

# РАЗРАБОТКА ПОЛИМОДЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАДРОВЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ \*

В.В. Быстров<sup>1,2</sup>, С.Н. Малыгина<sup>2,1</sup>, А.Г. Олейник<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН

<sup>2</sup>Кольский филиал Петрозаводского государственного университета  
г.Апатиты

## Введение

Разнообразие экономических, географических, демографических условий России предопределяет необходимость учета региональных особенностей при формировании социальной и кадровой политики регионов. К объектам кадровой политики относятся все категории и группы населения, поскольку именно население является исходной базой для формирования количественных и качественных характеристик региональных трудовых ресурсов.

В трудах российских ученых довольно широко рассматриваются вопросы новых понятий и подходов к формированию рынка труда в России, вопросы рационального размещения трудовых ресурсов, безработицы, регулирования занятости населения, демографические аспекты занятости, молодежные проблемы на рынке труда, вопросы мобильности трудовых ресурсов в экономике страны и мотивации труда [1]. Баланс трудовых ресурсов позволяет оценивать трудовой потенциал региона и характеризует использование этого потенциала [2].

Мурманская область является регионом, экономика которого напрямую зависит от развития моногородов. В последние десятилетия в регионе наблюдалось значимое сокращение населения. Поэтому вопросы обеспечения социально экономической системы региона квалифицированными кадрами и рационального использования имеющихся трудовых ресурсов в данном регионе стоят довольно остро.

Для поддержки решения задач прогнозирования динамики трудовых ресурсов региональной экономики авторами применяется имитационное моделирование. Концептуальное описание предметной области основано на использовании онтологического подхода, опирающегося на анализ экономических, социальных, демографических и других показателей. Это позволит осуществлять прогноз и оценку ситуации на региональном рынке труда в удобной и наглядной форме на основе результатов вычислительных экспериментов с применением компьютерной техники. Некоторые результаты, ранее полученные авторами с использованием указанных методов и технологий, были представлены в работах [3, 4].

## **Концептуальная модель рынка труда.**

При конструировании эффективной системы прогнозирования необходима концептуальная модель, которая бы адекватно описывала совокупность региональных процессов. Такая модель может быть основана на принципах системного анализа, в

---

\* Работа выполнена в рамках проекта «Развитие методологии проектирования региональных информационных систем для информационно-аналитической поддержки задач развития Арктических регионов РФ» программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН «Интеллектуальные информационные технологии, системный анализ и автоматизация»

котором выделяются структурно-экономический, динамический и информационно-идеологический аспекты.

Концептуальная модель описывает структуру, состав, общие закономерности, имеющие место в предметной области и определяющие ее поведение. Этот уровень моделирования служит для получения моделей семантического уровня, определяющих конкретную предметную область. Одним из вариантов реализации концептуальной модели является онтология [5,6].

В рамках научно-исследовательской работы ИИММ КНЦ РАН была разработана онтология распределения трудовых ресурсов в Мурманской области, фрагмент которой представлена на рисунке 1. Разработка проводилась средствами свободно распространяемого редактора онтологий Protege, которые позволяют с минимальными временными и материальными затратами интегрировать построенную онтологию в функционирование сторонних программных приложений [7].

Основные понятия, которые отражают и характеризуют трудовые ресурсы региона в онтологии представлены следующими классами: *Демография*, *КатегорииПерсонала*, *Население*, *Предприятия*, *ТрудовыеРесурсы*, *УчебныеЗаведения* и другие.

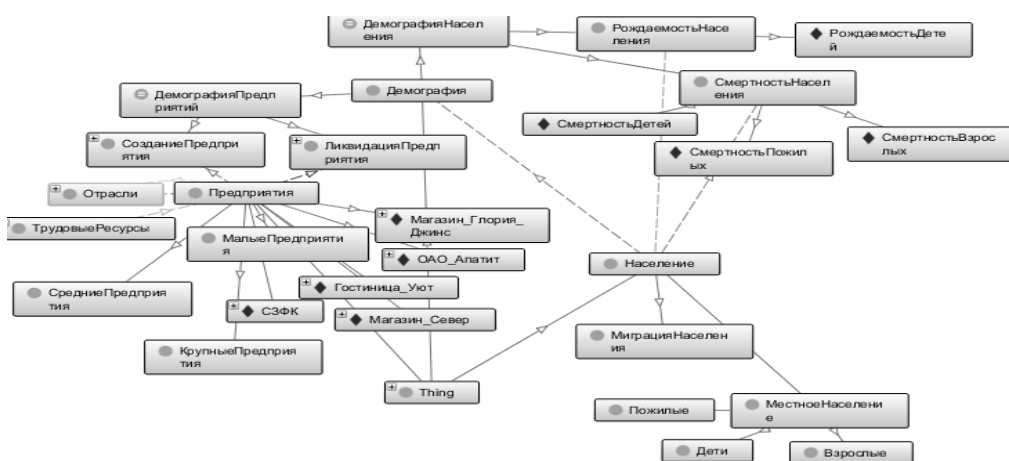


Рис.1. Фрагмент онтологии распределения трудовых ресурсов Мурманской области, реализованная в Protégé

Между понятиями установлены определенные отношения: наследования (отношения *класс-подкласс*); атрибутивные и функциональные связи («ИмеетВлияние», «РаботаетВ», «ВходитВ» и другие); количественные и пространственно-временные отношения («ИмеетВозраст», «ГодРождения», «КоличествоРаботников» и другие). Для классов определены возможные экземпляры. Например, *Создание-МП*, *СозданиеСП*, *СозданиеКрупныхПредприятий* - экземпляры класса *СозданиеПредприятий*.

Онтология трудовых ресурсов Мурманской области использовалась как концептуальная модель для дальнейшей разработки полимодельного комплекса прогнозирования кадровой потребности региональной экономики.

### **Комплекс имитационных моделей.**

При разработке имитационных моделей, используемых для исследования регионального рынка труда, учитывались следующие факторы:

- экономические (банкротство убыточных предприятий в регионе, создание новых предприятий и др.);

- демографические (естественный прирост, возрастная и квалификационная структура населения, структура трудовых ресурсов региона, миграция населения, уровень подвижности трудовых ресурсов);
- социальные (характеристики деятельности службы занятости, уровень безработицы);
- образовательные (характеристики системы подготовки и переподготовки квалифицированных специалистов для нужд региона);

На основе анализа рассмотренных факторов было принято решение о выделении в качестве основных блоков разрабатываемого полимодельного комплекса следующих моделей:

- трудовые ресурсы (для каждой отрасли региона);
- система образования;
- производство региона по отраслям:
- предприятия;
- персонал;
- население;
- фонд перераспределения.

В результате была предложена общая структура полимодельного комплекса прогнозирования кадровой потребности региональной экономики, приведенная на рисунке 2.

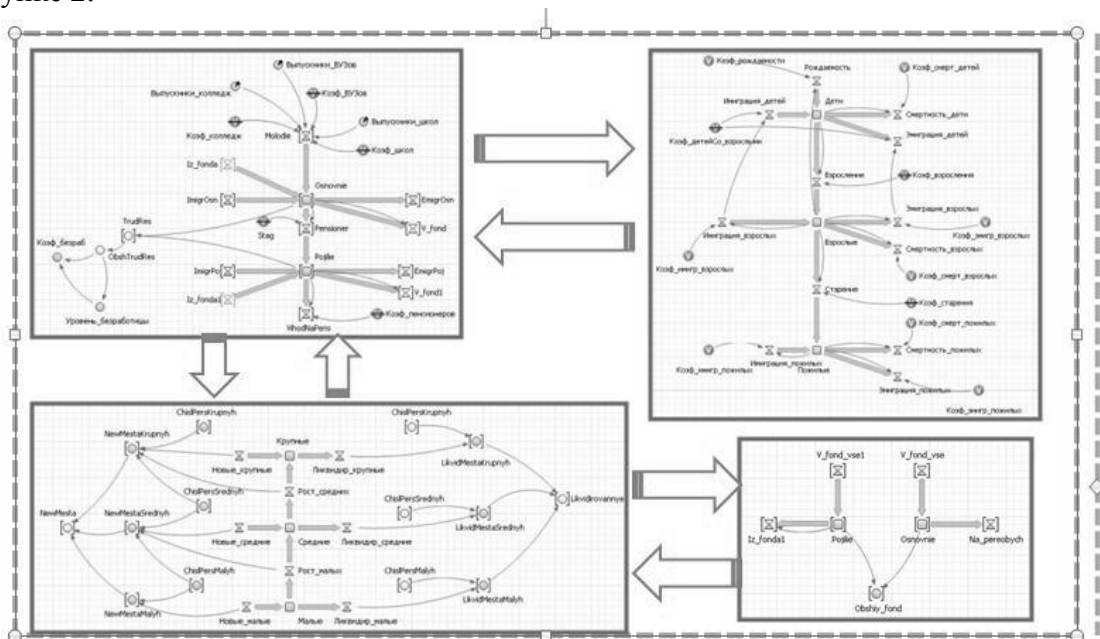


Рис. 2. Общая структура комплекса имитационных моделей

Модель «трудовые ресурсы» предназначена для имитации перераспределения трудовых ресурсов для каждой отрасли по возрастам и категориям (рабочие, специалисты, управленцы) в зависимости от уровня образования. В модели учитываются занятые и незанятые трудовые ресурсы в регионе. Она предоставляет возможность оценить уровень безработицы и сбалансированность кадрового обеспечения компонентов социально-экономической системы с учетом специальностей и уровней подготовки.

На основе применения мультиагентных технологий разработана агентная имитационная модель системы образования региона [8], которая предоставляет данные для системно-динамической модели регионального рынка труда, а именно - формирует

поток кадров для рынка труда. В свою очередь потребности регионального рынка труда передаются в качестве параметров в модель системы образования.

В ходе моделирования учебного процесса в конечном итоге получается массив оценок, показывающий успеваемость студента. Если по всем предметам учебного плана за четыре года получены положительные оценки, то студент становится выпускником с дипломом. Для получения агрегированных показателей выпускников учебных заведений с определенной квалификацией в модели используются специальные накопители, в которых производится суммирование всех успешно получивших диплом по определенной специальности.

На выходе модели «система образования» получается количество вновь подготовленных специалистов в зависимости от уровня образования и профессиональной направленности, поступающих на рынок труда. Эти данные являются входными для моделей «трудоустройство» и «фонда перераспределения».

Основными задачами модели «производство» является имитация процессов в региональной экономике, влияющих на возникновение и ликвидацию рабочих мест в каждой базовой отрасли региона. Данная модель состоит из двух компонентов: «предприятия» и «персонал». Компонент «предприятия» отражает классификацию предприятий в зависимости от численности рабочих мест (малые, средние, крупные). В рамках данной компоненты имитируется процесс возникновения и ликвидации предприятий, а также их реструктуризации (переход на следующий уровень развития). Моделирование таких процессов позволяет отслеживать динамику изменения количества рабочих мест в отрасли. Компонент «персонал» отражает движение трудовых ресурсов в конкретной отрасли: количество возникших, ликвидированных, а также вакантных рабочих мест, количество принятых, ушедших с работы людей по различным причинам, а также среднее число рабочих на предприятиях отрасли и другие параметры.

На рисунке 3 приводится в качестве примера общий вид системно-динамической подмодели горнодобывающей промышленности, которая является одной из базовых отраслей экономики Мурманской области.

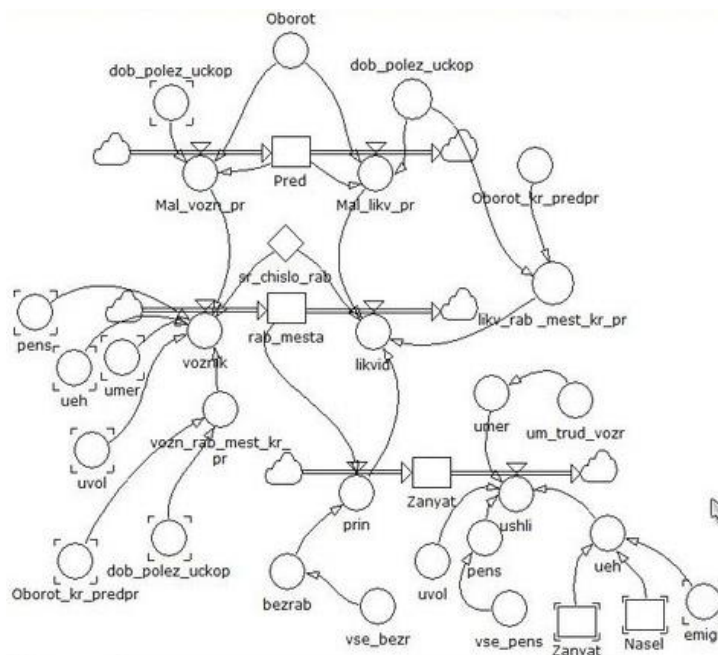


Рис.3. Системно-динамическая модель кадровой потребности горнодобывающей отрасли

Модель «фонд перераспределения» отвечает за имитацию движения трудовых ресурсов между отраслями региональной экономики.

Модель «население области» отражает тенденции изменения численности населения региона с учетом различных факторов. К основным задачам данной модели относятся: имитация динамики изменения общей численности населения, учет рождаемости, смертности, иммиграции и эмиграции населения, а также количества рабочих мест по Мурманской области во всех отраслях и другие параметры. Позволяет оценить потенциальную численность общих трудовых ресурсов.

На рисунке 4 представлена структура системно-динамической модели «Население».

Имитационные модели реализовались в среде моделирования Anylogic 5 [9]. Это мощное инструментальное средство позволяющее разрабатывать полимодельные комплексы на основе трех видов моделирования: дискретно-событийного, системной динамики и многоагентного. Кроме этого Anylogic предоставляет разработчику возможность гибкой настройки моделей и их взаимосвязи с внешними приложениями.

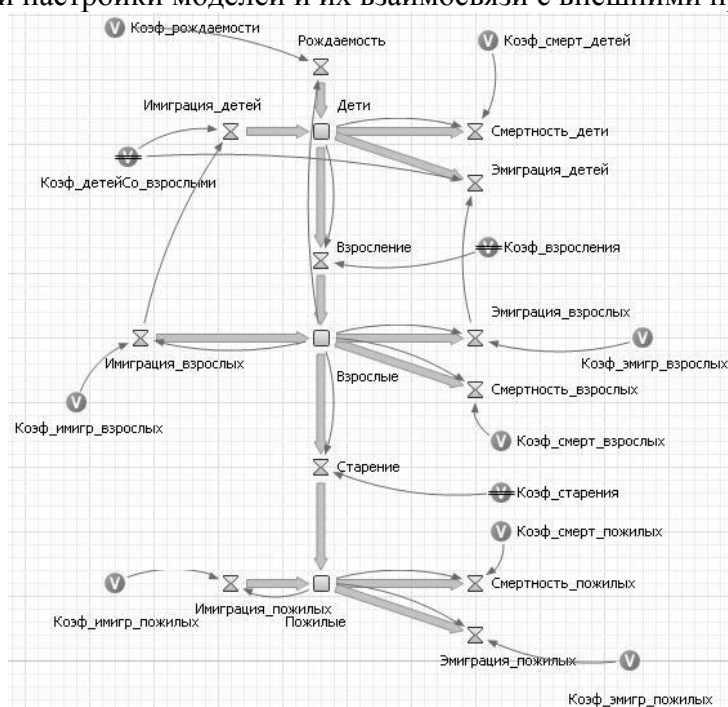


Рис. 4. Структура системно-динамической модели «Население».

**Аналитическое описание блоков полимодельного комплекса.**

Динамику численности предприятий, вакантных рабочих мест и занятых в каждой базовой отрасли можно описать обыкновенными дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dPr_i}{dt} = V_i - L_i,$$

где  $Pr_i$ - количество имеющихся предприятий  $i$ -ой отрасли,  $V_i$  - количество возникших предприятий в  $i$ -ой отрасли,  $L_i$  - количество ликвидированных предприятий в  $i$ -ой отрасли.

$$\frac{drmt_i}{dt} = voz_i - lik_i,$$

где  $rmt_i$ - количество рабочих мест в  $i$ -ой отрасли,  $voz_i$  - количество возникших рабочих мест в  $i$ -ой отрасли,  $lik_i$  - количество ликвидированных рабочих мест в  $i$ -ой отрасли.

$$\frac{dZt_i}{dt} = prin_i - ush_i,$$

где  $Zt_i$ - количество людей, занятых в  $i$ -ой отрасли,  $prin_i$  - количество людей, принятых на работу в  $i$ -ой отрасли,  $ush_i$  – количество людей, ушедших с работы в  $i$ -ой отрасли.

Для определения ряда аналитических зависимостей между параметрами модели использовался регрессионный анализ имеющихся временных рядов данных. В качестве исходной информации для анализа использовались, в частности, данные демографической статистики о численности населения Мурманской области, а также сведения Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по мурманской области о среднегодовой численности работающих, о численности занятых по видам экономической деятельности и другие данные с 2005 по 2011 год

На начальном этапе возникновение и ликвидация предприятий не могут быть явно заданы, поэтому для этих параметров выводились функциональные зависимости. Анализ статистических данных позволил определить вид этой зависимости. Специфические особенности каждой отрасли определяют набор параметров, от которых зависят данные показатели.

Так, например, в торговой отрасли на возникновение и ликвидацию предприятий влияют численность экономически активного населения ( $EAN$ ), прибыль предприятий ( $pr$ ), доход населения ( $dn$ ), а также число уже имеющихся предприятий ( $Pr$ ). Эти элементы модели можно описать следующими зависимостями.

Возникающие предприятия:

$$V_1 = g_1(EAN, dn, Pr, pr),$$

$$V = 158.033 - 3.825 \cdot 10^{-4} EAN + 2.305 \cdot 10^{-3} dn + 0.055 Pr + 2.566 \cdot 10^{-10} pr,$$

Ликвидированные предприятия:

$$L_1 = g_2(EAN, dn, Pr, pr).$$

$$L_1 = 523.594 - 4.278 \cdot 10^{-4} EAN + 1.586 \cdot 10^{-3} dn - 0.107 Pr - 6.374 \cdot 10^{-8} pr,$$

Ниже представлены зависимости, характеризующие связи параметров для горнодобывающей отрасли.

Количество возникающих малых предприятий. Оценивалась зависимость данного параметра от оборота добычи полезных ископаемых на предприятиях, добычи полезных ископаемых и количества предприятий:

$$V_2 = f_1(Ob, dpu, pr),$$

$$V_2 = 0.117 + 5.895 \cdot 10^{-3} \cdot Ob - 1.432 \cdot 10^{-5} \cdot dpu + 0.072 \cdot pr,$$

где  $Ob$  - оборот добычи полезных ископаемых на предприятиях;  $dpu$  - добыча полезных ископаемых;  $pr$  - количество малых предприятий.

Количество ликвидированных малых предприятий. Оценивалась зависимость данного параметра от оборота добычи полезных ископаемых на предприятиях, добычи полезных ископаемых и количества предприятий:

$$L_2 = f_2(Ob, dpu, pr)$$

$$L_2 = 0.369 + 1.585 \cdot 10^{-3} \cdot Ob + 3.056 \cdot 10^{-5} \cdot dpu - 7.767 \cdot 10^{-3} \cdot pr,$$

где  $Ob$  - оборот добычи полезных ископаемых на предприятиях;  $dpu$  - добыча полезных ископаемых;  $pr$  - количество малых предприятий.

В данной отрасли рассматриваются только малые предприятия, поскольку анализ статистических данных показал, что за последние десятилетия динамика среди крупных и средних предприятий в горной промышленности не отслеживалась.

Вариабельность числа малых предприятий обусловлена организационными «реформами», проводимыми на большинстве крупных предприятий отрасли.

Для большинства отраслей причинами сокращения рабочих мест могут быть как ликвидация предприятий, так и принятие на свободные рабочие места работников, поэтому ликвидация рабочих мест описывается уравнением:

$$lik_i = L_i \cdot scr_i + prin_i,$$

где  $scr_i$  - среднее число рабочих на предприятиях  $i$ -ой отрасли,  $prin_i$  - число людей, принятых на работу в  $i$ -ой отрасли.

Но для горнодобывающей промышленности на крупных предприятиях, ликвидация рабочих мест зависит также и от других параметров:

Ликвидированные рабочие места на крупных предприятиях. Оценивалась зависимость данного параметра от оборота добычи полезных ископаемых на предприятиях и добычи полезных ископаемых:

$$lrm\_kr\_pr = f_4(Ob, dpu),$$

$$lrm\_kr\_pr = 1.956 \cdot 10^3 - 0.029 \cdot Ob + 0.043 \cdot dpu,$$

где  $Ob$  - оборот добычи полезных ископаемых на предприятиях;  $dpu$  - добыча полезных ископаемых.

Новые вакантные места могут возникнуть при создании новых предприятий и за счет увольнения работников по разным причинам. Следовательно, возникновение новых рабочих мест описывается следующим уравнением:

$$voz_i = V_i \cdot scr_i + p_i + uh_i + um_i + uv_i,$$

где  $scr_i$  - среднее число рабочих на предприятиях  $i$ -ой отрасли,  $p_i$  - число людей, ушедших с работы в  $i$ -ой отрасли по причине пенсионного возраста,  $uh_i$  - число людей, ушедших с работы в  $i$ -ой отрасли по причине переезда,  $um_i$  - число умерших в трудоспособном возрасте людей, при жизни работавших в  $i$ -ой отрасли,  $uv_i$  - число людей, уволенных с работы в  $i$ -ой отрасли.

Возникновение рабочих мест на крупных предприятиях горнодобывающей отрасли также имеет свою специфику. Оценивалась зависимость данного параметра от оборота добычи полезных ископаемых на предприятиях и добычи полезных ископаемых:

$$vrm\_kr\_pr = f_3(Ob, dpu),$$

$$vrm\_kr\_pr = 2.152 \cdot 10^3 - 0.073 \cdot Ob + 0.092 \cdot dpu,$$

где  $Ob$  - оборот добычи полезных ископаемых на предприятиях;  $dpu$  - добыча полезных ископаемых.

Число работников ушедших на пенсию, вычисляется как доля ( $k_{p_i}$ ) от общего числа пенсионеров области ( $vp$ ):

$$p = k_{p_i} \cdot vp,$$

Аналогично вычисляется количество уволенных по причине смерти:

$$um = k_{u_i} \cdot utv,$$

где  $utv$  - общее число умерших в трудоспособном возрасте по области,  $k_{u_i}$  - доля умерших, при жизни работавших в  $i$ -ой отрасли.

Число уволенных по причине переезда описывается следующим выражением:

$$uh_i = \frac{Em}{N} \cdot Zt_i \cdot k_{em_i},$$

где  $Em$  - число людей, эмигрировавших из области,  $N$  - общая численность населения области,  $Zt_i$  - количество людей, занятых в  $i$ -ой отрасли,  $k_{em_i}$  - доля уехавших из области, работавших в  $i$ -ой отрасли.

На свободные рабочие места ( $rmt_i$ ) принимаются люди из числа безработных ( $vb$ ), способных работать в  $i$ -ой отрасли ( $bezr_i$ ). Они могут занять все рабочие места, если их число превышает эту величину:

$$prin_i = \begin{cases} rmt_i, & \text{если } rmt_i \leq bezr_i, \\ bezr_i. & \end{cases}$$

### Результаты моделирования

Для повышения степени доверия к результатам моделирования были проведены процедуры верификации, в ходе которых были проверены логические взаимосвязи для подтверждения адекватности логической структуры разработанной модели задачам исследования. Верификация производилась с имеющимися фактическими данными.

На рисунке 5 представлены результаты сравнения фактических данных и данных, полученных при моделировании по следующим параметрам: возникшие рабочие места, ликвидированные рабочие места, занятые рабочие места.



Рис. 5. Сравнение результатов моделирования с фактическими данными горнодобывающей отрасли

Анализ результатов сравнения по горнодобывающей отрасли показывает, что моделирование в целом воспроизводит фактические результаты. В первом случае среднее отклонение составляет 7,4%, во втором - 7,3%, в третьем - 3,7%. По результатам проведения процедур верификации был сделан вывод о том, что «поведение» модели, в целом, согласуется с экспертными представлениями о предметной области и модель имеет верную логическую структуру, поэтому ее можно использовать для прогнозирования и сценарного анализа динамики кадровых потребностей региона.

Проверка адекватности модели торговой отрасли показала отклонение от статистических данных в среднем на 4 % по следующим параметрам: общее количество предприятий, количество возникших и ликвидированных предприятий, количество рабочих мест, количество людей, занятых в торговой отрасли, количество уволившихся людей, а также количество людей, принятых на работу. Результаты верификации модели представлены на рисунках 6-11.

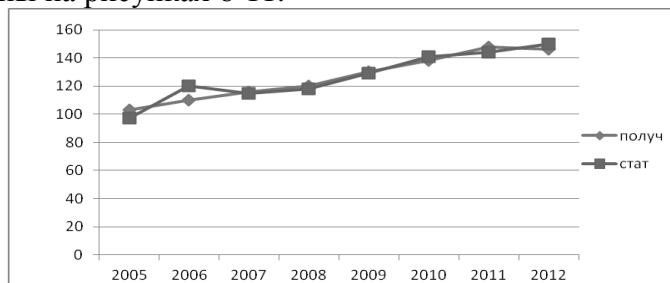


Рис.6. Количество возникших предприятий в торговой отрасли (отклонение 3,1%)



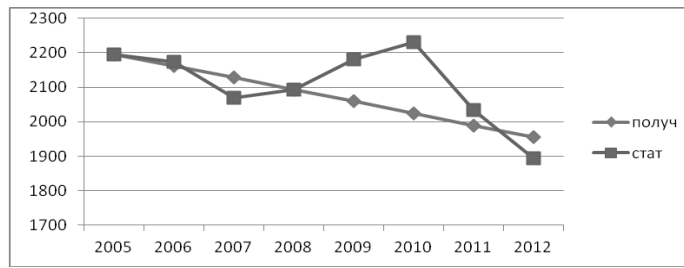


Рис.7. Общее количество предприятий в торговой отрасли (отклонение 3,5%)

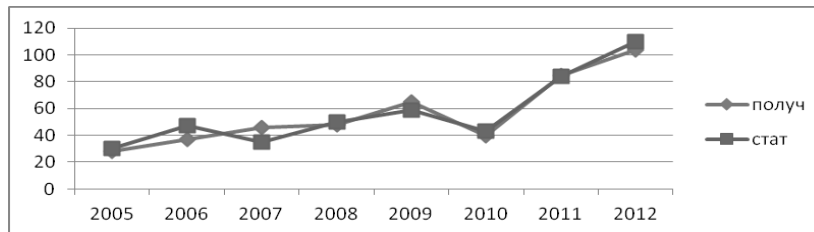


Рис.8. Количество ликвидированных предприятий в торговой отрасли (отклонение 9,8%)

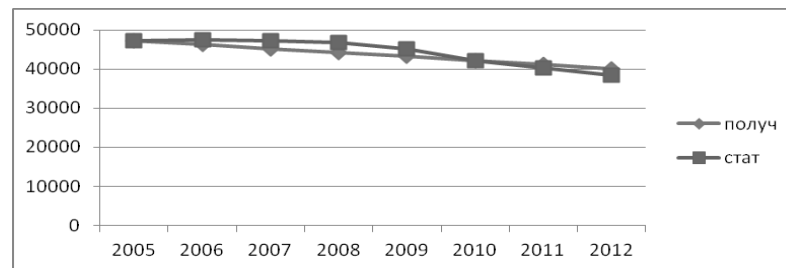


Рис. 9. Количество занятых в торговле (отклонение 2,7%)

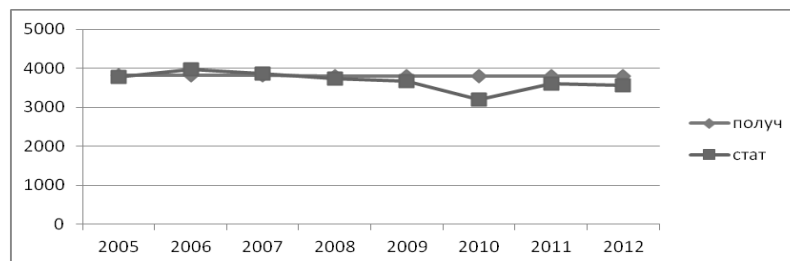


Рис. 10. Количество уволившихся из торговой отрасли (отклонение 4,8%)

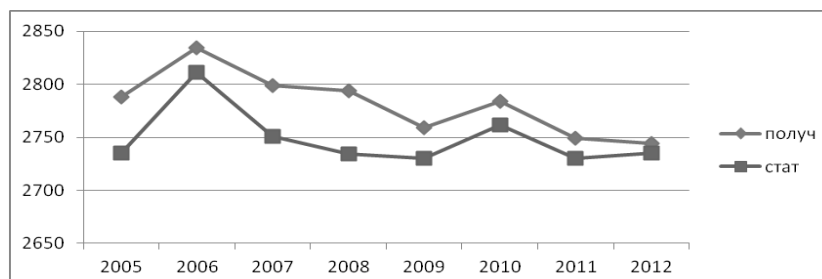


Рис. 11. Количество принятых на работу в торговой отрасли (отклонение 2,1%)

### Заключение

Разработанный полимодельный комплекс позволяет оценить кадровую потребность различных отраслей народного хозяйства и сбалансированность отдельных категорий работников, а также уровень безработицы в масштабах региона. Комплекс моделей отражает специфику отраслевой направленности региона. Комплекс может быть рекомендован для использования административным аппаратом органов исполнительной власти региона и сотрудниками отделов по управлению кадрами отдельных предприятий.

### **Список литературы**

- 1- Сидунова Г.И. Кадровая политика региона: инновационный подход: монография / Сидунова Г.И. - М.: Высшая школа, 2003. - С.132.
- 2- Мещерякова, А.В. Аналитическая записка к прогнозу баланса трудовых ресурсов на 2013-2015. – Режим доступа: <http://www.murman-zan.ru/Attachment.axd?id=fac61597-be67-4ae0-9fd5-b0688e0c5a94>
- 3- Олейник А.Г. Развитие средств информационного обеспечения решения задач подготовки кадров /А.Г. Олейник, П.А. Ломов // Ученые записки Петрозаводского государственного университета, №7(120), Т.2, ноябрь, 2011. - С. 81-85.
- 4- Олейник А. Г. Компьютерное моделирование как инструмент поддержки управления деятельностью региональной системы профессионального образования / А.Г. Олейник, А.В. Горохов, А.Н. Лексиков // Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России: Сб. докладов по материалам Шестой Всероссийской научно-практической Интернет-конференции (28-29 октября 2009г.). Кн.1. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2009. – С.169-181.
- 5- Sowa, John F. Building, Sharing, and Merging Ontologies – Режим доступа: <http://www.jfsowa.com/ontology/ontoshar.htm>
- 6- Онтологии в системах искусственного интеллекта: способы построения и организации / Смирнов А.В., Пашкин М.П., Шилов Н.Г., Левашова Т.В. // Новости искусственного интеллекта, 2002. № 1, - С.3-13, № 2.-С.3-9.
- 7- A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems – Режим доступа: <http://protege.stanford.edu/>
- 8- Самойлов Ю.О. Информационные средства и технологии оценки качества образовательной деятельности / Ю.О. Самойлов, В.В. Быстров // Труды Кольского научного центра РАН. 4/2012(11). Информационные технологии. Выпуск.3 – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. – С. 191-201.
- 9- Anylogic. – Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/>

### **Сведения об авторах**

**Быстров Виталий Викторович** – канд.техн.наук, научный сотрудник, ФГБУН Институт информатики и математического моделирования Кольского научного центра РАН, 184209, Мурманская обл., г.Апатиты, ул. Ферсмана д24а, [bystrov@iimm.ru](mailto:bystrov@iimm.ru); заместитель декана факультета Информатики и прикладной математики ФГБОУ ВПО Кольский филиал «Петрозаводский государственный университет»

**Малыгина Светлана Николаевна** - канд.техн.наук, доцент кафедры бизнес-информатики, ФГБОУ ВПО Кольский филиал «Петрозаводский государственный университет», 184209, Мурманская обл., г.Апатиты, ул. Лесная д. 29, [malygina@iimm.ru](mailto:malygina@iimm.ru); научный сотрудник ФГБУН Институт информатики и математического моделирования Кольского научного центра РАН.

**Олейник Андрей Григорьевич** – докт.техн.нак, заместитель директора по научной работе, ФГБУН Институт информатики и математического моделирования Кольского научного центра РАН, 184209, Мурманская обл., г.Апатиты, ул. Ферсмана д24а, [oleynik@iimm.ru](mailto:oleynik@iimm.ru); заведующий кафедрой информационных систем и технологий факультета Информатики и прикладной математики ФГБОУ ВПО Кольский филиал «Петрозаводский государственный университет»