



Ars Administrandi (Искусство управления). 2024. Т. 16, № 3. С. 459–480.
Ars Administrandi. 2024. Vol. 16, no. 3, pp. 459–480.

Научная статья
УДК 331.5:004.9
<https://doi.org/10.17072/2218-9173-2024-3-459-480>

УПРАВЛЕНИЕ ПОВЕДЕНИЕМ ИНДИВИДОВ НА РЕГИОНАЛЬНОМ РЫНКЕ ТРУДА: ПОДХОДЫ, МОДЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Дамир Ахнафович Гайнанов¹, Лилия Ишмухаметовна Мигранова²✉,
Лариса Дамировна Сайфуллина³

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

¹ 2d2@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2606-2459>

² lilya2710@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-9794-9292>

³ saiflarisa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9159-2763>

Аннотация. Введение: текущую ситуацию на рынке труда Российской Федерации характеризует дисбаланс спроса и предложения, являющийся одним из ключевых ограничений для ускоренного роста производства. В предлагаемой статье исследование рынка труда основано на научном подходе, ориентированном на применение теории сложных систем и теории принятия решений, учитывающих множественность связей и взаимодействий между элементами системы, особенности индивидов и специфику окружающей среды, в которой формируется выбор. **Цель:** разработка концепции адаптивной системы мониторинга и прогнозирования кадровой обеспеченности региона и реализация имитационных моделей управления поведением индивидов на каждом этапе образовательной и трудовой траекторий. **Методы:** теория сложных систем, теория принятия решений, имитационное моделирование, агент-ориентированный подход, социологический опрос. **Результаты:** проведена оценка тенденций спроса и предложения на рынке труда; на основе предложенной концепции адаптивной системы мониторинга и прогнозирования кадровой обеспеченности региона реализованы имитационные модели поведения: 1) абитуриентов при выборе направлений подготовки в региональной образовательной системе – поступлении в вуз/ссуз; 2) выпускников вуза/ссуза при выходе на рынок труда; 3) претендентов, кон-



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

курирующих за доступные рабочие места на рынке труда. Вычислительные эксперименты выполнены на данных рынка труда и образовательной сферы Республики Башкортостан. **Выводы:** реализация адаптивной системы мониторинга и прогнозирования кадровой обеспеченности региона в контексте теории сложных систем и теории принятия решений с использованием агент-ориентированного подхода позволяет: 1) выявить устойчивые тенденции на рынке труда и сферы образования, которые складываются из множества выборов и траекторий движения индивидов; 2) управлять поведением индивидов на основе сценарных вариантов воздействия и прогнозировать их влияние на коллективное, общественное поведение; 3) оценить эффективность регуляторных мер воздействия на систему «рынок труда – сфера образования».

Ключевые слова: рынок труда, сфера образования, кадровая обеспеченность, адаптивная система мониторинга и прогнозирования, теория сложных систем, теория принятия решений, управление поведением, агент-ориентированная модель

Благодарность: исследование выполнено в рамках государственного задания Уфимского федерального исследовательского центра РАН № 075-01134-23-00 на 2024 год и на плановый 2025 год.

Для цитирования: Гайнанов Д. А., Мигранова Л. И., Сайфулина Л. Д. Управление поведением индивидов на региональном рынке труда: подходы, модели и перспективы // *Ars Administrandi* (Искусство управления). 2024. Т. 16, № 3. С. 459–480. <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2024-3-459-480>.

Original article

MANAGING THE BEHAVIOR OF INDIVIDUALS IN THE REGIONAL LABOR MARKET: APPROACHES, MODELS AND PROSPECTS

Damir A. Gainanov¹, Lilia I. Migranova²✉, Larisa D. Saifullina³

^{1, 2, 3} Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

¹ 2d2@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2606-2459>

² lilya2710@yandex.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-9794-9292>

³ saiflarisa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9159-2763>

Abstract. Introduction: the current situation in the labor market of the Russian Federation is characterized by an imbalance of supply and demand and is one of the key constraints for accelerated production growth. In the article, the study of the labor market is based on the principles of a scientific approach focused on the application of the complex systems and the decision-making theories, considering the relationship and interaction of all elements of the system, the characteristics of individuals and the environment in which the choice is formed. **Objectives:** to develop the concept of an adaptive system for monitoring and forecasting the region's staffing region and the implementation of simulation models for managing the behavior of individuals at each stage of educational and work trajectories. **Methods:** theory of complex systems, theory of decision-making, simulation modeling, agent-based approach, sociological survey. **Results:** an assessment of trends in demand and supply in the labor market was carried out; based on the proposed concept of an adaptive system for monitoring and forecasting the region's staffing, simulation models of behavior were implemented: applicants when choosing training areas in the regional educational system, namely admission to a university/secondary special school; graduates of a university/special secondary school when entering the labor market; applicants competing for available jobs

in the labor market. Computational experiments were performed on the data of the labor market and the educational sphere of the Republic of Bashkortostan. **Conclusions:** the implementation of an adaptive system for monitoring and forecasting the staffing of the region in the context of the theory of complex systems and decision-making theory using an agent-oriented approach makes it possible to: identify stable trends in the labor market and education, which are formed by a variety of choices and trajectories of individuals; manage the behavior of individuals based on scenario impact options and predict their impact on collective, system-wide behavior; evaluate the effectiveness of regulatory measures to influence the “labor market-education” system.

Keywords: labor market, education, human resources, adaptive monitoring and forecasting system, theory of complex systems, theory of decision-making, behavior management, agent-oriented model

Acknowledgements: the study was carried out within the framework of the state assignment of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences no. 075-01134-23-00 for 2024 and for the planned 2025.

For citation: Gainanov, D. A., Migranova, L. I. and Saifullina, L. D. (2024), “Managing the behavior of individuals in the regional labor market: Approaches, models and prospects”, *Ars Administrandi*, vol. 16, no. 4, pp. 459–480, <https://doi.org/10.17072/2218-9173-2024-3-459-480>.

ВВЕДЕНИЕ

На мировых и российских рынках труда наблюдается существенный дефицит кадровых ресурсов, что создает значительные вызовы как для страны, так и для мирового сообщества в целом. Подобная ситуация характерна для большинства отраслей и регионов и требует внимательного анализа и взвешенных решений.

Одной из основных причин этой проблемы является демографическая яма, сформировавшаяся в течение последних пятидесяти лет. Рождаемость временно увеличилась в послевоенный период, но затем снизилась, особенно в девяностых. Например, пик рождаемости за 1990–2023 годы в Республике Башкортостан пришелся на 1990 год – 63 899 человек и на 2014-й – 60 239. Рождаемость в республике продолжала снижаться и в 2023 году составила 35 512 человек – это самое низкое значение показателя за весь исследуемый отрезок времени и в 1,7 раза меньше по сравнению с 2014 годом¹. Структура населения меняется в сторону увеличения старших возрастных групп, что свидетельствует о росте демографической нагрузки и перспективе дальнейшего обострения проблемы количественной нехватки рабочей силы в долгосрочном периоде (рис. 1).

¹ Показатели естественного движения населения [Электронный ресурс] // Офиц. сайт Федер. службы гос. статистики. 2023. URL: <https://02.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Pokazатели-estestvennogo-dvizheniya-naseleniya.pdf> (дата обращения: 02.03.2024).



Рис. 1. Динамика численности трудоспособного населения Российской Федерации и Республики Башкортостан, тыс. чел. / Fig. 1. Dynamics of the number of able-bodied population of the Russian Federation and the Republic of Bashkortostan, thousand people

Источник: рисунки 1–2 составлены авторами на основе данных Росстата.

В данное время рынок труда столкнулся с пиковой потребностью в рабочей силе. Несмотря на технологический прогресс и автоматизацию производственных процессов, эта потребность постоянно росла. Особенно обострилась ситуация в промышленном секторе, сфере услуг и среди рабочего персонала (Гайнанов и Сайфулина, 2023). Официальные источники свидетельствуют о том, что спрос на кадры для промышленного сектора в Республике Башкортостан увеличится с 11,5 тыс. в текущем году до 12,4 тыс. к 2032. Если в контексте всей республики на одного безработного приходится в среднем четыре вакансии, то в промышленном секторе на каждого соискателя – в среднем восемь вакансий. Преобладающая часть вакансий в промышленном секторе (почти 90 %, то есть 11,3 тыс. единиц) связана с рабочими профессиями².

Недостаток кадров обусловлен рядом факторов, включая спрос на специальности, ранее не востребованные, и негативные тенденции как в экономике, так и в миграционной сфере. Важно отметить снижение численности трудовых мигрантов, которые исторически компенсировали недостаток кадров на российском рынке труда. К тому же последние годы характеризовались переосмыслением ценностей и отношения к работе после пандемии COVID-19, что также повлияло на рынок труда.

Согласно данным «Яндекса», запросы на тему поиска работы в 2023 году уменьшились на 30 % по сравнению с предыдущим годом. На большинстве региональных рынков труда России уровень безработицы находится на историческом минимуме. В Республике Башкортостан в 2023 году уровень безработицы составил 3,4 %³. Низкий уровень безработицы характерен для Москвы

² В Башкортостане прогнозируется рост потребности в кадрах в машиностроительной отрасли [Электронный ресурс] // Офиц. сайт М-ва семьи, труда и соц. защиты населения Респ. Башкортостан. 2023. 27 дек. URL: <https://mintrud.bashkortostan.ru/presscenter/news/593132/> (дата обращения: 10.02.2024).

³ Занятость и безработица [Электронный ресурс] // Офиц. сайт Федер. службы гос. статистики. 2023. URL: [https://02.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zanyatost-i-bezrabotica-12_2023\(1\).pdf](https://02.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Zanyatost-i-bezrabotica-12_2023(1).pdf) (дата обращения: 15.03.2024).

и Санкт-Петербурга. Ожидалось, что в регионах этот показатель будет выше, однако статистика отражает реальное положение дел: в России низкая безработица и работу легко найти. Соотношение вакансий к числу соискателей находится тоже на историческом минимуме: в январе 2024 года значение данного показателя по России в целом составило 3,5, в феврале – 3,4⁴. Диапазон значений от 2 до 3,9 указывает на высокий уровень дефицита соискателей. В Республике Башкортостан в феврале 2024 года этот показатель равнялся 3,8⁵.

Требования, предъявляемые к будущей профессии соискателями, сильно зависят от поколения и его ценностей. У цифровых нативов высокие запросы на комфорт рабочей и личной жизни. Эти запросы отчетливо выделяются на фоне требований поколений восьмидесятых и девяностых, для которых важен был успех. Сегодня сотрудники все больше задумываются о балансе работы и личной жизни, о ценностях компании и ее целях. Также популярно требование к удаленной работе, и количество вакансий с этим форматом растет, а предложения оказываются более эффективными. Современные молодые люди, которые сразу начали работать удаленно, не желают тратить много времени на дорогу до офиса. Важно, чтобы работодатели осознали этот факт и были готовы к таким требованиям. Наконец, новая экономика требует физической силы и выносливости – например, для курьеров и доставщиков. Сложно представить на такой позиции маломобильного пожилого человека, и проблема с нехваткой курьеров и водителей существует, поскольку для работодателей в приоритете молодые кадры, а их недостаточно. Это создает проблемы, особенно в крупных городах, где спрос на курьерские услуги огромен.

Согласно исследованию аналитиков HeadHunter, наиболее перспективными для трудоустройства регионами являются Республика Татарстан, Ямало-Ненецкий автономный округ и Рязанская область. Это следует из рейтинга регионов по перспективности карьерного роста, представленного впервые⁶. Москва заняла в этом рейтинге 65-е место из-за высокой конкуренции за рабочие места, в то время как Санкт-Петербург расположился на 12-й строчке. Ожидается появление в России новых центров притяжения квалифицированных кадров, помимо столицы. Сложившаяся ситуация требует интегрированного подхода, включающего применение передовых методик и инструментов для планирования, прогнозирования и реализации стратегий, направленных на устранение проблемы дефицита рабочей силы.

Основная гипотеза исследования состоит в том, что диспропорция в кадровых потребностях региона есть следствие отсутствия эффективной обратной связи рынка труда и системы планирования, прогнозирования и подготовки трудовых ресурсов. Рассмотрение в комплексе рынка труда и сферы образования, включая дополнительное профессиональное образо-

⁴ hh Статистика: сервис открытой аналитики рынка труда [Электронный ресурс] // Офф. сайт HeadHunter. 2024. URL: <https://stats.hh.ru/> (дата обращения: 11.03.2024).

⁵ hh Статистика: сервис открытой аналитики рынка труда. Республика Башкортостан [Электронный ресурс] // Офф. сайт HeadHunter. 2024. URL: <https://stats.hh.ru/bashkortostan> (дата обращения: 11.03.2024).

⁶ Рынок труда в СМИ: дайджест февраля 2024 года [Электронный ресурс] // Офф. сайт HeadHunter. Уфа. 2024. URL: https://ufa.hh.ru/article/32535?hhtmFrom=article_labour-market_list (дата обращения: 18.03.2024).

вание, как сложной, многоуровневой и мультиагентной системы в контексте теории сложных систем и теории принятия решений с использованием имитационного агент-ориентированного подхода позволит построить адаптивную систему мониторинга и прогнозирования кадровой обеспеченности региона и управлять поведением агентов на образовательной и трудовой траекториях на основе принципов направленного воздействия (экономических, социально-демографических, поведенческих) на целевую аудиторию.

МЕТОДОЛОГИЯ (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ) ИССЛЕДОВАНИЯ

В сложившихся условиях дефицита кадров растет значимость интеллектуальной собственности и человеческого капитала. Формирование последнего происходит через образовательную и трудовую траектории индивида, которые взаимосвязаны и оказывают влияние друг на друга. Эти траектории могут изменяться в ответ на изменяющиеся условия рынка труда, технологические инновации, потребности в обучении и развитии, а также личные цели и предпочтения индивида. Проходя свой жизненный путь, индивид сталкивается с огромным количеством выборов, и принятие им тех или иных решений меняет траекторию его движения.

В связи с этим возникает необходимость в использовании инструментов, которые помогли бы выявлять устойчивые тенденции на рынке труда исходя из множества выборов и построения образовательных и трудовых траекторий индивидов с учетом их характера поведения (рационального и иррационального) и среды окружения. Такую возможность дает комплексный подход с привлечением теории сложных систем и теорий выбора и принятия решений: он позволяет исследовать как процессы, происходящие на рынке труда и в сфере образования, так и выбор и стратегии действия экономических агентов в конкретных условиях социоэкономической среды (Путачева, 2009).

Рынок труда во взаимосвязи с образовательной сферой, формирующей для него кадровый ресурс, образует структуру, в которой выделяются следующие концептуальные аспекты:

1) *сложность системы*: на формирование предложения и спроса трудовых ресурсов воздействуют различные процессы и факторы: демографические, миграционные, флуктуации в экономике, инвестиционные потоки и др.;

2) *динамические процессы и взаимосвязи*: изменения в одном секторе могут влиять на другие аспекты рынка. Например, изменения в технологиях формируют спрос на определенные навыки, что в свою очередь требует перекалфикации рабочей силы и изменения образовательных программ;

3) *эмерджентность и самоорганизация*: из отдельных актов выбора и взаимодействий индивидов формируются стабильные динамические структуры и общесистемное поведение. На рынке труда, в ответ на изменения в экономике, возникают новые специализации или формы работы (дистанционные, сетевые и др.);

4) *адаптивность и резонанс*: система рынка труда обладает адаптивностью. Это свойство может проявляться в процессе вхождения личности в новую трудовую ситуацию, в изменении отношений занятости в условиях

турбулентности внешней среды. Автоматизация, цифровизация и роботизация в рыночных условиях могут вызывать нелинейные реакции и резонансные эффекты;

5) *моделирование и анализ*: теория сложных систем реализовала подход к созданию адаптивных имитационных моделей, которые учитывают нелинейные взаимосвязи и динамические процессы. Это позволяет лучше понимать поведение индивидов как экономических агентов на рынке труда и разрабатывать эффективные политики занятости и образования на основе агентного (агент-ориентированного) моделирования.

Исследованием различных аспектов рынка труда с использованием концепций теории сложных систем занимается целый ряд зарубежных ученых. В частности, У. Б. Артур, изучая экономические системы, доказывает, что они являются сложными адаптивными системами, которые могут проявлять нелинейные и эмерджентные свойства. Он считает, что понимание этого позволяет разрабатывать более точные модели и прогнозы экономических явлений (Arthur, 2006, 2014). Л. Тесфацион и К. Джадд описывают методы и приложения к моделированию в экономике, включая анализ рынка труда, через призму агентных моделей и теории сложных систем (Tesfatsion, 2006; Judd, 2006). Л. Е. Блюм и С. Н. Дурлауф развивают концепцию экономики как эволюционирующей сложной системы, исследуя разнообразные методы анализа рынка труда и других экономических систем в контексте теории сложных систем (Blume and Durlauf, 2006). Р. Аксельрод создает модели сотрудничества и соревнования на основе агент-ориентированных моделей (Axelrod, 2003).

Возможности имитационного моделирования на основе агент-ориентированного подхода в настоящее время широко используются. Такой подход позволяет создавать динамичную нелинейную модель экономики, в которой каждый агент представлен индивидуально, со своими уникальными характеристиками, ограниченной информацией и ограниченной рациональностью, и его поведение трудно объяснить или предсказать с помощью традиционных математических моделей. При имитационном моделировании учитываются характеристики агента (его предпочтения, ожидания и др.), выборы (обучение в вузе/вузе, определение специальности, устройство на работу и т.д.), совершаемые им на протяжении всей траектории жизни, и взаимодействия с другими агентами, тем самым позволяя прогнозировать результат взаимодействия агентов и их воздействие на систему в целом.

Значительный вклад в разработку методологии моделирования экономических и социальных процессов с использованием агент-ориентированного подхода был сделан и российскими учеными (Макаров и др., 2016; Бурилина и Евдокимов, 2020; Абрамов и Дохолян, 2019). Кроме того, отечественные ученые участвовали в разработке агентных моделей прогнозирования рынка труда (Маматов и др., 2019; Mamatov et al., 2020; Быкова, 2019; Россошанская, 2019).

В системе агент-ориентированного моделирования существенно важным является индивидуальное поведение агента, определяемое его выбором. Процедуре принятия решений, выбору и стратегии действий лиц, принимающих решения, в последнее время уделяется довольно большое внимание на междисциплинарном уровне. В этих работах ситуация принятия решений рассматрива-

ется в системе координат, в которых формируется выбор. Социологи называют ее экосистемой выбора, и в широком смысле она включает в себя социальные, культурные, институциональные и материальные среды, формирующие смысл и значимость выбора (Куракин и Латыпов, 2023). Выбор агента зависит от степени его включенности в эти разнородные среды и определяется с применением разнообразных подходов. Эти подходы предусматривают ряд исследований, а именно: 1) экономические, которые анализируют поведение индивида с учетом как рационального, так и иррационального выбора; 2) социологические, где неравенство интерпретируется как проблема неравномерного доступа к ресурсам и благам; 3) нейрокогнитивные, основанные на субъективном опыте индивида.

Существующие подходы и реализованные модели рассматривают каждую систему в отдельности, моделируют фрагментарно ситуации и на рынке труда, и в сфере образования, а также реакцию каждой системы на отдельные изменения условий внешней среды. В социологии изучение поведенческих аспектов, выбора и его последствий часто происходит в изоляции, без интеграции в общую систему, связывающую рынок труда и образовательную сферу. Такой подход ограничивает возможности для всестороннего планирования, прогнозирования и подготовки трудовых ресурсов, учитывая взаимосвязи между этими двумя ключевыми областями.

Авторами предложена концепция адаптивной системы мониторинга и прогнозирования кадровой обеспеченности региона, отличительной особенностью которой является комплексное рассмотрение рынка труда и сферы образования, включая дополнительное профессиональное образование, как сложной, мультиагентной системы с обратной связью. Реализация концепции в контексте теории сложных систем и теории принятия решений с использованием агент-ориентированного подхода позволяет: 1) выявить устойчивые тенденции на рынке труда и сферы образования, которые складываются исходя из множества выборов и траекторий движения индивидов; 2) управлять поведением индивидов на образовательной и трудовой траекториях на основе принципов направленного воздействия (экономических, социально-демографических, поведенческих) в рамках сценарных вариантов; 3) прогнозировать коллективное, общесистемное поведение; 4) оценить эффективность регуляторных мер и программ в этой сфере (Гайнанов и Минязев, 2022).

В качестве экономических агентов рынка труда рассматриваются хозяйствующие субъекты региона, представляющие конкретный вид экономической деятельности (ВЭД). Основными их характеристиками являются следующие параметры: производительность труда, текучесть кадров, численность занятых и освобождение мест в результате естественного возрастного выбытия, вакансии и квалификационные требования к работникам, заработная плата и т. д. Стратегии поведения зависят от ситуации на рынке: создание дополнительных/сокращение рабочих мест, увеличение/снижение заработной платы и т. д. Рекомендуется в первую очередь рассматривать системообразующие предприятия региона. Агентами системы образования региона являются образовательные учреждения по уровням образования. Они характеризуются параметрами, определяемыми их специализацией (перечень направлений обучения, предметы, необходимые для поступления), а также количеством бюджетных мест,

рейтингом, стоимостью обучения и др. Возможные варианты поведения обусловлены изменением этих параметров в результате принятой образовательным учреждением стратегии своего развития. Образовательные учреждения региона по направлениям и профилям образования необходимо рассматривать в рейтинге с аналогичными учреждениями как соседних регионов, так и России в целом, поскольку сильно их взаимовлияние на образовательную миграцию.

Агент-человек (индивид) при нахождении на образовательной траектории имеет статус «абитуриент» для получения необходимых компетенций с целью трудоустройства; при нахождении на трудовой траектории – статусы «выпускник», «безработный», «уволившийся с работы», «мигрант». Если поведение хозяйствующих субъектов и учреждений образования рационально и определено экономической средой, то поведение индивида как на образовательной, так и на трудовой траекториях существенно зависит от множества факторов и условий. Для этого предлагается использовать социологические опросы, определяющие степень включенности индивида в экосистему выбора, а также цифровой след индивида.

Региональные параметры социально-экономического развития (демографические, миграционные, структурные и технологические изменения в экономике, приоритетные отрасли, инвестиционные потоки и др.), определяемые принятыми стратегиями и программами, задают условия среды и позволяют выявить факторы, влияющие на экономических агентов. Факторами целевого воздействия на каждую категорию индивидов в узловых точках принятия решений на образовательных и трудовых траекториях выступают такие параметры, как количество бюджетных мест, рейтинг вуза, стоимость обучения по специальности, количество мест в общежитиях в регионе, уровень заработной платы, число вакантных мест и др. Управление этими параметрами позволяет имитировать различные сценарии государственного воздействия с целью формирования необходимых будущих трудовых ресурсов. Все управляющие меры можно комбинировать, чтобы оценить их эффект на поведение человека уже при выборе специальности. В итоге это позволит решить проблему обеспечения потребности в будущих специальностях, исходя из перспектив развития видов экономической деятельности в регионе (Гайнанов и Минязев, 2022; Мигранова и Минязев, 2022).

На основе предложенной концепции адаптивной системы мониторинга и прогнозирования кадровой обеспеченности региона реализованы имитационные модели поведения: 1) абитуриентов при выборе направлений подготовки в региональной образовательной системе – поступлении в вуз/ссуз; 2) выпускников вуза/ссуза при выходе на рынок труда; 3) претендентов, конкурирующих за доступные рабочие места на рынке труда.

Моделирование заключается в симуляции взаимодействия множества индивидов в системе. Это взаимодействия между работодателями, соискателями, образовательными учреждениями, государственными органами и другими экономическими агентами, влияющими на формирование и динамику рынка труда. Поскольку сценарии основаны на реальных данных о поведении участников рынка труда и их взаимодействиях (официальная статистика, социологические опросы, данные от работодателей), это делает моделирование более реалистичным и информативным.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первый серьезный выбор индивид делает после окончания 9-го класса: продолжить обучение в школе или же поступать в ссуз, какую специальность при этом выбрать. Аналогичная проблема принятия решения встает перед выпускником 11-го класса – какой выбрать вуз, какую специальность, по каким предметам сдавать единый государственный экзамен (ЕГЭ), и социально-демографические характеристики индивида оказывают существенное влияние на эти решения. Получив профессию и выйдя на рынок труда, индивид снова оказывается перед выбором – на какую работу устраиваться, исходя из своих компетенций и ожиданий. Ключевое влияние на состояние рынка труда оказывают решения, принимаемые студентами вузов или ссузов в период обучения или после его завершения. В этот момент индивиды берут на себя ответственность за успешное формирование своей трудовой карьеры, определяя, где и в качестве кого они будут применять полученные специализированные знания на рынке труда или же продолжают образование на следующем образовательном уровне, повышая свои компетенции и квалификацию.

Выявлено, что подростки из семей с низким социально-экономическим статусом, несмотря на хорошие оценки, чаще выбирают ссузы или менее престижные вузы. В то же время их сверстники из обеспеченных и образованных семей с тем же уровнем успеваемости предпочитают поступать в престижные университеты. Эти решения в значительной степени зависят от «жизненных горизонтов» школьников и взглядов на ценность образования, которые формируются под воздействием социальной среды, включая установки родителей и их социально-экономический статус (образование, доходы, культурные пристрастия). Исследователи обращают внимание на так называемую парентократию, или тотальное влияние родителей (которое иногда может быть неосознанным). Это становится особенно очевидным, когда семья активно ограничивает выбор ребенка – например, решает за него, что он должен поступить в ссуз, несмотря на его способности к получению высшего образования, или, наоборот, направляет слабого ученика в университет, когда он сам склонялся к ссузу (Minina et al., 2020; Хавенсон и Чиркина, 2019; Кондратенко и др., 2020; Лукина, 2023). Опрос, проведенный авторами в мае 2021 года среди школьников 10–11-х классов Республики Башкортостан с выборкой 35 тыс. человек, выявил, что у 30 % на выбор будущей специальности повлияло мнение родителей (Гайнанов, 2021, с. 63, Гайнанов и Минязев, 2022, с. 101). Для 45,1 % респондентов также важно мнение родителей при выборе конкретного вуза. Таким образом, если результаты выбора являются предсказуемыми, то способность индивида совершать осмысленные действия, то есть действовать самостоятельно, анализируя свои возможности, желания и перспективы, оказывается ограниченной⁷.

На результат принятия решения существенно влияет также социально-экономическая, культурная и историческая привлекательность места нахож-

⁷ Соболевская О. Приговоренные к «вышке»: как старшеклассники выбирают учебное заведение [Электронный ресурс] // IQ Media. 2020. 18 июня. URL: <https://iq-media.ru/archive/373584799.html> (дата обращения: 25.02.2024).

дения и рейтинг образовательного учреждения (Малиновский и Шибанова, 2022). Большинство респондентов (98 %), отметивших высокий доход своей семьи, и 51 % с доходами выше среднего планируют поступать в более престижные вузы другого региона, несмотря на высокие затраты на проживание и обучение в другом городе (Гайнанов, 2021, с. 65).

Образовательные притязания динамичны и меняются в зависимости не только от времени, но и от тенденций изменения рынка труда. В частности, исследования образовательных притязаний девятиклассников показывают, что в 2023 году в ссузы поступило 1,2 млн студентов, то есть больше 60 % выпускников 9-х классов. В Республике Башкортостан в 2022 году конкурс на вступительных экзаменах в государственные образовательные организации, реализующие программы подготовки специалистов среднего звена, составил 3,2 заявления на одно место, и это самое высокое значение за последние двадцать два года⁸. Среди выпускников 11-х классов более 70 % поступают в вуз. На рисунке 2, где отражены данные за период с 2019 по 2023 год по Республике Башкортостан, видно, что численность студентов растет⁹.

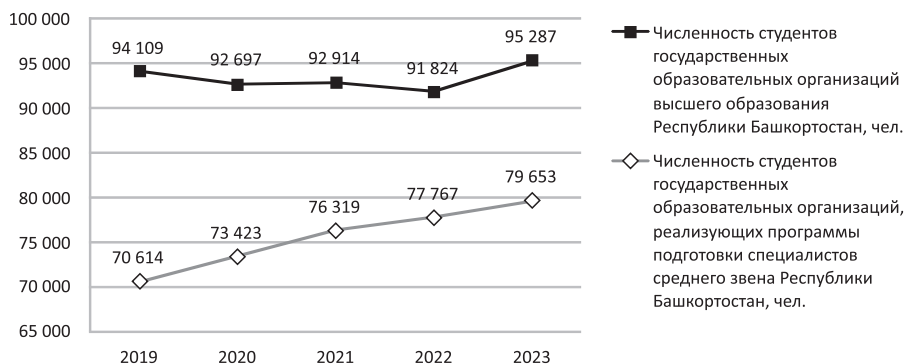


Рис. 2. Численность студентов государственных образовательных организаций, реализующих программы подготовки специалистов среднего звена, и государственных образовательных организаций высшего образования Республики Башкортостан, чел. / Fig. 2. The number of students of state educational organizations implementing training programs for mid-level specialists and state educational organizations of higher education of the Republic of Bashkortostan, people

Авторы применили результаты проведенного социологического опроса для изучения поведенческих паттернов абитуриентов и тенденций в сфере образования. Эти данные интегрировались в разработку модели поведения абитуриентов, которая воспроизводит процесс выбора ими образова-

⁸ Конкурс на вступительных экзаменах в ССУЗы [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. 2023. 31 авг. URL: <https://02.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/konkurs-SPO--2022.pdf> (дата обращения: 25.02.2024).

⁹ Профессиональные образовательные организации, осуществляющие подготовку специалистов среднего звена [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. 2023. 31 авг. URL: <https://02.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/SPO-2022.pdf> (дата обращения: 25.02.2024).

тельных траекторий в контексте региональной системы высшего и среднего профессионального образования. Серьезное внимание было уделено не только описанию индивидуальных характеристик абитуриента, но и возможным вариантам его поведения в зависимости от ситуации в образовательной системе, что позволило создать реальный механизм прогнозирования поведенческих реакций на основе компьютерной симуляции. Модель также включает параметры для модификации государственных регуляторных механизмов в образовательной сфере, такие как корректировка количества бюджетных мест по специальностям, интеграция новых специализаций в учебные программы, объединение вузов и др. (Гайнанов, 2021; Гайнанов и Минязев, 2022).

В результате моделирования были получены прогнозные значения численности студентов – выпускников государственных вузов Республики Башкортостан до 2025 года в разрезе направлений подготовки (рис. 3), а также реализованы сценарные эксперименты по оценке степени влияния выбора предметов ЕГЭ на численность поступивших абитуриентов в разрезе гуманитарных и технических направлений подготовки, и эксперимент объединения двух вузов Республики Башкортостан, который показал, что объединенный вуз перейдет в кластер рейтинга повыше и тем самым уровень образовательной миграции снизится не менее чем на 8 %. Существенно важным результатом исследования стало выявленное несоответствие предварительного желания абитуриентов в выборе предметов для ЕГЭ, сдача которых необходима для поступления в престижные вузы на востребованные специальности (были определены в ходе анкетирования), и фактической сдачи экзаменов (анализ отчетности Министерства образования и науки Республики Башкортостан). Абитуриенты, вероятно ориентируясь на краткосрочные цели, такие как успешная сдача ЕГЭ, в итоге выбирают предметы, которые кажутся им менее сложными, и поступают на другие специальности (Гайнанов, 2021, с. 72).

Институт социально-экономических исследований Уфимского федерального исследовательского центра РАН совместно с Министерством образования и науки Республики Башкортостан в 2022 году провели социологические опросы и исследования выпускников вузов/ссузов, включавшие в себя изучение всех аспектов образовательной траектории, начиная с анализа причин поступления и заканчивая ожиданиями выпускников по трудоустройству. Был составлен социальный портрет, определены запросы и ожидания выпускников, степень их удовлетворенности и формирование новых потребностей в образовании, выявлены факторы и мотивы построения трудовой карьеры. В структуре образовательной траектории выделены узловые точки принятия решений (Гайнанов и Минязев, 2022). Эти исследования легли в основу построения имитационных моделей поведения выпускников вуза/ссуза на рынке труда – моделей, позволяющих прогнозировать возможные варианты их трудоустройства с учетом образовательного профиля и потребностей секторов экономики Республики Башкортостан (Гайнанов и Минязев, 2022). Основные функции программы включают импорт данных из внешних

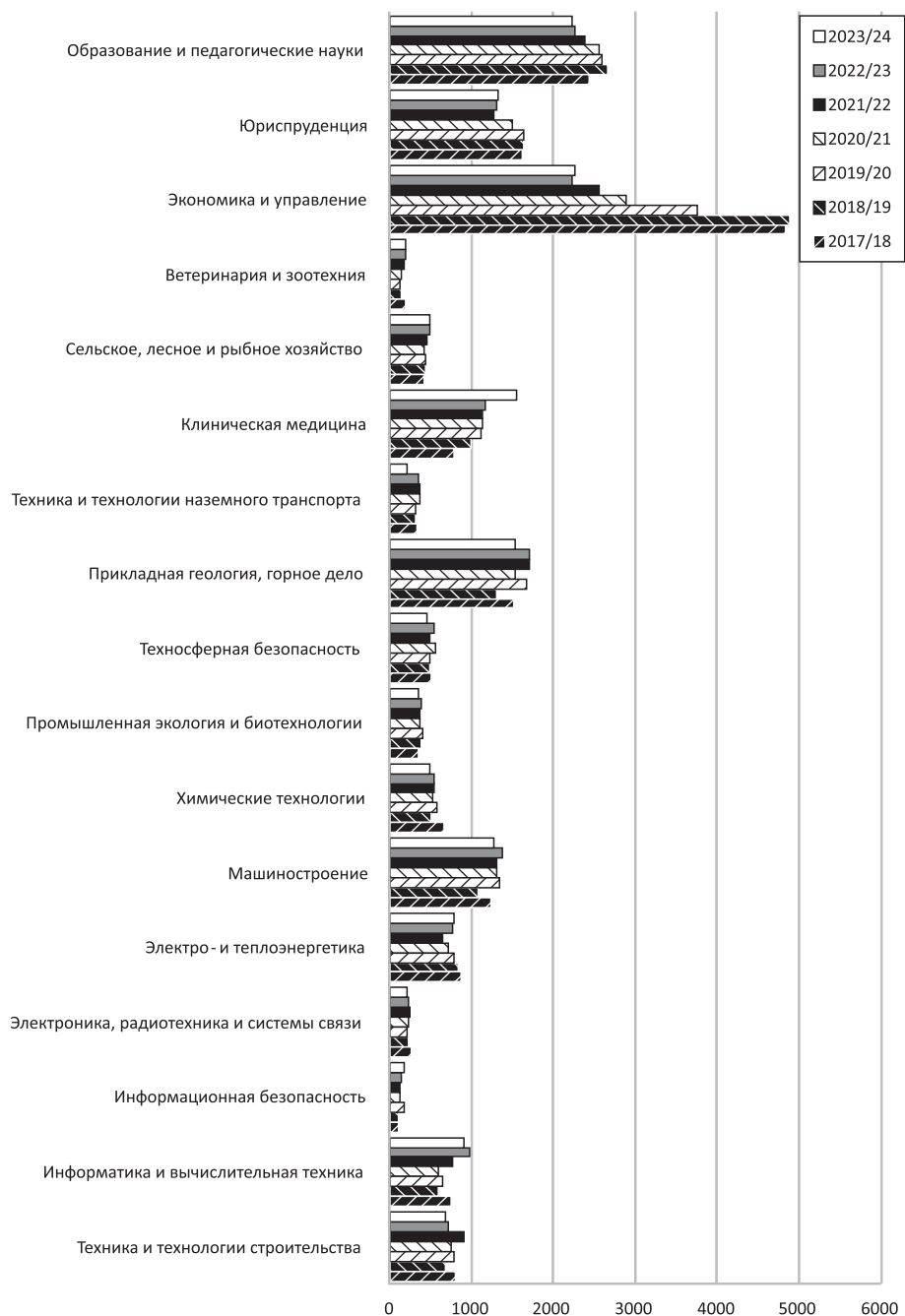


Рис. 3. Фрагмент прогноза численности выпускников вузов Республики Башкортостан, чел.
/ Fig. 3. A fragment of the universities graduates number forecast for the Republic of Bashkortostan, people

Источник: рисунки 3–4 составлены авторами.

источников, корректировку параметров, связанных с потребностями рынка, и составление прогнозов по трудоустройству выпускников в соответствии с направлениями их подготовки¹⁰.

Генерация возможных вариантов линий поведения выпускников по конкретным направлениям обучения как в части продолжения обучения, так и в части вхождения на рынок труда реализуются на основе статистических данных и результатов социологических опросов¹¹. Модель возможного поведения выпускников одного из направлений обучения приведена на рисунке 4.

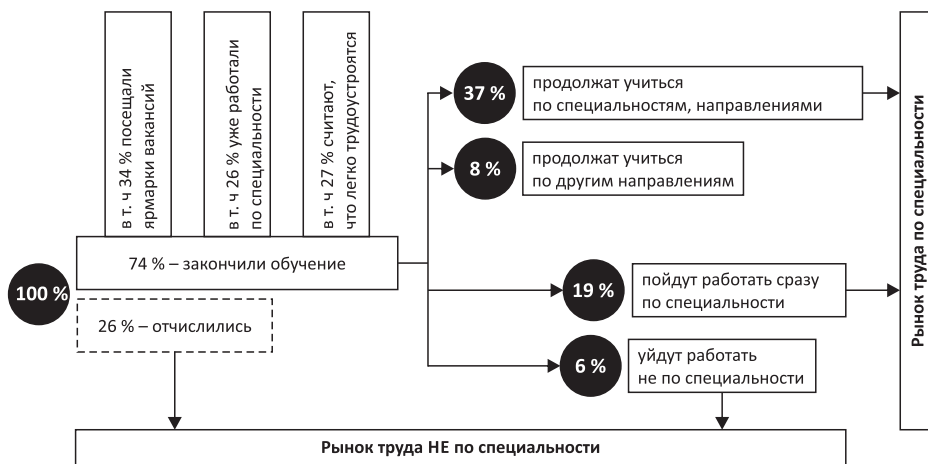


Рис. 4. Модель поведения выпускников направления «Инженерное дело, технологии и технические науки» / Fig. 4. The behavior model of graduates in Engineering, Technology and Technical Sciences

В связи с тем, что запросы выпускников в заработной плате практически по всем направлениям подготовки превышают предложения на рынке труда, проведены сценарные эксперименты, позволившие выявить предельные значения повышения заработной платы, при которой происходит рост удовлетворенной потребности на низкооплачиваемых ВЭД, и объем выпуска специалистов с профессиональным образованием для удовлетворения потребностей дефицитных ВЭД (Гайнанов и Минязев, 2022).

Взаимодействие между экономическими агентами на рынке труда в реальности происходит в условиях конкуренции между претендентами за рабочие места и должности, между потребителями и поставщиками рабочей силы за условия приема на работу, между предприятиями за квалифицированных сотрудников и дефицитные рабочие кадры. Рассмотренные выше модели

¹⁰ Гайнанов Д. А., Минязев А. И., Гайсина А. Ш. и др. Цифровая модель поведения выпускника вуза на рынке труда. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023665062, 11.07.2023. Заявка № 2023663909 от 04.07.2023; Они же. Агентная модель трудоустройства выпускников ссузов. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023669464, 14.09.2023. Заявка № 2023667835 от 29.08.2023.

¹¹ Гайнанов Д. А., Мигранова Л. И., Минязев А. И. Результаты опроса выпускников вузов Республики Башкортостан. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2023623020, 01.09.2023. Заявка № 2023622795 от 29.08.2023.

поведения индивидов при формировании образовательной или трудовой траектории лежат в основе построения более сложной модели – модели конкуренции на региональном рынке труда, реализующей комплексный взгляд на динамику занятости региона. В этой модели участники рынка, включая выпускников высших и средних профессиональных учебных заведений, безработных, мигрантов и работников, ищущих новое место работы, вступают в конкуренцию за доступные рабочие места. Модель интегрирует различные переменные, такие как образовательный уровень, специализация, профессиональный опыт, готовность к переподготовке и миграции, а также ожидания по зарплате. Она также включает оценку потребностей предприятий в сотрудниках, основываясь на их экономической активности, образовательных требованиях к соискателям и специализации. Симуляция взаимодействия экономических агентов в модели позволит выявить структуру статусов кандидатов, предоставляя данные по образовательному уровню, направлению подготовки и группам соискателей. В зависимости от сценарных вариантов будет прогнозироваться структура удовлетворенных и невыполненных потребностей предприятий по видам экономической деятельности, уровню образования и направлениям подготовки¹².

На данном этапе исследования ведутся расчеты по таким сценарным вариантам, как оценка степени влияния заработной платы на структуру удовлетворенных и невыполненных потребностей предприятий, уровень миграции и численность безработных в регионе. В модель также внедряется ряд мероприятий, способствующих увеличению численности выпускников, работающих по специальности. Результаты моделирования будут представлены в последующих работах авторов.

В частности, в адаптивной модели, в зависимости от полноты необходимых входных данных, возможно внедрение следующего комплекса мер для выстраивания у абитуриентов/студентов/выпускников целевого поведения путем определения значимых для них факторов и условий влияния:

1) систематическая работа по двум направлениям: привлечение абитуриентов к дефицитным специальностям с помощью эффективной системы профориентации и карьерного консультирования в школах, университетах и центрах занятости, включая активное участие в этом процессе стратегических предприятий, и корректировка структуры подготовки специалистов через контрольные цифры приема (КЦП) на бюджетные места с учетом приоритетных направлений развития региона;

2) выявление причин выбытия (незавершения образования) в образовательной системе, а также работы не по специальности после завершения. Необходимо внедрение таких мер, как дополнительное информирование и повышение ответственности у абитуриентов при выборе профессии, повышение гибкости учебных планов и образовательных программ в соответствии с требованиями работодателей, популяризация и доступность образовательных кредитов;

¹² Гайнанов Д. А., Минязев А. И., Мигранова Л. И. Агентная модель конкуренции на региональном рынке труда. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023684740, 20.11.2023. Заявка от 03.11.2023.

3) стимулирование и поддержка молодых работников как хозяйствующими субъектами, так и государством в части заработной платы, формирования карьеры, социальной помощи в соответствии с ожиданиями выпускников по уровню заработной платы и карьерного роста. Это возможно путем разработки совместных программ кадровой поддержки перспективных и ведущих ВЭД региона;

4) проведение мероприятий по адаптации студентов к рынку труда с учетом их специализации. Недостаточное знание о состоянии рынка труда приводит к неэффективным действиям со стороны выпускников;

5) разработка государственных мер регулирования образовательной миграции путем поддержки и стимулирования поступающих в вузы региона, а также направление на целевое обучение по тем специальностям, которых нет в регионе. Необходимы также меры по возврату в регион после обучения выпускников с высокими баллами ЕГЭ, а также победителей олимпиад, поступивших в престижные вузы больших городских агломераций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Формирование поведения индивидов на рынке труда и сферы образования, а также корректировка такого поведения посредством выявления факторов и мер воздействия для удовлетворения перспективных кадровых потребностей региона являются актуальной управленческой задачей. Сложность выявления указанных факторов предопределяет необходимость использования подходов, которые учитывали бы индивидуальные характеристики человека, его желания и мотивы, условия среды.

2. Применение подходов теории сложных систем и теории принятия решений в контексте рынка труда на основе агент-ориентированного моделирования позволяет учитывать динамические связи, выявлять эмерджентные свойства и нелинейные взаимодействия агентов с их индивидуальными стратегиями поведения, включая принятие ими решений в системе координат, формирующей выбор и способной существенно влиять на динамику рынка труда.

3. Преимуществом для решения практических задач является реализация идеологии агент-ориентированного моделирования на мощных платформах моделирования, таких как AnyLogic, NetLogo. Они позволяют создавать простые в поддержке имитационные модели без привлечения дополнительных средств. На сегодняшний день в агент-ориентированном моделировании уже имеется большая библиотека разработанных моделей для всех этапов жизненного цикла человека (Smaidino, 2023)¹³.

Все это обеспечило возможность создания адаптивной системы мониторинга и прогнозирования кадровой обеспеченности региона, которая отражает реальные условия, притязания и потребности индивидов (Гайнанов и Минязев, 2022). Более того, вовлечение заинтересованных сторон – пред-

¹³ Библиотека моделирования процессов [Электронный ресурс] // Официальный сайт The AnyLogic Company. URL: <https://www.anylogic.ru/features/libraries/process-modeling-library/> (дата обращения: 23.03.2024).

ставителей бизнеса, образовательных учреждений и профсоюзов – в процесс разработки комплексной системы и реализации государственной политики в области занятости и рынка труда способствует принятию более сбалансированных и эффективных решений, отвечающих потребностям всех участников рынка.

Таким образом, реализация адаптивной системы мониторинга и прогнозирования кадровой обеспеченности региона на основе использования имитационного агент-ориентированного подхода может играть ключевую роль в управлении рынком труда, обеспечивая улучшение его эффективности и адаптивности к изменяющимся условиям и более результативное воздействие государственных мер на трудовую активность и трудовые и образовательные траектории индивидов.

Такие имитационные модели помогут исследователям и практикам лучше понять, какие факторы оказывают наибольшее влияние на динамику рынка труда, какие стратегии наиболее эффективны для регулирования этой системы, а также какие риски и возможности могут возникнуть в результате различных изменений или вмешательств. В целом применение в исследовании рынка труда подходов и инструментов теории сложных систем и теории выбора, учитывающих как характеристики индивидов, так и окружающую среду, в которой формируется выбор, способствует более глубокому и комплексному пониманию этой важной социально-экономической системы.

Список источников

Абрамов В. И., Дохолян А. С. Агент-ориентированное моделирование: возможности в условиях преобразования институциональной структуры экономики России // Региональные проблемы преобразования экономики. 2019. № 4. С. 5–11.

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. 147 с.

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

Гайнанов Д. А., Минязев А. И. Концептуальная модель прогнозирования потребности рынка труда в квалифицированных специалистах на основе агент-ориентированного подхода // Известия Уфимского научного центра РАН. 2022. № 4. С. 101–106. <https://doi.org/10.31040/2222-8349-2022-0-4-101-106>.

Гайнанов Д. А., Сайфулина Л. Д. Стратегические приоритеты и кадровая обеспеченность развития промышленности региона // Финансовый бизнес. 2023. № 11. С. 99–105. <https://doi.org/10.48521/FINBIZ.2023.245.11.001>.

Кондратенко В. А., Кирюшина М. А., Богданов М. Б. Образовательные притязания российских школьников: факторы и возрастная динамика. М.: НИУ ВШЭ, 2020. 32 с.

Куракин Д. Ю., Латыпов И. А. Экосистемы выбора: о некоторых ограничениях теории рационального выбора и стратегии их преодоления // Экономическая социология. 2023. Т. 24, № 3. С. 11–32. <https://doi.org/10.17323/1726-3247-2023-3-11-32>.

Лукина А. А. Образовательные траектории студентов первого поколения как кейс неравенства в высшем образовании // Вопросы образования. 2023. № 2. С. 133–160. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2023-2-133-160>.

Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. Агент-ориентированные модели как инструмент апробации управленческих решений // Управленческое консультирование. 2016. № 12. С. 16–25.

Малиновский С. С., Шибанова Е. Ю. Причины и факторы завершения экспансии высшего образования в России // Социологический журнал. 2022. Т. 28, № 3. С. 8–37. <https://doi.org/10.19181/socjour.2022.28.3.9149>.

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: 04.05.2024).

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>.

Пугачева Е. Г. Идеи теории сложных систем и их применение на практике // Проблеми системного підходу в економіці: Збірник наукових праць. Вип. 31 / За ред. В. В. Мова. Київ: Національний авіаційний університет, 2009. С. 36–45.

Россошанская Е. А. Комплексная агент-ориентированная модель воспроизводства трудового потенциала муниципального образования // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, № 1. С. 124–137. <https://doi.org/10.15838/esc.2019.1.61.7>.

Хавенсон Т. Е., Чиркина Т. А. Образовательный выбор учащихся после 9-го и 11-го классов: сравнение первичных и вторичных эффектов социально-экономического положения семьи // Журнал исследований социальной политики. 2019. Т. 17, № 4. С. 539–554. <https://doi.org/10.17323/727-0634-2019-17-4-539-554>.

Человеческий капитал территории: модели, технологии и механизмы регулирования / Под общ. ред. Д. А. Гайнанова. Уфа: ИСЭИ УФИЦ РАН, 2021. 258 с.

Arthur W. B. Complexity and the economy. New York: Oxford University Press, 2014. 192 p.

Arthur W. B. Chapter 32 Out-of-equilibrium economics and agent-based modeling // Handbook of computational economics. Vol. 2 / Ed. by L. Tesfatsion, K. L. Judd. Amsterdam, London: Elsevier, 2006. P. 1551–1564. [https://doi.org/10.1016/S1574-0021\(05\)02032-0](https://doi.org/10.1016/S1574-0021(05)02032-0).

Axelrod R. Advancing the art of simulation in the social sciences // Japanese Journal for Management Information System. 2003. Vol. 12, № 3. P. 21–40.

Blume L., Durlauf S. N. The economy as an evolving complex system III. New York: Oxford University Press, 2006. 377 p.

Judd K. L. Chapter 17 Computationally intensive analyses in economics // Handbook of computational economics. Vol. 2 / Ed. by L. Tesfatsion, K. L. Judd. Amsterdam, London: Elsevier, 2006. P. 881–893. [https://doi.org/10.1016/S1574-0021\(05\)02017-4](https://doi.org/10.1016/S1574-0021(05)02017-4).

Minina E., Yanbarisova D., Pavlenko E. Educational choice of Russian high school students in grade nine // *International Studies in Sociology of Education*. 2020. Vol. 29, № 4. P. 326–343. <https://doi.org/10.1080/09620214.2020.1728362>.

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*. ISAT 2019. *Advances in intelligent systems and computing*. Vol. 1052 / Ed. by Z. Wilimowska, L. Borzemski, J. Świątek. Cham: Springer, 2020. P. 211–220. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30443-0_19.

Smaidino P. E. Modeling social behavior: Mathematical and agent-based models of social dynamics and cultural evolution. Princeton, Oxford: Princeton University Press, 2023. 360 p.

Tesfatsion L. Chapter 16 Agent-based computational economics: a constructive approach to economic theory // *Handbook of computational economics*. Vol. 2 / Ed. by L. Tesfatsion, K. L. Judd. Amsterdam, London: Elsevier, 2006. P. 831–880. [https://doi.org/10.1016/S1574-0021\(05\)02016-2](https://doi.org/10.1016/S1574-0021(05)02016-2).

Информация об авторах

Д. А. Гайнанов – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник сектора экономико-математического моделирования Института социально-экономических исследований – обособленного структурного подразделения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, 450054, Россия, г. Уфа, пр-т Октября, 71

SPIN-код (РИНЦ): 3017-4102

AuthorID (РИНЦ): 293628

Web of Science ResearcherID: 0-5141-2015

Л. И. Мигранова – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник сектора экономико-математического моделирования Института социально-экономических исследований – обособленного структурного подразделения 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 ResearcherID: O-4506-2015

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

SPIN-код (РИНЦ): 7964-1465

AuthorID (РИНЦ): 427755

Web of Science ResearcherID: AAC-8317-2022

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 15.05.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024; принята к публикации 23.05.2024.

References

Abramov, V. I. and Doholyan, A. S. (2019), "Agent-based modeling: opportunities in the context of transformation of the institutional structure of the Russian economy", *Regional Problems of Transforming the Economy*, no. 4, pp. 5–11.

Burilina, M. A. and Evdokimov, D. S. (2020), *Agent-orientirovannoe modelirovanie dly podderzhki prinyatiy reshenii i prognozirovaniy v usloviyakh perekhoda k tsifrovoi ekonomike* [Agent-based modeling for decision support and forecasting in the context of the digital economy transition], Central Economic and Mathematical 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. and Minyazev, A. I. (2022), "A conceptual model for forecasting skills needs in the labour market based on an agent-based approach", *Izvestia Ufimskogo Nauchnogo Tsentra RAN (Proceedings of the RAS Ufa Scientific Centre)*, no. 4, pp. 101–106, <https://doi.org/10.31040/2222-8349-2022-0-4-101-106>.

Gainanov, D. A. and Sayfullina, L. D. (2023), "Strategic priorities and staff availability for industrial development in the region", *Financial Business*, no. 11, pp. 99–105, <https://doi.org/10.48521/FINBIZ.2023.245.11.001>.

Kondratenko, V. A., Kiryushina, M. A. and Bogdanov, M. B. (2020), *Obrazovatel'nye prityazaniya rossiiskikh shkol'nikov: faktory i vozrastnaya dinamika* [Educational claims of Russian schoolchildren: Factors and age dynamics], HSE Publishing house, Moscow, Russia.

Kurakin, D. Yu. and Latypov, I. A. (2023), "Ecosystems of choice: On some limitations of rational choice theory and a strategy for overcoming them", *Journal of Economic Sociology*, vol. 24, no. 3, pp. 11–32, <https://doi.org/10.17323/1726-3247-2023-3-11-32>.

Lukina, A. A. (2023), "Educational trajectories of first-generation students as a case of inequality in higher education", *Educational Studies Moscow*, no. 2, pp. 133–160, <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2023-2-133-160>.

Makarov, V. L., Bakhtizin, A. R. and Sushko, E. D. (2016), "Agent-based models as a means of testing of management solutions", *Administrative Consulting*, no. 12, pp. 16–25.

Malinovskiy, S. S. and Shibanova, E. Yu. (2022), "The reasons and drivers behind higher education ceasing to expand in Russia", *Sotsiologicheskii Zhurnal = Sociological Journal*, vol. 28, no. 3, pp. 8–37, <https://doi.org/10.19181/socjour.2022.28.3.9149>.

Mamatov, A., Mashkova, A. and Savina, O. (2019), "Forecasting dynamics of regional human resource using agent-based simulation methods", *Artificial Socie-*

ties, vol. 14, no. 3, <https://doi.org/10.18254/S207751800006724-5> [Online], available at: <https://artsoc.jes.su/s207751800006724-5-1/> (Accessed May 4, 2024).

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>.

Pugacheva, E. G. (2009), "Ideas of the theory of complex systems and their application in practice", in Mova, V. V. (ed.), *Problemi sistemnogo pidkhodu v ekonomitsi: Zbirnik naukovikh prats'* [Problems of the systemic approach in economics: Collection of scientific papers], vol. 31, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, pp. 36–45.

Rossoshanskaya, E. A. (2019), "Integrated agent-based model of labor potential reproduction of a municipal formation", *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, vol. 12, no. 1, pp. 124–137, <https://doi.org/10.15838/esc.2019.1.61.7>.

Havenson, T. E. and Chirkina, T. A. (2019), "Student educational choice after the 9th and 11th grades: Comparing the primary and secondary effects of family socioeconomic status", *The Journal of Social Policy Studies provides*, vol. 17, no. 4, pp. 539–554, <https://doi.org/10.17323/727-0634-2019-17-4-539-554>.

Gainanov, D. A. (ed.) (2021), *Chelovecheskii kapital territorii: modeli, tekhnologii i mekhanizmy regulirovaniya* [The human capital of the territory: Models, technologies and regulatory mechanisms], Institute for Social and Economic Research, Ufa Federal Research Centre of the RAS, Ufa, Russia.

Arthur, W. B. (2006), "Chapter 32 Out-of-equilibrium economics and agent-based modeling", in Tesfatsion, L. and Judd, K. L. (ed.), *Handbook of computational economics*, vol. 2, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, London, UK, pp. 1551–1564, [https://doi.org/10.1016/S1574-0021\(05\)02032-0](https://doi.org/10.1016/S1574-0021(05)02032-0).

Arthur, W. B. (2014), *Complexity and the economy*, Oxford University Press, New York, NY, US.

Axelrod, R. (2003), "Advancing the art of simulation in the social sciences", *Japanese Journal for Management Information System*, vol. 12, no. 3, pp. 21–40.

Blume, L. and Durlauf, S. N. (2006), *The economy as an evolving complex system III*, Oxford University Press, New York, NY, US.

Judd, K. L. (2006), "Chapter 17 Computationally intensive analyses in economics", in Tesfatsion, L. and Judd, K. L. (ed.), *Handbook of computational economics*, vol. 2, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, London, UK, pp. 881–893, [https://doi.org/10.1016/S1574-0021\(05\)02017-4](https://doi.org/10.1016/S1574-0021(05)02017-4).

Minina, E., Yanbarisova, D. and Pavlenko, E. (2020), "Educational choice of Russian high school students in grade nine", *International Studies in Sociology of Education*, vol. 29, no. 4, pp. 326–343, <https://doi.org/10.1080/09620214.2020.1728362>.

Mamatov, A. V., Konstantinov, I. S., Mashkova, A. L. et al. (2020), "Agent model for evaluating efficiency of regional human resource management", in Wilimowska, 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. ISAT 2019. Advances in intelligent systems and computing*, vol. 1052, Springer, Cham, Switzerland, pp. 211–220, https://doi.org/10.1007/978-3-030-30443-0_19.

Smaidino, P. E. (2023), *Modeling social behavior: Mathematical and agent-based models of social dynamics and cultural evolution*, Princeton University Press, Princeton, NJ, US, Oxford, UK.

Tesfatsion, L. (2006), "Chapter 16 Agent-based computational economics: a constructive approach to economic theory", in Tesfatsion, L. and Judd, K. L. (ed.), *Handbook of computational economics*, vol. 2, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, London, UK, pp. 831–880, [https://doi.org/10.1016/S1574-0021\(05\)02016-2](https://doi.org/10.1016/S1574-0021(05)02016-2).

Information about the authors

D.A. Gainanov – Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher of the Economic and Mathematical Modelling Sector, Institute for 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): 3017-4102

AuthorID (RSCI): 293628

Web of Science Researcher ID: 0-5141-2015

L. I. Migranova – Candidate of Economics, Senior Researcher of the Economic and Mathematical Modelling Sector, Institute for 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

L. D. Saifullina – Candidate of Economics, Associate Professor, Senior Researcher of the Economic and Mathematical Modelling Sector, Institute for 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): 7964-1465

AuthorID (RSCI): 427755

Web of Science Researcher ID: AAC-8317-2022

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

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 15.05.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 23.05.2024.