

УДК 303.732.4

Т.Д. Карминская, В.М. Татьянкин, Д.О. Тей, М.А. Русанов

Использование кластерного анализа и нейронных сетей в задаче управления региональным рынком труда

Рассматривается вопрос повышения эффективности системы управления региональным рынком труда посредством применения кластерного анализа и нейронных сетей. Сформированы кластеры из отраслей региональной экономики согласно факторам, влияющим на численность занятых. Приведены результаты апробации разработанного способа прогнозирования численности занятых.

Ключевые слова: прогноз, кластерный анализ, нейронные сети, кадровая потребность.

Совершенствование управления системой рынка труда является стратегической задачей в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. и в Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г. [1, 2]. Основой таких систем управления являются подсистемы прогнозирования кадровых потребностей региона. В настоящее время известно о двух внедрённых и функционирующих системах прогнозирования кадровой потребности [3, 4]. Способы прогнозирования численности занятых, используемые в системах [3, 4], имеют ряд недостатков, вследствие чего прогноз кадровых потребностей не соответствует требованиям регионального рынка труда.

Далее проводится анализ существующих способов определения кадровых потребностей региональной экономики. Также представлен способ прогнозирования численности занятых по ВЭД, основанный на использовании нейронных сетей, приведен пример прогнозирования численности занятых по ВЭД для Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (далее – ХМАО – Югры).

Анализ способов прогнозирования численности занятых по видам экономической деятельности. Модель, разработанная в [3], может быть записана следующими выражениями:

$$L(t_{i+1}) = I_L(t_i) * L(t_i), \quad (1)$$

$$I_L(t_i) = \frac{I_X(t_{i+1})}{I_F(t_{i+1})}, \quad (2)$$

где $L(t_{i+1})$ – прогнозируемая численность работников; $L(t_i)$ – фактическая существующая численность работников на рынке труда; $I_L(t_i)$ – индекс изменения численности занятого населения; $I_X(t_{i+1})$ – индекс изменения валового регионального продукта (далее – ВРП); $I_F(t_{i+1})$ – индекс изменения производительности труда.

Особенность модели, предложенной в [3], заключается в использовании универсального подхода для определения численности занятых по ВЭД, где численность занятых зависит от ВРП. На практике по ряду ВЭД наблюдается слабая зависимость численности занятых от ВРП. Это объясняется тем, что при подсчёте ВРП учитывается цена произведённого продукта, которая подвержена существенным ценовым колебаниям, т.е. объём произведённой продукции сохраняется, а ВРП может изменяться. Ярким примером является вид экономической деятельности «добыча полезных ископаемых», где за период с 2008 по 2011 г. ВРП изменялся на 25%, а объём продукции оставался постоянным (рис. 1). При этом численность занятых за тот же период существенно не изменялась, что ставит под сомнение адекватность прогнозирования численности занятых через ВРП по ВЭД «добыча полезных ископаемых».

Значения показателей ВЭД «добыча полезных ископаемых» за период с 2009 по 2011 г. нормированы к значению 2008 г.

В [4] была предложена следующая модель, описывающая изменение численности занятых по ВЭД:

$$PT_t = PT_{t-1} * IndPT_t, \quad (3)$$

$$IndPT_t = IndY_t - \Delta IndPrTr_t - \frac{\Delta inf_t}{100}, \quad (4)$$

$$\Delta \text{IndPrTr}_t = \text{IndInv}_t * \text{IndInn}_t, \quad (5)$$

где PT_t – потребность в трудовых ресурсах в году t ; PT_{t-1} – потребность в трудовых ресурсах в году $t-1$; IndPT_t – индекс потребности в трудовых ресурсах в году t ; IndY_t – индекс выпуска товаров в году t , рассчитываемый как отношение значения показателя выпуска продукции в текущем периоде к значению соответствующего показателя в предыдущем периоде; $\Delta \text{IndPrTr}_t$ – индекс производительности труда; Δinf_t – инфляция в году t принимает значения в пределах 5–7%; IndInv_t – индекс инвестиционной привлекательности региона, рассчитываемый как отношение инвестиций, поступивших в регион в году t к значению показателя в предыдущем периоде; IndInn_t – индекс ввода инноваций, рассчитываемый как отношения объёма инновационного оборудования в году t к соответствующему показателю в предыдущем периоде.

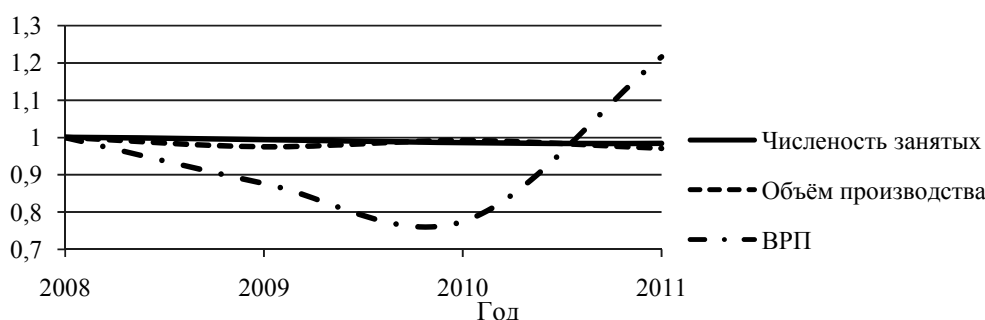


Рис. 1. Показатели ВЭД «добыча полезных ископаемых» (ХМАО – Югра)

В модели (3)–(5) значительное влияние на численность занятых оказывает степень использования инновационного оборудования. При этом внедрение инноваций не приводит к значительному изменению численности занятых в течение одного года. Естественным затруднением является определение степени высокотехнологичности или инновационности оборудования, используемого в производстве, а также его объемов по ВЭД.

Значительным ограничением использования модели (4) является появление отрицательной численности занятых, если индекс выпуска товаров меньше, чем сумма индекса производительности труда и инфляции.

Способ прогнозирования численности занятых по видам экономической деятельности

Кластеризация ВЭД для прогнозирования численности занятых в экономике. В ХМАО – Югре имеются предприятия по 14 из 17 ВЭД. Для определения параметров, оказывающих наибольшее влияние на численность занятых по ВЭД, был проведен корреляционный анализ. В результате были выделены 4 кластера. В первый кластер включены следующие ВЭД: добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды. Ко второму кластеру отнесены ВЭД: строительство, транспорт и связь, торговля, сельское хозяйство. В третий кластер входят ВЭД: финансовая деятельность, операции с недвижимым имуществом, гостиницы и рестораны, прочие услуги. В четвертый кластер входят ВЭД: образование, здравоохранение, государственное и муниципальное управление.

Численность занятых по ВЭД, которые относятся к первому кластеру, в большей степени определяется объемом произведенной продукции:

$$Ch_{z_{j,i+n}} = \frac{V_{j,i+n}}{alf_j}, \quad (6)$$

$$alf_j = \frac{V_{j,i}}{Ch_{z_{j,i}}}, \quad (7)$$

где $Ch_{z_{j,i+n}}$ – численность занятых по j ВЭД на прогнозный год n ; $V_{j,i+n}$ – объем продукции, произведенный j ВЭД в прогнозном году n ; $Ch_{z_{j,i}}$ – численность занятых по j ВЭД в настоящее время; $V_{j,i}$ – объем продукции, произведенный j ВЭД в настоящее время.

Во втором и третьем кластере определение объема произведенной продукции является сложной комплексной задачей (жилое и нежилое строительство, дорожное строительство, ремонт дорог и объектов недвижимости, объем оказанных услуг нематериального характера). Численность занятых в этих кластерах определяется произведенным валовым региональным продуктом:

$$Ch_{-z_{j,i+n}} = \frac{VDS_{j,i+n}}{alf_{-p_j}}, \quad (8)$$

$$alf_{-p_j} = \frac{VDS_{j,i}}{Ch_{-z_{j,i}}}, \quad (9)$$

где $Ch_{-z_{j,i+n}}$ – численность занятых по j ВЭД на прогнозный год n ; $VDS_{j,i+n}$ – валовая добавленная стоимость продукции в ценах года i , произведенная j ВЭД в прогнозном году n ; $Ch_{-z_{j,i}}$ – численность занятых по j ВЭД в настоящее время; $VDS_{j,i}$ – валовая добавленная стоимость продукции, произведенная j ВЭД в настоящее время.

Четвертый кластер содержит непроектные ВЭД, в которых численность занятых зависит от численности населения региона:

$$Ch_{-z_{j,i+n}} = F(Naselenie_{i+n}, I_{i+n}), \quad (10)$$

$$Naselenie_{i+1} = Naselenie_i \left(1 + \frac{KP_i}{1000}\right) + M_{i+1},$$

где $Ch_{-z_{j,i+n}}$ – численность занятых по j ВЭД на прогнозный год n ; $Naselenie_{i+n}$ – численность населения в прогнозном году n ; $Ch_{-z_{j,i}}$ – численность занятых по j ВЭД в настоящее время; $Naselenie_{j,i}$ – численность населения в настоящее время; KP_i – коэффициент естественного прироста; M_{i+1} – миграция в году $i+1$; $F(Naselenie_{i+n}, I_{i+n})$ – функция активации многослойной сети [6]; I_{i+1} – объем планируемых инвестиций в году $i+1$.

Нейросетевой подход к прогнозированию численности занятых в регионе. Для прогнозирования объема произведенной продукции используется многослойная нейронная сеть [6]. Архитектура многослойной нейронной сети состоит из входного, скрытого и выходного слоя. В качестве нейронных элементов входного слоя, которые выполняют распределительные функции, используются:

$$x_1 = V_i, \quad x_2 = I_{i+1}, \quad x_3 = SF_i, \quad x_4 = SIF_i, \quad (11)$$

где x_i – нейронные элементы входного слоя; V_i – объем продукции, произведенный в году i ; I_{i+1} – объем планируемых инвестиций в году $i+1$; SF_i – стоимость основных фондов в году i ; SIF_i – степень износа основных фондов в году i .

Аналогично прогнозированию объемов производства определяется будущий объем валового регионального продукта по ВЭД. Отличия имеются в организации входного слоя, который можно определить следующими выражениями:

$$x_1 = VDS_i, \quad x_2 = I_{i+1}, \quad x_3 = SF_i, \quad x_4 = SIF_i. \quad (12)$$

Входной слой для прогнозирования валового регионального продукта по ВЭД в третьем кластере имеет следующий вид:

$$x_1 = VDS_i, \quad x_2 = I_{i+1}, \quad x_3 = SF_i, \quad x_4 = SIF_i, \quad x_5 = V_{i+1}. \quad (13)$$

Применение многослойной нейронной сети обусловлено особенностью прогнозируемых данных. Методы классического прогнозирования (экстраполяция, регрессия) являются неэффективными при прогнозировании временных рядов, описывающих состояние социальных экономических систем, которые характеризуются существенными колебаниями значений [7].

Сравним на примере ХМАО – Югры способ прогнозирования численности занятых [3] по ВЭД и способ, основанный на кластеризации ВЭД региона. Прогноз выполним для двух видов экономической деятельности:

- 1) добыча полезных ископаемых (рис. 2);
- 2) здравоохранение (см. рис. 2).

Прогнозирование проводилось для периода, в котором известна численность занятого населения с 2008 по 2011 г. Таким образом, можно оценить ошибку прогнозирования путем сравнения результатов прогнозирования численности занятых с реальными данными за период 2008–2011 гг. Для

оценки различных способов расчета численности занятых в экономике в качестве входных данных использовались известные данные о ВРП, объемах производства, численности населения.

Анализ полученных результатов показывает, что в случае абсолютно точного прогнозирования ВРП ошибка определения численности занятого населения по способу [3] превышает 10% для отрасли добычи полезных ископаемых и 25% для здравоохранения. В случае использования предложенного способа кластеризации ошибка определения численности занятого населения не превышает 5% для отрасли добычи полезных ископаемых и 8% для здравоохранения.

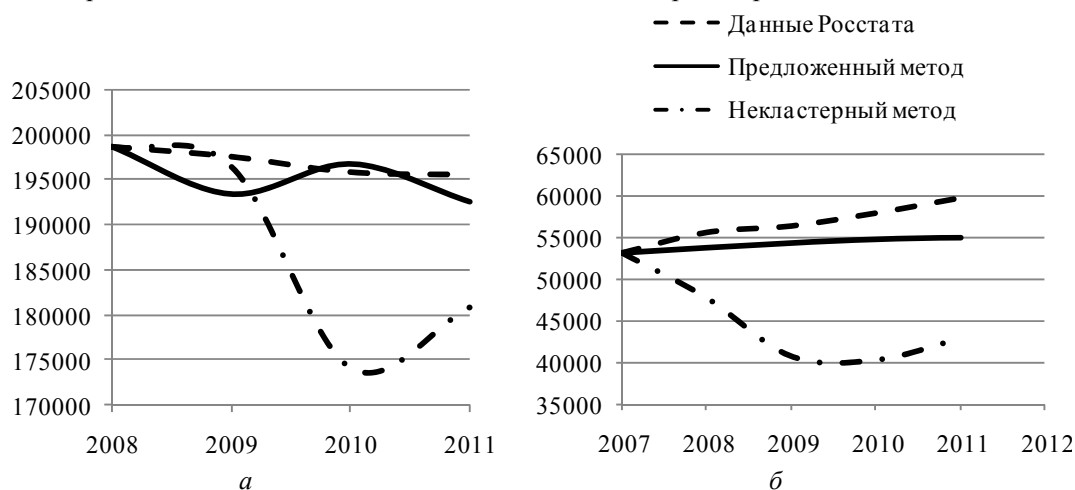


Рис. 2. Численность занятых по ВЭД «добыча полезных ископаемых» (а) и «здравоохранение» (б)

Заключение. Результаты исследования имеющихся математических моделей, используемых для определения кадровых потребностей в задаче управления региональным рынком труда, выявили недостатки, которые приводят к значительным ошибкам в прогнозировании кадровых потребностей. Анализ недостатков систем определения кадровых потребностей региона позволил разработать модель и способ прогнозирования кадровых потребностей, которые учитывают отраслевые, демографические особенности региона и в значительной степени увеличивают точность прогнозирования, а значит, эффективность системы управления региональным рынком труда.

Апробация предложенного способа прогнозирования кадровых потребностей, использующего многослойную нейронную сеть, кластеризацию отраслей региональной экономики, показала его эффективность по сравнению с известными способами прогнозирования численности занятых.

Литература

1. Проект по Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. – URL: <http://www.economy.gov.ru/minrec/press/news/doc1224245909936> (дата обращения: 18.07.2013).
2. Проект Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. – URL: http://www.economy.gov.ru/minrec/activity/sections/innovations/doc20101231_016 (дата обращения: 18.07.2013).
3. Алгоритмы и математические модели макроэкономической методики прогнозирования потребностей экономики в квалифицированных кадрах. – URL: <http://www.labourmarket.ru/Pages/metodika/03.php> (дата обращения: 18.07.2013).
4. Косоруков О.А. и др. Комплексный подход моделирования рынка труда. URL: http://www.prognozkadrov.ru/information/public/docs/integrated_model_is_suitable_lution_of_the_labor_market.pdf (дата обращения: 18.07.2013).
5. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по ХМАО–Югре. – URL: <http://www.khmstat.gks.ru> (дата обращения: 18.07.2013).
6. Головкин В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение: учеб. пособие для вузов / Общ. ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 199 с.
7. Методы прогнозирования. – URL: http://www.neuroproject.ru/forecasting_tutorial.php (дата обращения: 18.07.2013).

Карминская Татьяна Дмитриевна

Канд. техн. наук, ректор Югорского государственного университета (ЮГУ)

Тел.: (346-7) 35-75-04

Эл. почта: ktd@mail.ru

Татьянкин Виталий Михайлович

Аспирант каф. автоматизированных системы обработки информации и управления (АСОИиУ) ЮГУ

Тел.: 8-950-501-05-98

Эл. почта: bambar@bk.ru

Тей Дмитрий Олегович

Канд. техн. наук, доцент каф. АСОИиУ

Тел.: (346-7) 35-78-54

Эл. почта: teyd@ugrasu.ru

Русанов Михаил Александрович

Аспирант кафедры АСОИиУ

Тел.: 8-951-980-48-91

Эл. почта: rusanov_misha@bk.ru

Karminskaya T.D., Tatjankin V.M., Tey D.O., Rusanov M.A.

Human resources forecasting within economic activities with the use of cluster analysis and neural networks

This paper presents the problem of Human resources forecasting method which is based on the cluster analysis and neural networks. The specific factors, which strongly effect the forecasting results are determined for every economic activity. The comparative analysis of classical and designed methods was made and the efficiency of the proposed method was shown.

Keywords: Forecast, economic activities, cluster analysis, neural networks, the need for personnel.