



Ars Administrandi (Искусство управления). 2023. Т. 15, № 3. С. 406–425.

Ars Administrandi. 2023. Vol. 15, no. 3, pp. 406–425.

Научная статья

УДК 331.5:004.9

<https://doi.org/10.17072/2218-9173-2023-3-406-425>

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРУДОУСТРОЙСТВА ВЫПУСКНИКА ВУЗА С УЧЕТОМ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ АСПЕКТОВ

Амина Шамилевна Гайсина¹, Айдар Илшатович Минязев²,

Лилия Ишмухаматовна Мигранова³✉

^{1,2,3}Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, Уфа, Россия

¹aminagay@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1620-1099>

²aiminyazev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5410-5567>

³lilya2710@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-9794-9292>

Аннотация. Введение: в современных условиях адаптации рынка труда к новым вызовам цифровой экономики возникает необходимость поиска новых аналитических инструментов оценки поведения на рынке труда человека на разных стадиях его жизненного цикла. Это касается выбора человеком и своей образовательной траектории (будущей профессии, места обучения), и профессиональной, связанной или не связанной с полученной профессией. **Цель:** разработка цифровой модели прогнозирования трудоустройства выпускника вуза на рынке труда на основе агентно-ориентированного подхода. **Методы:** имитационное моделирование, агент-ориентированный подход, системная динамика, анализ, синтез, социологический опрос. **Результаты:** предлагаемая модель рассматривает поведение соискателя работы – выпускника вуза в условиях конкуренции с популяциями агентов «Безработный», «Мигрант», претендующих на вакантные места агентов-предприятий, формирующих кадровые потребности региона. Модель апробирована на примере трудоустройства выпускников вузов Республики Башкортостан. Получены прогнозные данные на 2025 год по численности трудоустроившихся выпускников вузов и численности мигрировавших выпускников, оставшихся без работы; определено также число незакрытых вакантных мест, то есть объем неудовлетворенных потребностей рынка труда. **Выводы:** полученная цифровая модель позволяет оценить влияние отдельных мер государственной политики на изменение профессионально-квалификационного дисбаланса рынка труда через оценку реакций конкретных индивидов. Модель может быть использована органами государственной власти для корректировки образовательной и трудовой политики.



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Ключевые слова: агент-ориентированная модель, рынок труда, сфера образовательных услуг, выпускник, безработный, мигрант, поведение агентов

Благодарность: исследование выполнено в рамках государственного задания Уфимского федерального исследовательского центра РАН № 075-01134-23-00 на 2023 год.

Для цитирования: Гайсина А. Ш., Миняев А. И., Мигранова Л. И. Цифровая модель прогнозирования трудоустройства выпускника вуза с учетом поведенческих аспектов // *Ars Administrandi* (Искусство управления). 2023. Т. 15, № 3. С. 406–425. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2023-3-406-425>.

Original article

A DIGITAL MODEL FOR PREDICTING THE UNIVERSITY GRADUATES EMPLOYMENT IN VIEW OF BEHAVIORAL ASPECTS

Amina Sh. Gaisina¹, Aidar I. Minyazev², Liliya I. Migranova³✉

^{12,3} Ufa Federal Research Center of the RAS, Ufa, Russia

¹ aminagay@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1620-1099>

² aiminyazev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5410-5567>

³ lilya2710@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-9794-9292>

Annotation. Introduction: in modern conditions of labor market adaptation to the new challenges of the digital economy there is a need to search for new analytical tools to assess human behavior in the labor market at different stages of its life cycle. This applies to the applicant's choice of an educational trajectory (future profession, place of study), as well as the choice of a professional trajectory related or unrelated to the profession received. **Objectives:** development of a digital model for predicting the employment of a university graduate in the labor market using an agent-based approach. **Methods:** simulation modeling methods, agent-based approach, system dynamics, analysis, synthesis, sociological research. **Results:** the proposed model considers the behavior of a job seeker – a university graduate in competition with populations of “Unemployed”, “Migrant” agents applying for vacant positions of agents-enterprises that form the staffing needs of the region. The model was tested in the case of labor market employment of Bashkortostan Republic universities graduates. The forecast data for 2025 have been received on the number of employed university graduates and the number of migrating graduates with no employment; the number of unfilled vacancies, i.e., unsatisfied needs of the labor market has also been determined. **Conclusions:** the resulting digital model allows to assess the impact of individual state policy measures on changing the professional and qualification imbalance of the market through the assessment of the reactions of specific individuals. Public authorities can use the model to adjust educational or labor policies.

Keywords: agent-oriented model, labor market, educational services, graduate, unemployed, migrant, agent behavior

Acknowledgements: the research was supported by the government fund to the Ufa Federal Research Center of Russian Academy of Sciences no. 075-01134-23-00 for 2023.

For citation: Gaisina, A. Sh., Minyazev, A. I. and Migranova, L. I. (2023), “A digital model for predicting the university graduates employment in view of behavioral aspects”, *Ars Administrandi*, vol. 15, no. 3, pp. 406–425, <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2023-3-406-425>.

ВВЕДЕНИЕ

Трудовые ресурсы являются важным фактором в развитии цифровой экономики. В настоящее время региональные власти часто сталкиваются с проблемой регулирования рынка труда из-за дисбаланса спроса и предложения квалифицированных кадров. Это неравновесие объясняется целым рядом факторов: несоответствием предлагаемых вузами образовательных программ потребностям регионального рынка труда, нежеланием выпускников работать по полученной специальности, миграция в другие регионы (Мигранова, 2021; Мигранова и Атнабаева, 2021) и прочие особенности поведения молодежи на рынке труда (Атаева и Уляева, 2018; Гайнанов и Климентьева, 2019; Гайнанов и Мигранова, 2020).

Проблема несоответствия приема и выпуска в вузах востребованным на рынке труда направлениям обучения существует уже не первый год и заключается в том, что многие студенты выбирают профессии, не имеющие на рынке труда высокого спроса. Отчасти это обусловлено более простым и быстрым получением образования по таким профессиям. В этом убеждают и результаты выбора предметов ЕГЭ для поступления в вуз: наибольший процент выпускников школ отдают предпочтение предмету «Обществознание», который является вступительным экзаменом на экономические и гуманитарные специальности. Данный поведенческий аспект порождает еще одну проблему: согласно официальной статистике, многие трудоустроенные выпускники работают не по специальности¹ (рис. 1).

Очевидно, что выявление факторов, формирующих поведение человека / соискателя на рынке труда, для корректировки такого поведения посредством государственного воздействия и удовлетворения перспективных кадровых потребностей является актуальной управленческой задачей. Сложность выявления указанных факторов предопределяет необходимость использования научного подхода, который бы учитывал индивидуальные характеристики человека, его желания и мотивы.

Цель настоящей работы – построение цифровой модели прогнозирования трудоустройства человека на рынке труда с учетом его поведенческих аспектов. Авторы предлагают использовать агент-ориентированный подход для создания цифровой модели прогноза трудоустройства человека / соискателя на рынке труда.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Имитационное моделирование на основе агент-ориентированного подхода позволяет получать сценарные варианты поведенческих аспектов трудоустройства выпускника. Также имитационное моделирование дает возможность прогнозировать потребности рынка труда с учетом перспектив развития видов экономической деятельности (ВЭД) и сценарных вариантов экономической и кадровой политики.

¹ *Трудоустройство* выпускников образовательных организаций среднего профессионального и высшего образования [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. 2023. URL: https://rosstat.gov.ru/labour_force (дата обращения: 19.01.2023).



Рис. 1. Структура выпускников 2018–2020 годов выпуска, работающих не по специальности, полученной в вузе / Fig. 1. Breakdown for 2018–2020 graduates working not in the specialty obtained at the university

Источник: составлено авторами на основе данных Федеральной службы государственной статистики.

Одним из основных преимуществ агент-ориентированного моделирования является его способность отражать сложное, нелинейное и эмерджентное поведение в системах, которые не могут быть легко поняты или предсказаны с помощью традиционных математических моделей. Большой вклад в развитие моделирования экономических и социальных процессов с применением агент-ориентированного подхода внесли (Бурилина и Евдокимов, 2020; Абрамов, 2018; Швецов и Дианов, 2019).

Среди зарубежных исследований по данному направлению одним из последних значимых результатов является система WorkSim – комплексная агентная модель французского рынка труда, разработанная Ж. Кантом и его коллегами, которая реализует многочисленные экономические механизмы, такие как поиск по обе стороны рынка, принятие решений при ограниченной рациональности, прогноз шоков спроса, обучение, эндогенный выбор трудового контракта, а также различные виды человеческого капитала (Kant et al., 2020). Модель калибруется с помощью мощного эволюционного алгоритма и проверяется на большом количестве целей. Авторы проводят несколько анализов и оценок политик на рынке труда, подчеркивая важность институтов

и определяя некоторые основные механизмы на французском рынке труда, такие как сегментация, отбор и буферная роль срочных трудовых контрактов. Модель позволяет выявить новые механизмы и эффекты государственного влияния, которые не были освещены ранее, что делает ее ценным инструментом для разработки политики на рынке труда. WorkSim воспроизводит основные механизмы реального рынка труда и их взаимодействия, что делает ее важным вкладом в данную область.

Работы российских исследователей, применяющих агент-ориентированный подход при прогнозировании рынка труда, появились относительно недавно.

Модель динамики трудового потенциала региона, разработанная А. В. Маматовым, А. Л. Машковой и О. А. Савиной, учитывает множество факторов, в том числе демографические процессы, миграцию, экономику, образование и региональное управление (Маматов и др., 2019; Mamatov et al., 2020). Она используется для оценки воздействия мероприятий, прописанных в программах развития трудового потенциала в регионе, и динамики рынка труда в целом, а также для прогнозирования и оценки эффективности управленческих решений. Для этого на вход подаются данные о демографических процессах, миграции, экономической структуре и образовании, а также планы мероприятий и оценка их воздействия на целевые группы.

Другая модель, разработанная Т. Е. Быковой, основана на агент-ориентированном подходе и описывает состояние рынка труда Алтайского края (Быкова, 2019). В этой модели каждый агент – человек трудоспособного возраста – находится в одном из трех состояний: «занятый», «безработный» или «хронически безработный». Вероятность перехода агента из одного состояния в другое зависит от численности занятых и безработных на рынке труда, а также от официальных статистических данных о количестве безработных, находящихся в поиске работы больше года.

Г. А. Агарков и Т. В. Тарасьева описали исследовательский подход, который объединяет агент-ориентированную модель с эконометрической моделью для максимизации заработной платы студентов (Агарков и Тарасьева, 2022). На первом уровне построения авторской модели используется эконометрическая модель, позволяющая адаптировать образовательные программы к интересам студентов. На втором уровне агент-ориентированная модель описывает поведение студентов в общей выборке. Преимущества данного подхода – в возможности расчета оптимальных вариантов и сценариев обучения студентов с учетом успешности выпускников на региональном рынке труда.

М. Ю. Хавинсон и А. Н. Колобов провели исследование, в рамках которого изучили колебания численности занятых по разным видам экономической деятельности в Еврейской автономной области за период с 2008 по 2016 год (Хавинсон и Колобов, 2018а, 2018б). Исследование показывает, что решающую роль в распределении работников в рыночной экономике играют личные стратегии экономических агентов, что приводит к нелинейным колебаниям численности занятого населения. В статье выдвинута гипотеза о том, что агент на рынке труда при выборе работы руководствуется стратегией, характерной для его возрастной группы, что в конечном итоге непосред-

ственно влияет на распределение занятости различных когорт и общее число занятых в секторах экономики. Для проверки гипотезы, согласно которой наличие различных стратегий выбора отрасли вместе с возрастными предпочтениями работодателей внутри отрасли приводит к периодическим и сложным режимам динамики разновозрастной занятости, авторы использовали базовую агентную модель.

И все же в исследованиях, проводимых в этой области, не до конца изучены как поведение экономических субъектов на рынке труда, так и потенциальные изменения, которые могут произойти на рынке по мере цифровой трансформации экономики.

В рамках данного исследования использован агент-ориентированный подход для создания цифровой модели прогноза трудоустройства человека / соискателя на рынке труда. Модель позволит анализировать различия между спросом и предложением на рынке труда, имитировать влияние мер государственной политики на поведение конкретных индивидов и оценить их эффективность. Авторами выбран агент-ориентированный подход, поскольку он позволяет задавать среду взаимодействия и устанавливать правила (Макаров и др., 2018; Axtell and Farmer, 2022; Bertani et al., 2021). Для моделирования используется система Anylogic.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основная концепция разрабатываемой авторами агент-ориентированной модели заключается в том, что обеспеченность кадровых потребностей определяется тремя типами модулей: 1) модуль «Человек», в котором агенты наделяются компетенциями в зависимости от принадлежности к группам «Выпускник», «Безработный», «Мигрант». Входные данные задаются на основе официальной статистической информации и социологических опросов. В данной статье представлены результаты апробации модели на выпускниках вузов Республики Башкортостан; 2) модуль «Рынок труда» (экономика) состоит из популяции агентов «Предприятия», соответствующих определенному виду экономической деятельности и описанных такими характеристиками, как потребность в трудовых ресурсах по качественному составу и среднемесячная заработная плата; 3) модуль «Орган власти» формирует среду взаимодействия вышеописанных агентов (рис. 2).

Описание агентов, их характеристик и стратегий поведения представлено в приведенной ниже таблице.

Взаимоотношения агента-человека и агента-предприятия рассматриваются в упрощенном виде и со стороны человека сводятся к возможности устроиться на работу, пройти переобучение или мигрировать, а со стороны предприятия – к принятию решения о приеме на работу претендентов на вакансии, увеличению / снижению заработной платы, вводу дополнительных рабочих мест.

Желаемая заработная плата определяется с помощью значения функции усеченного нормального распределения в зависимости от направления подго-

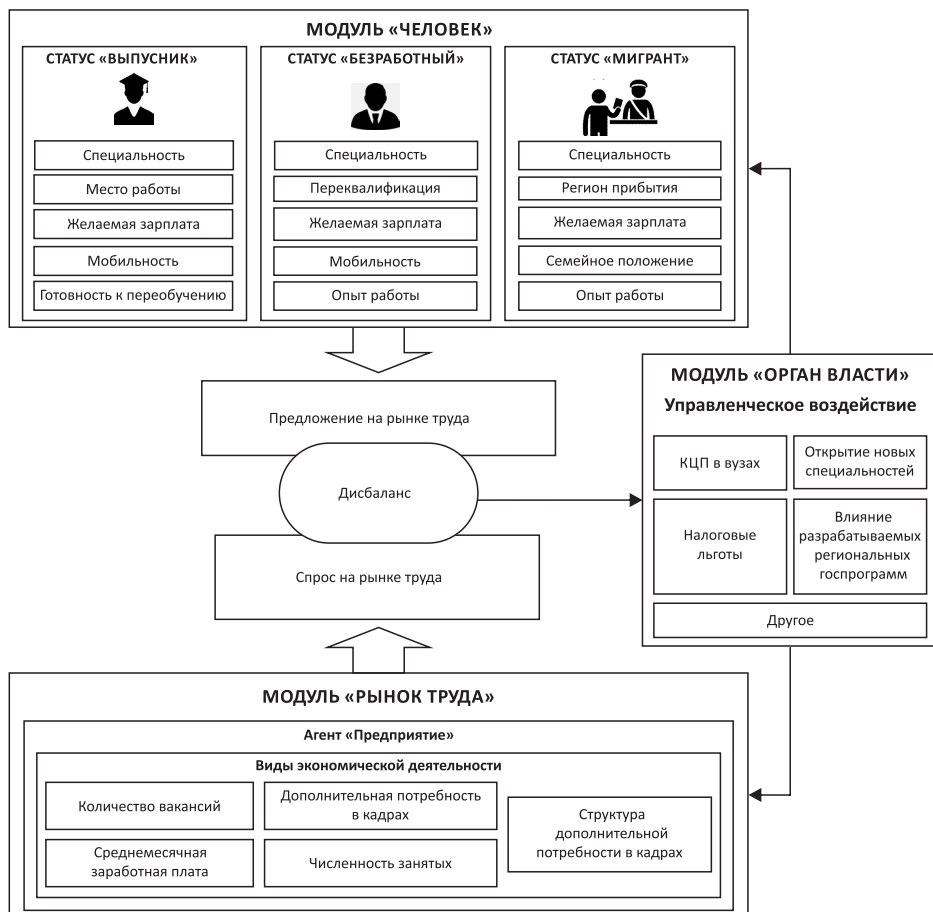


Рис. 2. Концептуальная схема цифровой модели поведения человека на рынке труда /
Fig. 2. Conceptual diagram of the digital model of human behavior in the labor market

Источник: разработано и составлено авторами.

товки: $f(\alpha, \beta, \mu, \sigma)$ – усеченное нормальное распределение, где α – минимальное значение (0), β – максимальное значение (100 000), μ – математическое ожидание или среднее значение желаемой зарплаты выпускников по направлению подготовки, σ – среднее квадратическое отклонение. Параметры распределения рассчитываются на основе результатов опроса о минимальной оплате труда, на которую согласен человек по своему направлению подготовки.

Готовность к переобучению и готовность к миграции у каждого агента-человека определяется на основе доли α от численности выпускников, готовых переобучиться или мигрировать, если не получится трудоустроиться по своему направлению подготовки, путем генерации случайных чисел от 0 до 1: при генерации числа ниже или равно α переменная примет значение «да», при генерации числа больше α переменная примет значение «нет». Данный показатель получен также в результате опроса выпускников вузов Республики Башкортостан.

Описание агентов цифровой модели прогнозирования трудоустройства человека на рынке труда / Description of the agents of the digital model for predicting human employment in the labor market

Наименование агента	Характеристики агента	Доступное поведение
Человек / соискатель	Направление подготовки, желаемая зарплата, готовность к переобучению, готовность к миграции, статус	Устройство на работу, прохождение переобучения, миграция
Предприятие	ВЭД, дополнительная потребность по направлениям подготовки, средняя заработная плата	Создание дополнительных рабочих мест, увеличение / снижение заработной платы
Орган власти	Представлены в виде среды	Поведение задается на основе управляемых параметров модели

Источник: разработано авторами.

Показатель среднегодовой заработной платы получен из официальной статистики по ВЭД и на прогнозные годы индексируется исходя из прогнозного увеличения средней заработной платы согласно Прогнозу социально-экономического развития Республики Башкортостан².

Для определения дополнительной потребности в кадрах для каждой экономической деятельности по различным направлениям подготовки используется прогноз прироста численности занятых и освобождения мест в результате естественного возрастного выбытия. Декомпозиция прогноза дополнительной кадровой потребности региона базируется на матрице профессионально-квалификационного соответствия, где каждая ячейка матрицы соответствует процентной доле специалистов с определенным уровнем образования и направлением подготовки, которые традиционно привлекаются к работе в определенной экономической деятельности. Вес каждой ячейки присваивается экспертно, чтобы сумма весов в столбце (в ВЭД) равнялась 1 (или 100 %), и основывается на официальной статистике и оценке относительной потребности ВЭД в специальностях (Гуртов и Питухин, 2017; Мигранова и Минязев, 2022).

Основные методологические допущения модели:

1. Обеспеченность кадровых потребностей определяется физическими лицами (агенты-люди), предприятиями (ВЭД), органами власти (агенты-управленцы).
2. Местом жительства агентов считается Республика Башкортостан в целом.
3. Характеристика человека включает в себя следующие параметры: направление подготовки (НП), желаемая зарплата, готовность к переобучению, готовность к миграции, статус.

² Прогноз социально-экономического развития Республики Башкортостан на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Респ. Башкортостан от 30.12.2022 №1830-р. URL: <https://economy.bashkortostan.ru/activity/22338/> (дата обращения: 27.01.2023).

4. Характеристика предприятия включает в себя следующие параметры: дополнительная потребность по направлениям подготовки, средняя заработная плата.

5. Органы власти могут влиять на обеспеченность кадровых потребностей путем регулирования заработной платы, введения дополнительных рабочих мест, а также на регулирование структуры выпуска образовательных организаций посредством использования интерактивных элементов управления.

6. Агенты-люди могут трудоустраиваться только по своему направлению подготовки.

На рисунке 3 представлен алгоритм работы цифровой модели прогнозирования трудоустройства человека на рынке труда.

Перед началом компьютерных симуляций в модели инициализируются переменные. Все агенты-люди создаются со статусом «Безработный». Затем происходит перебор каждого агента в популяции «Человек». В состоянии «Формирование списка предприятий...» каждый человек создает список предприятий, где он может найти работу в соответствии с квалификацией. При реализации данного этапа происходит сравнение направления подготовки человека с потребностью агентов популяции «Предприятие» в работах с такой же квалификацией. Если потребность превышает ноль, то предприятие добавляется в список. Затем список сортируется по уровню заработной платы предприятий по убыванию.

На следующем этапе происходит сортировка предприятий из списка. Для каждого предприятия осуществляется сопоставление уровня зарплаты на предприятии и минимального размера зарплаты, которую желает соискатель n . Если размер заработной платы на предприятии k не соответствует желаемому, то агент осуществляет переход к следующему предприятию из списка. Если уровень зарплаты равен или выше желаемого, то проверяется дополнительная потребность предприятия k в работниках с такой же квалификацией, как у соискателя n . Если значение этого параметра равно 0, осуществляется переход к следующему предприятию из списка. Если же значение параметра превышает 0, то человек n устраивается на работу на предприятие k и ему присваивается статус «Трудоустроен», а дополнительная потребность предприятия k уменьшается на единицу. Затем происходит переход к следующему агенту в популяции «Человек».

По завершении перебора предприятий из списка проверяется параметр «Готовность переобучаться» у человека n . Когда значение параметра становится «да», статус человека n не изменяется и происходит переход к следующему агенту популяции «Человек». Если значение параметра «нет», то у человека n проверяется параметр «Готовность мигрировать в другой регион». При значении параметра «да» человек n становится мигрантом, ему присваивается соответствующий статус и происходит переход к следующему агенту популяции «Человек». Значение параметра «нет» переводит модель к первому перебору предприятий из списка, желаемая зарплата человека n уменьшается на 40 %, и сортировка предприятий начинается заново. Если это не первый перебор предприятий, то человек n остается с прежним статусом и происходит переход к следующему агенту популяции «Человек».

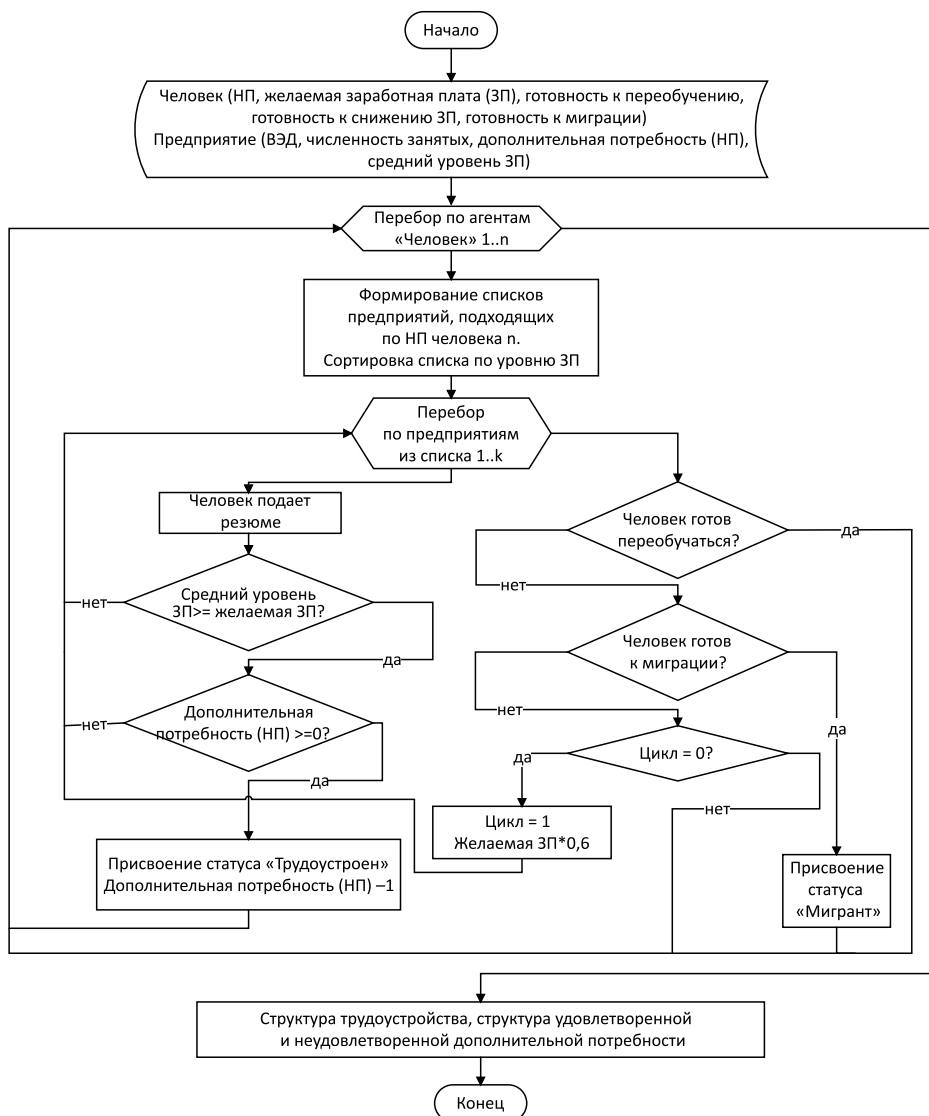


Рис. 3. Алгоритм работы цифровой модели прогнозирования трудоустройства человека на рынке труда / Fig. 3. The algorithm of the digital model for predicting human employment in the labor market

Источник: разработано и составлено авторами.

После того как перебор всех агентов в популяции «Человек» закончился, модель выводит результаты и завершает свою работу. Выходными данными модели являются следующие показатели: число трудоустроенных агентов, численность безработных и мигрировавших на работу в другой регион. Число трудоустроенных агентов определяется количеством агентов в популяции «Человек» со статусом «Рабочий», число безработных – количеством агентов со статусом «Без работы», а число мигрировавших – количеством агентов

со статусом «Уехал». Возможна детализация этих показателей по направлениям подготовки и уровням образования в отдельных популяциях «Выпускники», «Безработные» и «Мигранты».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе разработанной цифровой модели трудоустройства выпускников вузов на рынке труда был осуществлен прогноз на 2025 год по численности трудоустроившихся выпускников вузов, численности мигрировавших выпускников и численности выпускников, оставшихся без работы, а также определено количество незакрытых вакантных мест, то есть неудовлетворенные потребности рынка труда. Достоинством данной модели является то, что в программном комплексе заложена опция учета изменения факторов, входных параметров и внешних условий, позволяющая проследить возможные сценарии поведения выпускников на рынке труда. В качестве исходных для агентолюдей были использованы данные опроса выпускников вузов Республики Башкортостан в 2022 году по желаемой зарплате, их готовности переобучиться и мигрировать в зависимости от направления обучения (Гайнанов и др., 2022).

Численность выпускников по направлениям подготовки на 2025 год рассчитывалась исходя из данных по приему на 2021 год и доли завершивших обучение за предыдущие годы³ по следующим формулам:

$$FGr_{k,t} = App_{k,t-4} * Drop_k, \quad (1)$$

$$Drop_k = Gr_{k,t} / App_{k,t-4}, \quad (2)$$

где FGr – численность выпускников на прогнозный период;

App – прием абитуриентов в вуз за прошлый период;

$Drop$ – средняя доля доучившихся студентов за предыдущий год;

Gr – фактический выпуск за прошлый период;

t – год;

k – направление подготовки.

Структура и численность дополнительной потребности в кадрах с высшим образованием по ВЭД в разрезе направлений подготовки на 2025 год рассчитывались с использованием существующей методики (Гуртов и Питухин, 2017; Мигранова и Минязев, 2022) и на основе данных об изменении числа занятых в экономике в 2025 году, содержащихся в Прогнозе социально-экономического развития Республики Башкортостан⁴.

Среднегодовая зарплата по видам экономической деятельности на 2025 год рассчитывалась исходя из статистических данных по среднему уровню заработной платы по ВЭД за 2021 год⁵, индексированной с учетом увеличения

³ Образование и культура в Республике Башкортостан: стат. сб. Уфа: Башкортостанстат, 2022. 127 с.

⁴ Прогноз социально-экономического развития Республики Башкортостан ...

⁵ Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций по видам экономической деятельности [Электронный ресурс] // Офиц. сайт Башкортостанстата. URL: <https://02.rosstat.gov.ru/folder/26137> (дата обращения: 02.02.2023).

средней заработной платы к 2025 году по Прогнозу социально-экономического развития Республики Башкортостан.

Результаты моделирования показали, что по таким ВЭД, как «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство», «Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования», «Транспортировка и хранение», «Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания», «Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги», в 2025 году потребности в квалифицированных кадрах останутся неудовлетворенными при сохраняющихся тенденциях развития экономики Республики Башкортостан, а по некоторым ВЭД ожидается переизбыток специалистов, особенно по такому, как «Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение» (рис. 4).

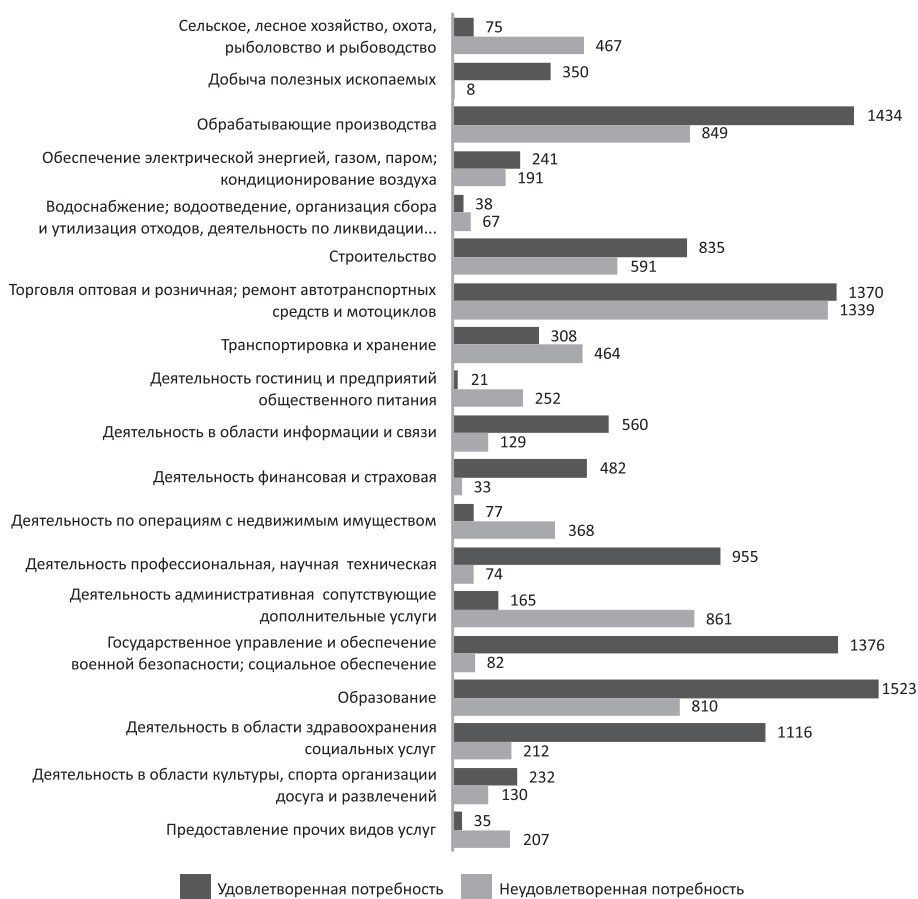


Рис. 4. Прогноз обеспеченности кадровых потребностей по ВЭД на 2025 год /
Fig. 4. Forecast of staffing needs by type of economic activity for 2025

Источник: собственные расчеты авторов.

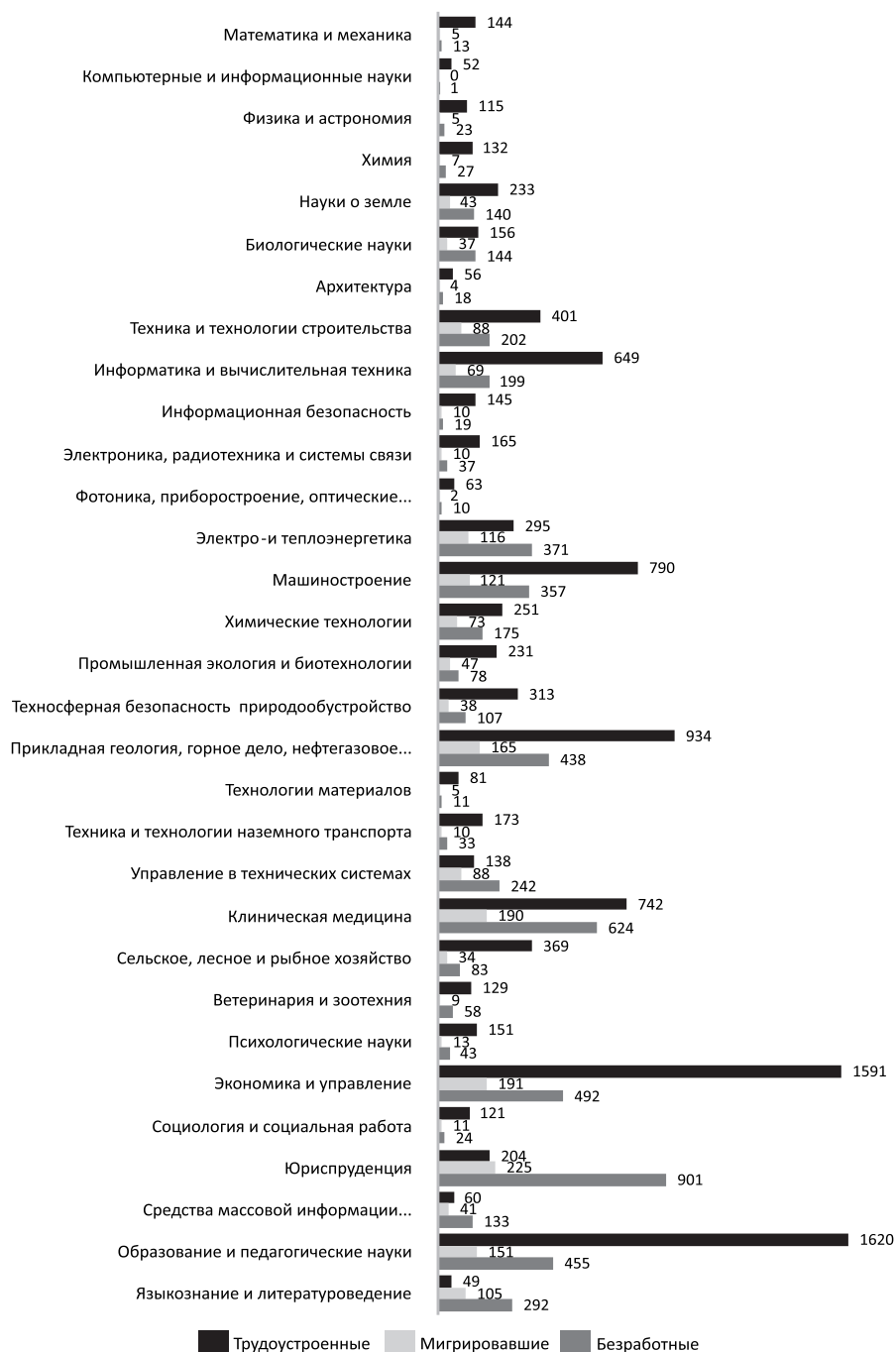


Рис. 5. Прогноз численности трудоустроившихся выпускников вузов, численности мигрировавших выпускников, выпускников, оставшихся без работы, на 2025 год / Fig. 5. Forecast for university graduates in employment, the number of migrated graduates, graduates left without work for 2025

Источник: собственные расчеты авторов.

На рисунке 5 представлены результаты модели по численности трудоустроившихся выпускников, мигрировавших и безработных. Прогноз показал, что в 2025 году больше всего безработных выпускников будет со специальностью «Юриспруденция», ожидается высокий процент мигрировавших выпускников со специальностью «Клиническая медицина». Число трудоустроенных выше всего будет по направлениям подготовки «Экономика и управление» и «Образование и наука», что вполне объяснимо: по данным направлениям выпускается больше всего специалистов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты моделирования показали, что текущие тенденции поведения выпускников вузов на пути к построению трудовой карьеры в условиях современных демографических процессов будут усиливать профессионально-квалификационный дисбаланс. Выбор вуза, специальности, места обучения, дальнейшее трудоустройство, зачастую не по специальности, – все это не способствует повышению индивидуальной конкурентоспособности индивида на рынке труда. К тому же, подобное поведение значительной массы молодежи противоречит глобальной цели региона и страны по решению проблем рынка труда через рынок образовательных услуг.

Для того чтобы корректировать региональную образовательную и трудовую политику, необходимо выявлять «проблемные» места в поведении человека на ключевых стадиях его жизненного цикла. В этой связи возрастает актуальность разработки предложенной в исследовании агент-ориентированной модели поведения человека. Модель представляет собой рабочий инструмент для оценки и прогнозирования ситуации на рынке труда, отражающий поведение людей при поиске и устройстве на работу и учитывающий как количественные, так и качественные аспекты принятия того или иного решения.

В дальнейших работах планируется расширить возможности модели. Представляется перспективным исследовать поведение индивидов на рынке труда по различным видам экономической деятельности, где в качестве агентов можно выделить блок системообразующих предприятий по каждой отрасли. Это позволит корректировать образовательную политику региона для обеспечения кадровой потребности по отдельным видам производств, являющихся для него приоритетными.

Кроме того, определенный интерес вызывает расширение спектра сценариев и анализируемых инструментов управленческого воздействия на поведение агентов, возможно с выделением этих инструментов как по уровням власти (федеральный, региональный), так и по сферам (образовательная, демографическая, жилищная и др.).

Список источников

Абрамов В. И. Агент-ориентированное и имитационное моделирование: перспективы в области информационных технологий // Региональные

проблемы преобразования экономики. 2018. № 11. С. 386–397. <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2018-11-386-397>.

Азарков Г. А., Тарасьева Т. В. Моделирование оптимального выбора образовательной программы в условиях цифровой трансформации экономики // Российские регионы в фокусе перемен: сб. докладов XVI Междунар. конф. / Н. Г. Багаутдинова, И. В. Баскакова, Е. Б. Бедрина и др. Т. 1. Екатеринбург: Изд-во УРФУ, 2022. С. 416–429.

Атаева А. Г., Уляева А. Г. Межрегиональная молодежная миграция как угроза утери человеческого капитала территории (на материалах Республики Башкортостан и регионов Приволжского федерального округа) // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2018. № 44. С. 38–57. <https://doi.org/10.17223/19988648/44/2>.

Бурилина М. А., Евдокимов Д. С. Агент-ориентированное моделирование для поддержки принятия решений и прогнозирования в условиях перехода к цифровой экономике. М.: ЦЭМИ РАН, 2020. 148 с.

Быкова Т. Е. Имитационная модель рынка труда Алтайского края // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2019. № 1. С. 21–30.

Гайнанов Д. А., Атаева А. Г., Мигранова Л. И. Поведенческие факторы образовательной траектории в обеспечении кадровых потребностей региона // Проблемы развития территории. 2022. Т. 26, № 5. С. 88–109. <https://doi.org/10.15838/ptd.2022.5.121.7>.

Гайнанов Д. А., Климентьева А. Ю. Оценка дисбалансов на ключевых этапах трансфера научных исследований в условиях цифровой экономики // Региональные проблемы преобразования экономики. 2019. № 11. С. 115–121. <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2019-11-115-121>.

Гайнанов Д. А., Мигранова Л. И. Трансформация региональных рынков образовательных услуг и труда в условиях цифровой экономики // Региональная экономика: теория и практика. 2020. Т. 18, № 8. С. 1430–1448. <https://doi.org/10.24891/re.18.8.1430>.

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. С. 130–161. <https://doi.org/10.15826/umpra.2017.04.056>.

Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. и др. Агент-ориентированная модель Евразии и имитация реализации крупных инфраструктурных проектов // Экономика региона. 2018. Т. 14, № 4. С. 1102–1116. <https://doi.org/10.17059/2018-4-4>.

Маматов А. В., Машкова А. Л., Савина О. А. Прогнозирование динамики кадрового потенциала в регионах России с использованием методов агент-ориентированного моделирования [Электронный ресурс] // Искусственные общества. 2019. Т. 14, № 3. <https://doi.org/10.18254/S207751800006724-5>. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800006724-5-1/> (дата обращения: 07.06.2023).

Мигранова Л. И. Тенденции развития предпочтений абитуриентов в условиях цифровой экономики // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 12–2. С. 116–119. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-12-2-116-119>.

Мигранова Л. И., Атнабаева А. Р. Исследование миграционного поведения абитуриентов при выборе высшего образовательного учреждения на основе методов автоматического анализа данных опроса абитуриентов // Креативная экономика. 2021. Т. 15, № 11. С. 4343–4360. <https://doi.org/10.18334/ce.15.11.113825>.

Мигранова Л. И., Минязев А. И. Прогнозирование кадровой обеспеченности региона на основе агент-ориентированного подхода // Фундаментальные исследования. 2022. № 12. С. 130–136. <https://doi.org/10.17513/fr.43409>.

Хавинсон М. Ю., Колобов А. Н. Моделирование динамики численности занятого населения в отраслях экономики: агент-ориентированный подход // Компьютерные исследования и моделирование. 2018а. Т. 10, № 6. С. 919–937. <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2018-10-6-919-937>.

Хавинсон М. Ю., Колобов А. Н. Моделирование сложной динамики численности занятого населения в регионе с учетом экономического поведения // Современные проблемы регионального развития: материалы VII Всерос. науч. конф. / Под ред. Е. Я. Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018b. С. 396–399. <https://doi.org/10.31433/978-5-904121-22-8-2018-396-399>.

Швецов А. Н., Дианов С. В. Методика разработки агент-ориентированных моделей сложных систем // Вестник Череповецкого государственного университета. 2019. № 1. С. 48–58. <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2019-1-88-5>.

Axtell R. L., Farmer J. D. Agent-based modeling in economics and finance: Past, present, and future [Электронный ресурс] // INET Oxford Working Paper. 2022. № 2022-10. 96 p. URL: <https://www.inet.ox.ac.uk/files/JEL-v2.0.pdf> (дата обращения: 07.06.2023).

Bertani F., Ponta L., Raberto M. et al. The complexity of the intangible digital economy: An agent-based model // Journal of Business Research. 2021. Vol. 129. P. 527–540. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.03.041>.

Kant J.-D., Ballot G., Goudet O. WorkSim: An agent-based model of labor markets [Электронный ресурс] // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2020. Vol. 23, № 4. <https://doi.org/10.18564/jasss.4396>. URL: <https://www.jasss.org/23/4/4.html> (дата обращения: 06.06.2023).

Mamatov A. V., Konstantinov I. S., Mashkova A. L. et al. Agent model for evaluating efficiency of regional human resource management // Information systems architecture and technology: Proceedings of 40th Anniversary International Conference on Information Systems Architecture and Technology – ISAT 2019. Part III / Ed. by Z. Wilimowska, L. Borzemski, J. Świątek. Cham: Springer, 2020. С. 211–220. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30443-0_19.

Информация об авторах

А. Ш. Гайсина – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник сектора экономико-математического моделирования Института социально-экономических исследований – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Россия, г. Уфа, пр-т Октября, 71

SPIN-код (РИНЦ): 3601-4835

AuthorID (РИНЦ): 1024904

Web of Science Researcher ID: AAB-2034-2021

А. И. Минязев – младший научный сотрудник сектора экономико-математического моделирования Института социально-экономических исследований – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Россия, г. Уфа, пр-т Октября, 71

SPIN-код (РИНЦ): 5072-1901

AuthorID (РИНЦ): 1066196

Web of Science Researcher ID: HRD-2784-2023

Л. И. Мигранова – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник сектора экономико-математического моделирования Института социально-экономических исследований – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Россия, г. Уфа, пр-т Октября, 71

SPIN-код (РИНЦ): 7710-9666

AuthorID (РИНЦ): 50151619

Web of Science Researcher ID: O-4506-2015

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 04.04.2023; одобрена после рецензирования 05.05.2023; принята к публикации 05.05.2023.

References

Abramov, V. I. (2018), “Agent-oriented and imitational modelling: Prospects in the area of information technologies”, *Regional Problems of Transforming the Economy*, no. 11, pp. 386–397, <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2018-11-386-397>.

Agarkov, G. A. and Tarasyeva, T. V. (2022), “Modeling of the optimal choice of an educational program in the conditions of digital transformation of the economy”, in Bagautdinova, N. G., Baskakova, I. V., Bedrina, E. B. et al., *Rossiiskie regiony v fokuse peremen: sbornik dokladov XVI Mezhdunarodnoi konferentsii* [Russian regions in the focus of change: collection of reports of the 16th International conference], vol. 1, URFU publishing house, Yekaterinburg, Russia, pp. 416–429.

Ataeva, A. G. and Ulyayeva, A. G. (2018), “Modern trends and factors of inter-regional migration of youth in Russia”, *Tomsk State University Journal of Economics*, no. 44, pp. 38–57, <https://doi.org/10.17223/19988648/44/2>.

Burilina, M. A. and Evdokimov, D. S. (2020), *Agent-orientirovannoe modelirovanie dlya podderzhki prinyatiya reshenii i prognozirovaniya v usloviyakh perekhoda k tsifrovoi ekonomike* [Agent-based modeling for decision support and forecasting in the transition to the digital economy], Central Economics and Mathematics Institute of the RAS, Moscow, Russia.

- Bykova, T. E. (2019), "Simulation model of the labor market in the Altai region", *Modern High Technologies. Regional Application*, no. 1, pp. 21–30.
- Gainanov, D. A., Ataeva, A. G. and Migranova, L. I. (2022), "Behavioral factors of the educational trajectory in ensuring the staffing needs of the region", *Problems of Territory's Development*, vol. 26, no. 5, pp. 88–109, <https://doi.org/10.15838/ptd.2022.5.121.7>.
- Gainanov, D. A. and Klimentieva, A. Y. (2019), "Assessment of imbalances at key stages of research transfer in the digital economy", *Regional Problems of Transforming the Economy*, no. 1, pp. 115–121, <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2019-11-115-121>.
- Gainanov, D. A. and Migranova, L. I. (2020), "Transforming the regional markets for learning services and labor in a digital economy", *Regional Economics: Theory and Practice*, vol. 18, no. 8, pp. 1430–1448, <https://doi.org/10.24891/re.18.8.1430>
- Gurtov, V. A. and Pitukhin, E. A. (2017), "Prognostication of the demands of economics in qualified personnel: Review of approaches and application experience", *University Management: Practice and Analysis*, vol. 21, no. 4, pp. 130–161, <https://doi.org/10.15826/umpa.2017.04.056>.
- Makarov, V. L., Bakhtizin, A. R., Sushko, E. D. et al. (2018), "An agent-based model of Eurasia and simulation of consequences of large infrastructure projects", *Economy of Regions*, vol. 14, no. 4, pp. 1102–1116, <https://doi.org/10.17059/2018-4-4>.
- Mamatov, A. V., Mashkova, A. L. and Savina, O. A. (2019), "Forecasting dynamics of regional human resource using agent-based simulation methods", *Artificial Societies*, vol. 14, no. 3, <https://doi.org/10.18254/S207751800006724-5> [Online], available at: <https://artsoc.jes.su/s207751800006724-5-1/> (Accessed June 7, 2023).
- Migranova, L. I. (2021), "Trends in the development of applicants' preferences in the digital economy", *Economics and Business*, no. 12–2, pp. 116–119, <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-12-2-116-119>.
- Migranova, L. I. and Atnabaeva, A. R. (2021), "The study of the applicants' migration behaviour when choosing a higher educational institution based on methods of automatic analysis of the applicants' survey", *Creative Economy*, vol. 15, no. 11, pp. 4343–4360, <https://doi.org/10.18334/ce.15.11.113825>.
- Migranova, L. I. and Minyazev, A. I. (2022), "Forecasting regional staffing levels based on an agent-based approach", *Fundamental Research*, no. 12, pp. 130–136, <https://doi.org/10.17513/fr.43409>.
- Khavinson, M. Yu. and Kolobov, A. N. (2018a), "Modeling of population dynamics employed in the economic sectors: agent-oriented approach", *Computer Research and Modeling*, vol. 10, no. 6, pp. 919–937, <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2018-10-6-919-937>.
- Khavinson, M. Yu. and Kolobov, A. N. (2018b), "Modeling of complex dynamics for the number of employed population in the region with regard to economic behavior", in Frisman, E. Ya. (ed.), *Sovremennye problemy regional'nogo razvitiya: materialy VII Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii* [Modern problems of regional development: collection of reports of the materials of the 7th All-Russian Scientific Conference], Institute for Complex Analysis of Regional Problems, Far Eastern Branch of the RAS, Birobidzhan, Russia, pp. 396–399, <https://doi.org/10.31433/978-5-904121-22-8-2018-396-399>.

Shvetsov, A. N. and Dianov, S. V. (2019), "Methodology of development of agent-oriented models of complex systems", *Bulletin of the Cherepovets State University*, no. 1, pp. 48–58, <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2019-1-88-5>.

Axtell, R. L. and Farmer, J. D. (2022), "Agent-based modeling in economics and finance: past, present, and future", *INET Oxford Working Paper*, no. 2022-10, 96 p. [Online], available at: <https://www.inet.ox.ac.uk/files/JEL-v2.0.pdf> (Accessed June 7, 2023).

Bertani, F., Ponta, L., Raberto, M. et al. (2021), "The complexity of the intangible digital economy: an agent-based model", *Journal of Business Research*, vol. 129, pp. 527–540, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.03.041>.

Kant, J. D., Ballot, G. and Goudet, O. (2020), "Worksim: An agent-based model of labor markets", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 23, no. 4, <https://doi.org/10.18564/jasss.4396> [Online], available at: <https://www.jasss.org/23/4/4.html> (Accessed June 6, 2023).

Mamatov, A. V., Konstantinov, I. S., Mashkova, A. L. et al. (2020), "Agent model for evaluating efficiency of regional human resource management", in Wiliowska, Z., Borzemski, L. and Świątek, J. (eds.), *Information systems architecture and technology: Proceedings of 40th Anniversary International Conference on Information Systems Architecture and Technology – ISAT 2019*, Springer, Cham, Switzerland, pp. 211–220, https://doi.org/10.1007/978-3-030-30443-0_19.

Information about the authors

A. Sh. Gaisina – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher of the Economic and Mathematical Modelling Sector, Institute of Social and Economic Research – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 71 Oktyabrya Ave., Ufa, 450054, Russia
SPIN-code (RSCI): 3601-4835
AuthorID (RSCI): 1024904
Web of Science ResearcherID: AAB-2034-2021

A. I. Minyazev – Junior Researcher of the Economic and Mathematical Modelling Sector, Institute of Social and Economic Research – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 71 Oktyabrya Ave., Ufa, 450054, Russia
SPIN-code (RSCI): 5072-1901
AuthorID (RSCI): 1066196
Web of Science ResearcherID: HRD-2784-2023

L. I. Migranova – Candidate of Economics, Senior Researcher of the Economic and Mathematical Modelling Sector, Institute of Social and Economic Research – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 71 Oktyabrya Ave., Ufa, 450054, Russia
SPIN-code (RSCI): 7710-9666
AuthorID (RSCI): 50151619
Web of Science ResearcherID: O-4506-2015

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 04.04.2023; approved after reviewing 05.05.2023; accepted for publication 05.05.2023.