

УДК 336:330

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАДРОВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РЕГИОНА НА ОСНОВЕ АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Мигранова Л.И., Минязев А.И.

*Институт социально-экономических исследований – обособленное структурное подразделение
ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа,
e-mail: lilya2710@yandex.ru*

Одним из важнейших условий эффективно функционирующей и развивающейся экономики является сбалансированность трудовых ресурсов. Несоответствие между спросом на рабочую силу и ее предложением оказывает негативное влияние на население (обеспечивая рост безработицы, снижение уровня и качества жизни), расширение теневой экономики, а также на успешную деятельность предприятий. Для прогнозной оценки ситуации на рынке труда разрабатывается баланс трудовых ресурсов в соответствии с методикой, утвержденной Министерством труда Российской Федерации, основанный на методах экспертных оценок и экстраполяции, которые не обеспечивают необходимой точности и надежности при изменении экономических условий. Наиболее перспективными являются имитационные методы моделирования, учитывающие поведенческие характеристики экономических агентов и структурные изменения, происходящие на рынке труда в условиях цифровой трансформации экономики. В статье предложена модель прогнозирования кадровой обеспеченности региона на основе имитационного агент-ориентированного подхода, рассматривающего взаимодействие агентов-предприятий, формирующих кадровые потребности и популяции агентов, удовлетворяющий эти потребности в конкурентной среде. Применение модели позволяет прогнозировать кадровую обеспеченность региона при различных сценариях государственного воздействия на поведение агентов и оценивать их эффективность.

Ключевые слова: агент-ориентированная модель, рынок труда, трудовые ресурсы, потребность в кадрах

FORECASTING REGIONAL STAFFING LEVELS BASED ON AN AGENT-BASED APPROACH

Migranova L.I., Minyazev A.I.

*Institute for Socio-Economic Research – separate structural unit of the Ufa Scientific Center,
Russian Academy of Sciences, Ufa, e-mail: lilya2710@yandex.ru*

One of the most important conditions for a well-functioning and developing economy is a balanced labour force. The mismatch between labour demand and labour supply has a negative impact on the population, ensuring increased unemployment, lower living standards and quality of life, and an expanding shadow economy, as well as on the successful operation of enterprises. For forecasting the labour market situation, a labour resources balance is developed in accordance with the methodology approved by the Ministry of Labour of the Russian Federation, based on methods of expert estimates and extrapolation, which do not provide the necessary accuracy and reliability under changing economic conditions. The most promising are simulation modelling methods that take into account the behavioural characteristics of economic agents and structural changes taking place in the labour market under the conditions of digital transformation of the economy. The paper proposes a model for forecasting staffing levels in a region on the basis of agent-based simulation approach that considers the interaction between agents-enterprises that form staffing needs and the population of agents that satisfy these needs in a competitive environment. Application of the model makes it possible to forecast staffing levels in the region under various scenarios of state impact on the agents' behavior and to assess their effectiveness.

Keywords: agent-based model, labour market, labour resources, manpower requirements

Для оценки ситуации на рынке труда используется прогноз баланса трудовых ресурсов, разработка которого регулируется рядом законов [1, 2]. Цель прогноза – оценка потенциальной сбалансированности и определение структурного соотношения спроса и предложения на рынке труда; выявление перспективных направлений развития рынка труда с учетом стратегий развития отдельных отраслей и секторов экономики; повышение эффективности формирования, регулирования и использования трудовых ресурсов [3]. Согласно методологии, утвержденной Министерством труда РФ, прогноз баланса трудовых ресурсов основан на экспертных

оценках и экстраполяции данных, которые не могут обеспечить необходимую надежность при меняющихся условиях в экономике. К тому же отсутствует достоверная информация от предприятий о планируемом количестве работников, необходимых для осуществления деятельности на рынке труда, которую чаще всего получают путем опроса работодателей. Но не все работодатели добросовестно участвуют в таких опросах [4]. В этих условиях становится актуальной задача прогнозирования потребностей рынка труда в кратко-, средне- и долгосрочном периоде с использованием адекватных экономико-математических методов и моделей.

Целью исследования является прогнозирование кадровых потребностей региона на основе агент-ориентированного подхода.

Материалы и методы исследования

В работе применены опросы, экономико-математические методы, анализ, синтез, агент-ориентированное моделирование.

Результаты исследования и их обсуждение

Прогнозирование кадровой обеспеченности региона основано на определении дисбаланса спроса и предложения на региональном рынке труда как несоответствия структуры потребности в кадрах его предложению (рис. 1) [5–7].

Основными элементами модели являются: 1) модуль агента «Человек», характеризующий его как элемент трудового ресурса в статусах, представленных отдельными популяциями «Выпускник», «Безработный», «Мигрант», имеющий определенные компетенции. Численность этих популяций и исходные данные их параметров определяются с помощью статистических данных, а также опросов, социологических исследований и технологий цифровых траекторий, или «цифрового следа» человека. На практике это позволяет создать цифрового двойника человека, что дает возможность моделировать как его образовательную, так и трудовую траектории на региональных рынках; 2) модуль рынка труда (экономика), состоящий из популяции агентов «Предприятия», каждый из которых представляет вид экономической деятельности, характеризующийся такими параметрами, как количество вакансий, число занятых, среднемесячная заработная плата, требование к опыту работы, объем и структура дополнительной потребности в рабочих; 4) модуль «Регион», определяющий влияние внешней среды на остальных агентов системы и вклю-

чающий различные процессы и факторы, определяемые региональной стратегией и программами социально-экономического развития (демографические, миграционные, структурные и технологические изменения в экономике, приоритетные отрасли, инвестиционные потоки и др.).

Входными данными для определения параметров агентов являются данные и статистических источников, и социальных опросов: прием/выпуск в образовательных учреждениях, среднегодовая численность и структура занятых по ВЭД, среднемесячная зарплата по ВЭД, структура занятых по образованию по ВЭД, доля безработицы, число прибывших мигрантов, зарплатные ожидания соискателей, желание соискателя работать по направлению подготовки, готовность соискателя переехать в другой регион, готовность соискателя пройти переобучение, опыт работы соискателя и др.

На основе статистических данных и результатов опроса проводятся расчеты динамики изменения численности и параметров отдельных популяций. Численность и структура популяции «Выпускник» по направлениям подготовки рассчитывается исходя из данных по приему и доли завершивших обучение за предыдущие годы. Эта численность корректируется на долю выпускников, которые уже устроились на работу до выпуска, и на долю тех, кто намерен продолжить обучение на следующей ступени обучения. К примеру, для бакалавриата:

$$FGr_{k,t} = App_{k,t-4} - Drop_k, \tag{1}$$

$$Drop_k = Gr_{k,t} - App_{k,t-4}, \tag{2}$$

где FGr – прогнозный выпуск, App – фактический прием за прошлый период, Drop – ср. доля доучившихся за предыдущий год, Gr – фактический выпуск за прошлый период, t – год, k – направление подготовки.



Рис. 1. Прогнозирование кадровой обеспеченности региона на основе агент-ориентированного подхода

Численность и структура популяции «Мигрант» определяется с использованием методов экстраполяции ретроспективных данных по статистике входящей миграции трудоспособного населения в регион [8].

Численность популяции «Безработный» определяется исходя из прогнозных параметров доли безработицы в структуре социально-экономического развития региона, а структура по направлениям подготовки определяется по данным центров занятости [9].

Определение индивидуальных характеристик агентов данных популяций, таких как «Желаемая зарплата», «Желание работать по направлению подготовки» и др., происходит с использованием данных опроса непосредственно представителей этих групп. В частности, пример такого опроса приведен в [10]. Конкретные значения параметров каждого из генерируемых агентов формируются с помощью реализации случайных величин. Эти случайные величины описываются с помощью заранее подобранных функций распределения, параметры и вид которых определяются исходя из результатов опроса. Впоследствии параметры распределений корректируются с помощью проверки адекватности модели на ретроспективных данных.

Каждый из агентов популяции «Предприятия» представляет собой один из ВЭД региона. Среднегодовая численность рабочих по каждому ВЭД определяется по данным прогноза социально-экономического развития исследуемого региона [9]. Среднегодовая заработная плата по ВЭД определяется по статистическим данным и на прогнозный период индексируется исходя из доли прироста средней зарплаты по региону. «Численность требуемых работников на вакантные рабочие места» на конец года, «требование к опыту работы» будут определены из опроса работодателей.

В качестве основы для расчета прогнозной ежегодной дополнительной потребности предприятий региона в кадрах можно использовать положения методики, представленной в [11].

Дополнительная потребность в кадрах определяется на основе прироста в кадрах в прогнозном году t , высвобождения мест в результате естественно-возрастного выбытия и численности требуемых работников на вакантные рабочие места на конец предыдущего года:

$$\Delta D_{e,t} = \Delta L_{e,t} + L_{e,t}^- + V_{e,t-1}, \quad (3)$$

где $\Delta D_{e,t}$ – дополнительная потребность в кадрах, $\Delta L_{e,t}$ – прирост в кадрах на про-

гнозный год, $L_{e,t}^-$ – высвобождение рабочих мест по естественно и возрастным причинам, $V_{e,t-1}$ – численность требуемых работников на вакантные рабочие места на конец предыдущего года, e – вид экономической деятельности.

Прирост в кадрах рассчитывается как разность между среднегодовой численностью занятых L в году t и предшествующем году $t-1$:

$$\Delta L_{e,t} = L_{e,t} - L_{e,t-1}, \quad (4)$$

где $L_{e,t}$ – среднегодовая численность занятых.

Высвобождение рабочих мест по естественно и возрастным причинам показывает численность работников, выбывших в связи с выходом на пенсию и в связи с потерей трудоспособности (инвалидность, смерть и др.), и определяется с помощью коэффициентов естественно-возрастного выбытия:

$$L_{e,t}^- = L_{e,t-1} \cdot k_{CSe}. \quad (5)$$

Коэффициент естественно-возрастного выбытия определяется по данным опроса работодателей.

Численность требуемых работников на вакантные рабочие места на конец предыдущего года по ВЭД определяется из статистики и данных Министерства труда и занятости Республики Башкортостан [8]. Пример расчета дополнительной потребности в кадрах на 2022 г. приведен в табл. 1.

Если дополнительная потребность равна нулю или отрицательна, это означает его отсутствие по данному ВЭД на этот период, и она не учитывается в общей сумме.

Детализация дополнительной потребности основывается на обработке данных опросов работодателей и матрицы «вид экономической деятельности – направление подготовки».

Потребность экономики в кадрах вначале структурируется по уровням профессионального образования:

$$\Delta D_{e,n,t} = \Delta D_{e,t} * dO_{e,n}, \quad (6)$$

где $dO_{e,n}$ – доля занятых по уровню образования, n – уровень образования.

На ретроспективном периоде структура занятых по уровням образования $\Delta D_{e,n,t}$ определяется на основе статистических данных [8]. На прогнозном периоде структура занятых определяется на основе экстраполяции ретроспективных значений и экспертной корректировки с учетом тенденций в структуре образовательной системы региона (табл. 2).

Таблица 1

Пример расчета дополнительной потребности на 2022 г.

	Среднегодовая численность занятых L		Прирост ΔL	Численность требуемых работников на вакантные рабочие места на конец 2021 г. V	Высвобождение рабочих мест по естественным и возрастным причинам L ⁻ (k _{cse} = 0,03)	Дополнительная потребность в кадрах ΔD
	2021 (факт)	2022 (оценка Минэж РБ)				
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	111800	111100	-700	567	3354	3221
Добыча полезных ископаемых	36700	36500	-200	1189	1101	2090
Обрабатывающие производства	244500	243100	-1 400	2919	7335	8854
По всем видам экономической деятельности	1 651 100	1 641 600	-9 500	26300	49533	66333

Таблица 2

Прогноз структуры занятости по уровням образования, %

	Всего	В том числе имеют образование					
		высшее	среднее профессиональное		среднее общее	основное общее	не имеют основного общего
			по программе подготовки специалистов среднего звена	по программе подготовки квалифицированных рабочих (служащих)			
2017	100	29,5	26,1	28,1	12,8	3,3	0,2
2018	100	28,9	27,6	26,5	12,9	3,9	0,3
2019	100	29,9	28,1	26,3	11,9	3,7	0,1
2020	100	31,6	27,3	25	13,7	2,4	0,1
2021	100	32,0	28,2	24,7	11,7	3,3	0,1
2022	100	32,8	28,6	24,1	11,1	3,3	0,1

Последующую детализацию прогноза дополнительной кадровой потребности по направлениям подготовки можно осуществлять на основе матрицы профессионально-квалификационного соответствия «виды экономической деятельности – направления подготовки» [12].

Столбцы этой матрицы соответствуют видам экономической деятельности, а строки – направлениям подготовки. Данные матрицы являются нормативными и уникальными для каждого уровня образования: ее элемент соответствует процентной доле специалистов уровня образования n с направлением подготовки, которые традиционно привлечены к работе в данном ВЭД. Таким образом, выражение для оценки дополнительной кадровой потребности спе-

циалистов уровня образования n с k-м направлением подготовки на основе матрицы профессионально-квалификационного соответствия имеет вид

$$\Delta D_{k,n,t} = \Delta D_{e,n,t} * m_{e,n,k}, \quad (7)$$

где $m_{e,n,k}$ – доля специалистов уровня образования n с k-м направлением подготовки в ВЭД e.

Исходя из оценки относительной потребности по ВЭД в специальностях экспертно осуществляется присвоение веса каждой ячейке матрицы на пересечении столбцов «ВЭД» и строки «направление подготовки» исходя из реальной практики трудоустройства выпускников образовательных учреждений разных специальностей в конкретных видах экономической деятельности.

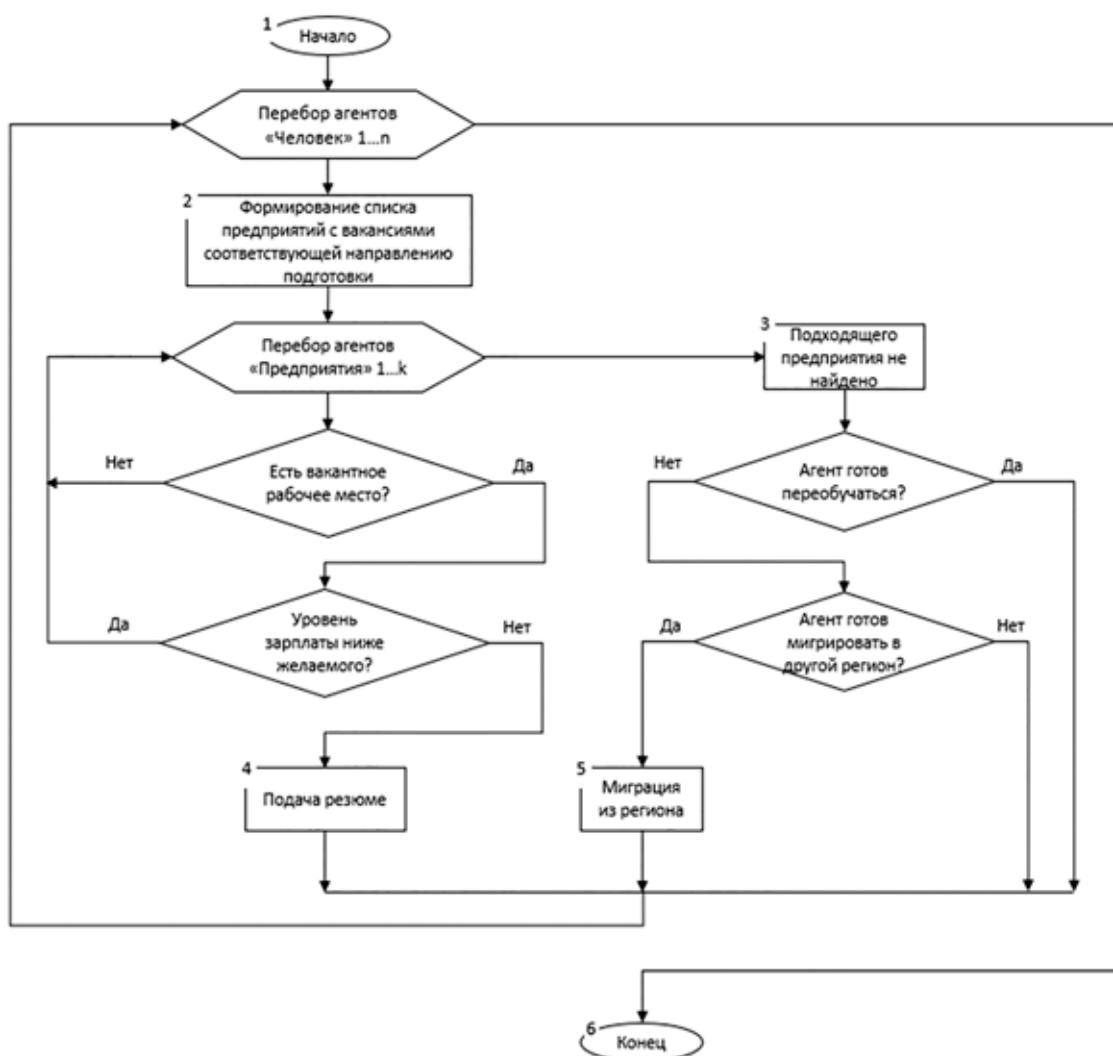


Рис. 2. Диаграмма состояний агентов модуля «Человек»

После определения и детализации параметров агентов запускается их движение по диаграмме состояний.

Поведение агента модуля «Человек» описывается диаграммой последовательных переходов состояний: «Начало», «Формирование списка предприятий с вакансиями соответствующей специальности», «Подходящего предприятия не найдено», «Трудоустройство в предприятие», «Миграция из региона», «Конец» (рис. 2).

В начальном состоянии 1 происходит инициализации переменных перед запуском модели. Всем агентам модуля «Человек» по умолчанию назначается статус «без работы». Затем осуществляется перебор по агентам популяции «Человек».

В состоянии 2 «Формирование списка предприятий с вакансиями соответствующей направлению подготовки» у агента формируется список из предприятий, на которые он может трудоустроиться исходя из своего уровня образования и направления подготовки. То есть параметры «Направление подготовки» и «Уровень образования» человека n сопоставляются с параметром «Дополнительная потребность в кадрах по уровню образования и направлению подготовки» агента популяции «Предприятия», и если человек может устроиться на предприятие, то оно попадает в список. Затем этот список сортируется по параметру «Среднемесячная заработная плата» агентов «Предприятия» по убыванию.

Далее идет перебор агентов из этого списка. У предприятия k проверяется па-

параметр «Дополнительная потребность в кадрах по уровню образования и направлению подготовки». Если значение параметра равно 0, то происходит переход к следующему элементу списка. Если значение параметра больше 0, то у этого же предприятия к сопоставляется параметр «Среднемесячная заработная плата» человека n . Если уровень зарплат на предприятии ниже желаемого, то происходит переход к следующему предприятию из списка. Если уровень зарплат равен или выше желаемого, то происходит переход в состояние 4. Входные значения параметра желаемой зарплаты определяются по ответам на вопрос «Если бы Вам предложили работать по выбранной Вами профессии, то на какую минимальную зарплату Вы бы согласились?» проведенного опроса.

В состоянии 4 «Подача резюме» текущий агент n заносит себя в список соискателей предприятия k . Далее происходит переход к следующему агенту популяции «Человек».

В случае если перебор предприятий из списка подошел к концу, происходит переход в состояние 3 «Подходящего предприятия не найдено». В этом состоянии у человека n проверяется параметр «Готовность к переобучению». Параметр может иметь значение «да» или «нет». При значении «да» происходит переход к следующему агенту n . При значении параметра «нет», то у этого же человека n проверяется параметр «Готовность работать в другом регионе». Параметр также может иметь значение «да», при котором происходит переход в состояние 5, либо «нет», при котором происходит переход к следующему агенту n .

В состоянии 5 «Миграция из региона» параметру «Статус» человека n присваивается значение «уехал». После этого происходит переход к следующему агенту популяции «Человек».

По окончании перебора агентов популяции «Человек» происходит переход в состояние 6 «Конец». Далее идет перебор агентов популяции «Предприятия». В каждом агенте предприятия происходит сортировка их списка соискателей по их параметру «Опыт работы» в порядке убывания. Далее идет перебор агентов из этого списка. Если параметр «Опыт работы» человека больше или равно параметру «Требование к опыту работы» предприятия, то человек зачисляется в штат. Если параметр «Опыт работы» меньше параметра «Требование к опыту работы» предприятия, то вероятность зачисления в штат определяется как отношение первого параметра ко второму. При зачислении человека в штат параметр «Дополни-

тельной потребности...» соответствующего уровня образования и направления подготовки сокращается на 1, а статус зачисленного человека изменяется на «рабочий». Далее идет переход к следующему агенту из списка соискателей. Перебор списка идет до тех пор, пока параметр «Дополнительная потребность...» не будет равен 0. В сценариях, в которых имитируются мероприятия по стимулированию приема на работу выпускников вузов, список соискателей будет сортироваться так, что вначале будут агенты из популяции «Выпускники», а затем уже агенты из популяций «Мигранты» и «Безработные».

В результате выполнения модели выходными показателями будут число трудоустроившихся, безработных и уехавших работать в другой регион. Число трудоустроившихся будет определяться как число агентов популяции «Человек» со значением параметра статус «рабочий», соответственно число безработных будет определяться как число агентов со значением параметра статус «без работы», а число уехавших в другой регион – как число агентов со значением параметра статуса «уехал». Эти показатели будут возможно детализировать по направлению подготовки и уровням образования в отдельных популяциях «Выпускники», «Безработные», «Мигранты».

Заключение

Агент-ориентированное моделирование позволяет прогнозировать кадровую обеспеченность региона с учетом индивидуальных характеристик агентов, их желаний и предпочтений, имитируя различные сценарии государственного воздействия на агентов рынка труда, оценить их эффективность в обеспечении будущих кадровых потребностей исходя из перспектив развития видов экономической деятельности в регионе.

Данное исследование выполнено в рамках государственного задания УФИЦ РАН № 075-03-2022-001 на 2022 г.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 03.06.2011 г. № 440 «О разработке прогноза баланса трудовых ресурсов». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12186584/> (дата обращения: 22.08.2022).
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 апреля 2019 г. № 248н «Об утверждении методики разработки прогноза баланса трудовых ресурсов». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72607496/> (дата обращения: 22.08.2022).
3. Перекрест В.Т., Курзнев В.А., Перекрест И.В. Особенности формирования структурного баланса трудовых ресурсов на рынке труда // Управленческое консультирование. 2015. № 5 (77). С. 72-80.

4. Разработан прогноз потребностей рынка труда в специалистах и рабочих кадрах Республики Башкортостан до 2031 года / Министерство семьи, труда и социальной защиты населения Республики Башкортостан: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://mintrud.bashkortostan.ru/presscenter/news/419318/> (дата обращения: 22.08.2022).
5. Гайнанов Д.А., Мигранова Л.И., Сайфуллина Л.Д. Развитие и регулирование рынков образовательных услуг и труда на основе агент-ориентированного подхода. Уфа: Институт социально-экономических исследований УНЦ РАН, 2015. 132 с.
6. Гайнанов Д.А., Мигранова Л.И. Модель взаимодействия экономических агентов региональных рынков образовательных услуг и труда и оценка сбалансированности рынков. Information Technologies for Intelligent Decision Making Support ITIDS'2015, 2015. С. 199–204.
7. Гайнанов Д.А., Мигранова Л.И., Минязев А.И. Имитационная модель управления поведением абитуриента в образовательной системе региона // Креативная экономика. 2020. Т. 14. №. 10. С. 2551–2568.
8. Республика Башкортостан в цифрах: Статистический сборник. Официальное издание. Уфа: Башкортостан стат, 2021. 157 с.
9. Прогноз социально-экономического развития Республики Башкортостан. [Электронный ресурс]. URL: <https://economy.bashkortostan.ru/activity/22338/> (дата обращения: 20.09.2022).
10. Гайнанов Д.А., Атаева А.Г., Мигранова Л.И. Поведенческие факторы образовательной траектории в обеспечении кадровых потребностей региона (на примере Республики Башкортостан) // Проблемы развития территории. 2022. Т. 26. № 5. С. 88–109.
11. Гуртов В.А., Питухин Е.А. Прогнозирование потребностей экономики в квалифицированных кадрах: обзор подходов и практик применения // Университетское управление: практика и анализ. 2017. Т. 21. № 4 (110). С. 130–161.
12. Гуртов В.А., Серова Л.М. Матрицы профессионального квалификационного соответствия «27 ВЭД-28 УГС» // Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России: сб. докладов по материалам. 2007. С. 142.