. 235-240.

15. Татьянакин В. М. Структура подсистемы прогнозирования программного комплекса «Регион» [Текст] / В. М. Татьянакин // Новое слово в науке: перспективы развития : материалы II междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 30 дек. 2014 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2014. Режим доступа: <http://interactive-plus.ru/e-articles/epub-20141225/epub-20141225-5755.pdf> (дата обращения 13.01.2015).

16. Татьянакин В. М. Прогноз кадровой потребности ХМАО-Югры в 2020 году по уровням образования и специальностям [Текст] / В. М. Татьянакин // Новое слово в науке: перспективы развития : материалы II междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 30 дек. 2014 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС

«Интерактив плюс», 2014. Режим доступа: <http://interactive-plus.ru/e-articles/epub-20141225/epub-20141225-5754.pdf> (дата обращения 13.01.2015).

17. Татьянкин В. М. Программный комплекс распределения регионального заказа среди учреждений профессионального образования [Текст] / В. М. Татьянкин // Новое слово в науке: перспективы развития : материалы II междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 30 дек. 2014 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2014. Режим доступа: <http://interactive-plus.ru/e-articles/epub-20141225/epub-20141225-5753.pdf> (дата обращения 13.01.2015).

18. Татьянкин В. М. Структура подсистемы распределения контрольных цифр приёма программного комплекса «Регион» [Текст] / В. М. Татьянкин // Новое слово в науке: перспективы развития : материалы II междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 30 дек. 2014 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2014. Режим доступа: <http://interactive-plus.ru/e-articles/epub-20141225/epub-20141225-5752.pdf> (дата обращения 13.01.2015).

19. Татьянкин В. М. Алгоритм формирования оптимальной архитектуры многослойной нейронной сети [Текст] / В. М. Татьянкин // Новое слово в науке: перспективы развития : материалы II междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 30 дек. 2014 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2014. Режим доступа: <http://interactive-plus.ru/e-articles/epub-20141225/epub-20141225-5751.pdf> (дата обращения 13.01.2015).

20. Татьянкин В. М. Модифицированный алгоритм обратного распространения ошибки [Текст] / В. М. Татьянкин // Приоритетные направления развития науки и образования : материалы III междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 04 дек. 2014 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2014. Режим доступа: <http://interactive-plus.ru/e-articles/collection-20141204/collection-20141204-5263.pdf> (дата обращения 13.01.2015).

21. Татьянкин В. М. Использование многослойных нейронных сетей в прогнозирование временных рядов [Текст] / В. М. Татьянкин // Приоритетные направления развития науки и образования : материалы III междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 04 дек. 2014 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2014. Режим доступа: <http://interactive-plus.ru/e-articles/collection-20141204/collection-20141204-5262.pdf> (дата обращения 13.01.2015).

Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ:

22. Татьянкин В.М. Программный комплекс прогнозирования численности занятых по видам экономической деятельности. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2013661768/ В.М. Татьянкин, Д.О. Тей, М.А. Русанов.

23. Татьянкин В.М. Программный комплекс формирования рейтинга кафедр по учреждениям профессионального образования. Свидетельство о

государственной регистрации программ для ЭВМ №2013661711 / В.М. Татьянкин, Д.О. Тей, М.А. Русанов.

24. Татьянкин В.М. Программный комплекс определения дополнительной кадровой потребности региона. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2013661770/ В.М. Татьянкин, Д.О. Тей, М.А. Русанов.

25. Татьянкин В.М. Программный комплекс формирование регионального заказа на подготовку специалистов. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2013661769 / В.М. Татьянкин, Д.О. Тей, М.А. Русанов.

Отчёт НИР:

26. Научно-методическое обеспечение системы подготовки высококвалифицированных кадров для инновационного развития стратегических направлений экономики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Министерство образования в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», 2012 год.

27. Научно-методическое обеспечение прогнозирования и развития образования в условиях формирования инновационной научно-образовательной среды субъекта Федерации и построения адаптивных моделей управления в сфере образования. Министерство образования в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», 2011 год.