

10. Программа развития Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук до 2028 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://ufaras.ru/wp-content/uploads/2023/11/Программа-УФИЦ-РАН-до-2028-г..pdf>

11. Программа развития Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» на 2025–2036 годы [Электронный ресурс]. URL: https://uust.ru/media/eduInfo/programma-razvitiya-uunit_2025-2036.pdf

12. Соловьев А.В. Советский директор: собственник или наемный работник? // Марксист. 1996. № 3-4. С. 38–75.

13. Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408518353/>

DOI: 10.34773/EU.2025.6.5

Агент-ориентированное моделирование в стратегическом управлении развитием территорий*

Agent-based Modeling in the Strategic Management of Territorial Development

М. НИЗАМУТДИНОВ, З. ДАВЛЕТОВА

Низамутдинов Марсель Малихович, канд. техн. наук, доцент, заведующий сектором экономико-математического моделирования Института социально-экономических исследований (ИСЭИ) Уфимского федерального исследовательского центра (УФИЦ) РАН. E-mail: marsel_n@mail.ru

Давлетова Зульфия Альфировна, канд. техн. наук, старший научный сотрудник сектора экономико-математического моделирования ИСЭИ УФИЦ РАН. E-mail: davletova11@mail.ru

Аннотация. В статье обосновывается актуальность рассмотрения задач стратегического управления территориальным развитием в современных условиях geopolитической нестабильности, определяется первостепенная важность решения задач социодемографического развития территорий как необходимого условия обеспечения долгосрочного устойчивого развития территорий. В качестве инструментального средства моделирования и прогнозирования динамики социодемографических процессов предполагается использовать агент-ориентированное моделирование (АОМ), позволяющее формировать точные прогнозы за счет особой концепции создания искусственного общества в виде взаимодействующих автономных агентов, принимающих решение и обладающих способностью изменения поведения в процессе адаптации к внешним условиям среды. Предложен комплекс показателей для корректной оценки демографического и социально-экономического развития региона. Разработана концепция многоагентной экономико-демографической модели, описывающая взаимодействие и логику поведения агентов.

Ключевые слова: АОМ, стратегическое управление, социально-экономическое и демографическое развитие территории.

Abstract. The article substantiates the relevance of considering the tasks of strategic management of territorial development in modern conditions of geopolitical instability, determines the paramount importance of solving

* Ссылка на статью: Низамутдинов М.М., Давлетова З.А. Агент-ориентированное моделирование в стратегическом управлении развитием территорий // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2025. № 6. С. 31–38. DOI: 10.34773/EU.2025.6.5.

Исследование выполнено в рамках государственного задания УФИЦ РАН № 075-00571-25-00 на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов.

the problems of socio-demographic development of territories as a necessary condition for ensuring long-term sustainable development of territories. Agent-based modeling (AGM) is supposed to be used as an instrumental tool for modeling and predicting the dynamics of socio-demographic processes, which makes it possible to form accurate forecasts due to a special concept of creating an artificial society in the form of interacting autonomous decision-making agents with the ability to change behavior in the process of adapting to external environmental conditions. A set of indicators is proposed for the correct assessment of the demographic and socio-economic development of the region. The concept of a multi-agent economic and demographic model describing the interaction and logic of agents' behavior has been developed.

Key words: agent-based modeling, strategic management, socio-economic and demographic development of territories.

Основные положения

1. Обоснована актуальность задачи исследования социодемографического развития как необходимого условия обеспечения долгосрочного устойчивого развития территорий. Проведен обзор существующих АОМ по стратегическому управлению социально-экономическим и демографическим развитием территорий.
2. Предложен комплекс показателей для оценки социально-экономического и демографического развития территорий, служащий входной информацией для разрабатываемой АОМ.
3. Разработана концептуальная модель прогнозирования социально-экономического и демографического развития территорий на основе агент-ориентированного подхода.

Введение

За годы экономических реформ в России многократно актуализировалась проблема внедрения механизмов перехода к инновационно-ориентированной модели экономического роста. Ежегодно принимается множество стратегий и программных документов, в основе которых приоритетной целью заявлено развитие на основе перехода к постиндустриальной экономике нового типа. Однако значительного прогресса на пути построения экономики инновационного типа добиться так до сих пор и не удается. Причиной этому не только технологические факторы, но и научно-методологические проблемы, имеющиеся непосредственно в организации эффективно работающей системы стратегического управления развитием территорий. При этом даже на национальном уровне проблема не находит своего качественного решения, что не оспаривается как специалистами-практиками, так и сообществом ученых-экономистов, которые в целом признают, что действующие программные и стратегические документы принимаются и реализуются формально, достижение заложенных целевых и плановых параметров системным образом не обеспечивается и не контролируется, и в целом стратегический уровень оказывается подчиненным рутинным оперативно-тактическим задачам, что противоречит основным принципам организации эффективной системы стратегического управления.

Наличие таких противоречий и системных проблем требует, в том числе, качественного обновления методов стратегического управления, основанных на использовании научно обоснованных подходов в сфере стратегического менеджмента, нацеленных на возможность оперативно формировать и оценивать последствия принимаемых управлеченческих решений. И важнейший приоритет в данном направлении – это способность системы стратегического планирования обеспечивать эффективный отклик на формирующиеся глобальные вызовы и потребности развития экономики с применением гибкого инструментария управления, позволяющего, с одной стороны, учитывать фундаментальные изменения правил взаимодействия субъектов в рамках национальной и мировой экономической системы, а с другой – оперативно вырабатывать и оценивать последствия принимаемых решений на федеральном и региональном уровне. Поэтому в методологическом плане для решения задачи перехода от деклараций к практической работе необходимо обоснование и внедрение современного инструментария, основанного на комплексном применении современных средств имитационного моделирования, методов информационной поддержки процессов принятия и реализации управлеченческих решений, а в обозримой перспективе – выход на внедрение на уровне органов государственного управления

передовых цифровых и интеллектуальных технологий, в том числе активно развивающихся в мире цифровых моделей на базе агент-ориентированного подхода, технологий AI и генеративных алгоритмов, интегрированных в процесс подготовки и мониторинга реализации стратегий и программ развития экономических систем макро- и мезоуровня, и обеспечивающих в качестве конечной цели достижение целевых ориентиров экономического развития территорий по ключевым индикативным параметрам.

Одновременно формирующиеся все более тревожные тенденции в сфере социально-демографического развития регионов России, происходящие на фоне структурной трансформации системы расселения и сохраняющейся внешнеполитической нестабильности, создают определенные риски для обеспечения долгосрочной экономической безопасности и устойчивого развития страны. Реализация эффективных упреждающих мер в зонах наибольшего риска требует выработки научно обоснованных оценок не только текущего, но и будущего состояния социо-экономико-демографической системы, а значит, и наличия инструментов стратегического управления, обеспечивающих выход на траекторию развития, обозначенную в документах перспективного стратегического планирования.

Таким образом, в практическом плане поставленная задача может быть рассмотрена в рамках трех важнейших ее составляющих:

- изучение взаимообусловленности социальных, экономических и демографических процессов, выявление и формализация взаимосвязей детерминирующих их факторов;
- реализация прогнозных и сценарных расчетов на базе комплексной системы социо-экономико-демографических показателей с применением современных инструментов имитационного моделирования;
- выработка конкретных механизмов государственного регулирования («дорожной карты») для гармонизации социальных, экономических и демографических процессов в регионах России, учитывающих тенденции трансформации экономического пространства и структуры территориального расселения.

Такая постановка задачи, безусловно, обязывает исследователей выходить за рамки традиционных методов и расширять используемый инструментарий в первую очередь за счет задействования возможностей современной вычислительной техники по обработке больших объемов данных, методов математического анализа, применения технологий компьютерного и имитационного моделирования. В данном контексте применение АОМ предоставляет возможность изучения микроуровневых поведенческих стратегий агентов и тестирования сценариев регулирующего вмешательства до их реализации [3]. В отличие от традиционных методов, АОМ фокусируется на моделировании поведения автономных агентов (домохозяйств, предприятий, государственных институтов), что обеспечивает более точное воспроизведение реальных социально-экономических процессов [11].

Целью исследования является разработка концепции цифровой модели стратегического управления социально-экономическим и демографическим развитием разноуровневых территориальных социально-экономических систем.

Предметом исследования являются теоретико-методологические, инструментальные и прикладные аспекты задачи моделирования социодемографических процессов и стратегического управления развитием разноуровневых территориальных систем.

Методы

Теоретико-методологическую основу исследования формируют: теории стратегического планирования и государственного управления; теории социального и демографического прогнозирования, теория принятия решений, теория эксперимента, математическая статистика, математическая логика, АОМ.

Информационную базу исследования составили официальные данные Федеральной службы государственной статистики, органов государственной власти Российской Федерации, статистических сборников, справочников, нормативно-правовые акты Российской Федерации,

прогнозы социально-экономического развития Российской Федерации и субъектов Российской Федерации, данные, публикуемые в периодической печати, исследования отечественных и зарубежных ученых, а также собственные разработки авторов статьи по тематике исследования.

В основу проводимых исследований положены принципы научной обоснованности всех используемых методов и подходов, подтверждение достоверности полученных результатов имеющейся статистической информацией, учета федерального и регионального законодательства, а также принцип практической применимости предложенных подходов для решения конкретных задач экономики РФ и РБ.

Среди мировых центров изучения социodemографических проблем можно выделить отдел народонаселения Департамента по международным экономическим и социальным вопросам Секретариата ООН. Собственные разработки имеются во многих исследовательских и научных учреждениях большинства развитых и развивающихся стран. Центрами демографических исследований в России являются ИСЭПНН РАН, управление статистики населения Госкомстата РФ, Центр по изучению проблем народонаселения МГУ, отдел демографии и миграции Института стратегических исследований и др. Следует отметить, что в последние годы приоритетом исследований большинства научных школ является изучение проблем развития человеческого потенциала, социальная и миграционная динамика, территориальное расселение, уровень жизни населения и т.д. При этом приоритеты научных исследований и потребности реальной практики таковы, что всё более востребованными становятся не столько теоретическая проработка проблемы, диагностика текущего состояния, оценка гипотез и интерпретация полученных результатов, но выделение глобальных трендов и факторов взаимовлияния разноуровневых процессов (зачастую латентных), а также сценарное прогнозирование социальных эффектов и экономических последствий наблюдаемых трансформаций в долгосрочной перспективе.

Можно выделить ряд крупных научных центров, изучающих применение методов имитационного моделирования для стратегического управления развитием территорий. Исследователи ВоЛНЦ РАН занимаются разработкой АОМ лесозаготовительного производства [8], демографического развития [5] и регионального здравоохранения [6] на примере Вологодской области. Сотрудники ФАНУ «Востокгосплан» применяют агент-ориентированный подход для разработки стратегий управления социально-экономическим и демографическим развитием территории Дальнего Востока [13; 14]. Наиболее значимые труды в области имитационного моделирования развития экономики России принадлежат ученым ЦЭМИ РАН. В своих исследованиях они решают проблемы регулирования миграционных и демографических процессов [16], мониторинга и контроля экологической ситуации в регионе [7] и в целом управления социально-экономической системой РФ [4].

Обзор публикаций выявил, что применение агент-ориентированного подхода к моделированию социально-экономического развития территорий имеет большой потенциал. Данный метод способствует повышению точности прогнозов регионального развития и качества управлений решений благодаря детальному и правдоподобному воспроизведению внутренней структуры территории посредством описания алгоритмов поведения отдельных автономных хозяйствующих единиц, вступающих во взаимодействие друг с другом и внешним окружением, а также обеспечивает высокую скорость обработки и всестороннего анализа значительных объемов данных [12].

Результаты и обсуждение

Социально-экономическое и демографическое развитие региона оценивается комплексом показателей (рис. 1). Предлагается разделить показатели на 4 группы: экономические, социальные, демографические, а также интегральные и комплексные. Важными экономическими показателями развития территории являются [15]:

- валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения: позволяет оценить экономический потенциал региона;
- темпы роста ВРП: характеризуют динамику развития региона;

- инвестиции в основной капитал: данный показатель характеризует инвестиционную активность;
 - объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг: показывает масштабы деятельности предприятий региона;
 - уровень безработицы и коэффициент напряженности на рынке труда: отражают ситуацию на рынке труда.
- Социальные показатели развития территории характеризуют качество жизни населения, помогают оценить диспропорции в уровне жизни граждан [17].



Рис. 1. Входная информация для АОМ

Предлагается в качестве исходной информации для анализа использовать следующие социальные показатели:

- уровень жизни населения: включает в себя доходы, потребление и другие аспекты благосостояния;
- среднемесячная заработка: показатель уровня оплаты труда;
- доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума: индикатор уровня бедности;
- продолжительность жизни и уровень физического здоровья: показывают состояние здоровья населения;
- уровень образования: отражает качество человеческого капитала в регионе.

Демографические показатели позволяют оценивать социально-экономическое развитие региона через анализ взаимосвязи демографических и экономических процессов [2]. Рост численности трудоспособного населения способствует росту производительности и экономической активности [9]. Для АОМ предусматривается использование следующих демографических показателей [1]:

- численность населения: общее количество жителей региона, а также его среднегодовая численность;
- естественный прирост: разница между числом родившихся и умерших;
- миграционный прирост (сальдо): разница между числом прибывших в регион и выбывших;
- структура населения: соотношение мужчин и женщин, а также распределение по возрастным группам.

Интегральные и комплексные показатели дают возможность сжатия многочисленных данных, отражающих разные аспекты развития территории [18]. Это упрощает проведение анализа и интерпретацию его результатов. Следующие интегральные и комплексные показатели будут использованы в работе АОМ:

- индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП): комплексный показатель, учитывающий ожидаемую продолжительность жизни, уровень образования и валовый национальный доход на душу населения;
- индекс удовлетворенности жизнью: субъективный показатель, отражающий отношение людей к качеству жизни;
- индекс безопасности среды обитания: позволяет оценить безопасность и экологическую обстановку в регионе;
- коэффициент Джини: показатель, характеризующий степень неравенства в распределении доходов.

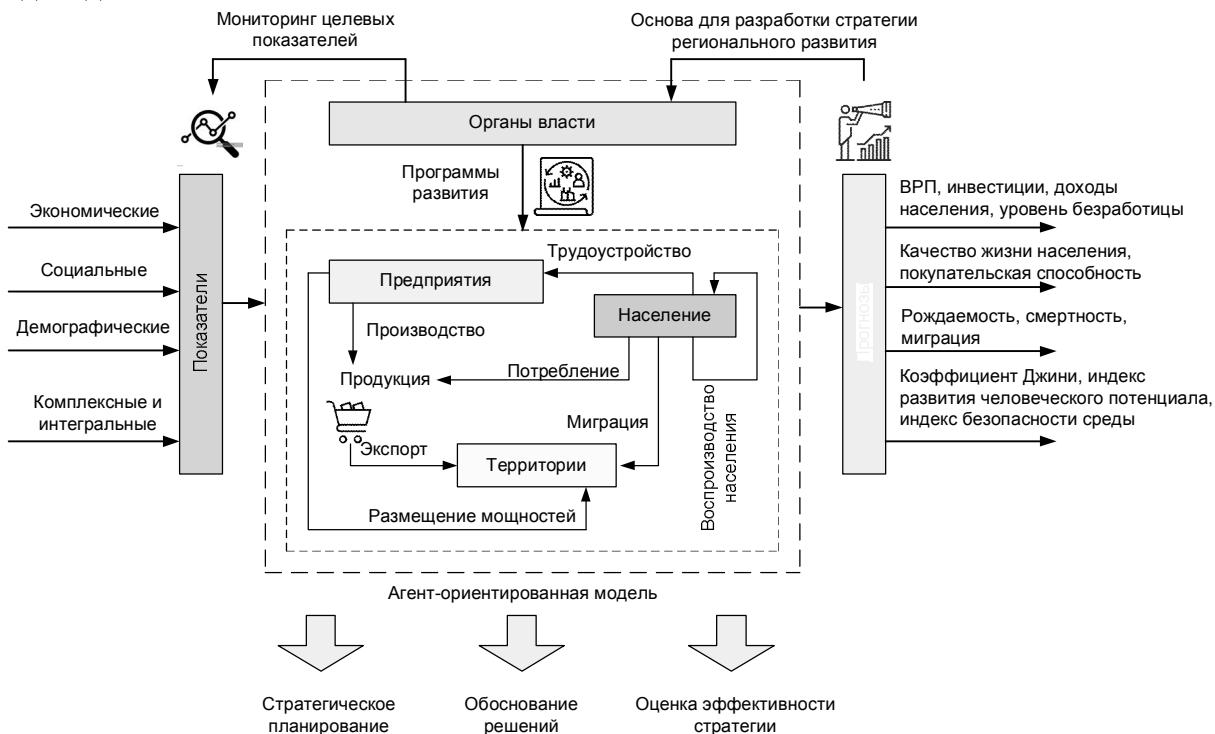


Рис. 2. Концепция АОМ стратегического управления развитием территорий

Многоагентная экономико-демографическая модель представлена агентами «Территории», «Предприятия», «Население», «Органы власти» (рис. 2). Поведение агентов «Органы власти» задается экзогенно, реализуется через принятые программы развития, направленные на экономический рост, развитие производства и социальной инфраструктуры региона, повышение качества жизни населения. «Территории» образуют среду для действий агентов нижнего уровня иерархии – «Жителей» и «Предприятий». Жители могут мигрировать между различными территориями в зависимости от удовлетворенности уровнем жизни, с целью поиска работы или получения образования. Предприятия, в свою очередь, могут размещать свои производственные мощности на территориях с наиболее выгодными условиями, льготным налогообложением и другими мерами поддержки бизнеса. Жители трудоустраиваются на предприятия, данный процесс подразумевает срабатывание переходов по смене состояния, поведение агента регламентируется наличием вакантных мест по интересующей специальности, его удовлетворенностью заработной платой и в целом качеством жизни в регионе. Агенты-жители действуют в рамках образовательной, трудовой, семейной и миграционной траектории. Воспроизводство населения в модели описывается алгоритмом поведения агента при принятии решения о создании семьи и рождении детей [10]. АОМ будет полезна для поддержки принятия решений

органами управления всех уровней, так как обеспечит анализ потенциальных эффектов, принимаемых ими экономических либо социальных мер. Прогноз, формируемый имитационной моделью, может служить основой для разработки стратегии регионального развития, определяя ключевые цели и приоритеты, целевые показатели и индикаторы, предлагаемые мероприятия и инструменты их достижения. Формируемые АОМ прогнозы должны обладать свойством вариативности, учитывать различные сценарии развития: базовый, базовый-позитивный и пессимистичный, которые основываются на различных предположениях о внешних условиях.

Стратегическое управление должно ориентироваться на долгосрочные прогнозы, которые позволяют принимать решения, обеспечивающие устойчивое развитие региона в перспективе 10–15 лет. Прогноз должен быть комплексным, то есть охватывать все взаимосвязанные аспекты развития, включая экономику, социальную сферу, демографию и экологию.

Заключение

АОМ представляет собой перспективный подход, позволяющий анализировать микроравневые взаимодействия и их макроуровневые последствия для социально-экономического и демографического развития территорий. Использование АОМ способствует преодолению ограничений традиционных методов планирования, которые зачастую не учитывают сложность взаимодействий между множеством акторов (домохозяйствами, предприятиями, государственными институтами) и неспособны адекватно прогнозировать нелинейные эффекты управленческих решений. Важным направлением применения АОМ является анализ влияния государственной политики на региональное развитие. Моделирование позволяет оценивать последствия различных управленческих решений до их практической реализации, что значительно снижает риски развития неблагоприятных ситуаций.

В рамках проведенного исследования предложено оценивать развитие региона, используя четыре группы показателей: экономические, социальные, демографические, а также комплексные и интегральные. Разработана концепция реализации многоагентной экономико-демографической модели в рамках задач стратегического управления развитием территорий. В модели представлены агенты «Население», «Предприятия», «Территории», «Органы власти».

Теоретическая значимость предложенной концепции основана на расширении имеющихся представлений о факторах социально-демографического развития разноуровневых территориальных систем, возможности оценки влияния наблюдаемых тенденций социальной динамики и демографического развития территорий на качество жизни населения, расширении инструментальной базы исследуемой проблематики за счет использования современных инструментов АОМ. В практическом аспекте разработанный на базе предложенной концепции модельный инструментарий может быть в дальнейшем использован при обосновании и корректировке мер социально-демографической политики в субъектах Российской Федерации, а также при разработке различных стратегических и программных документов, анализе последствий управляющих воздействий и решении научных и аналитических задач.

Литература

1. Анисимова В.Ю. К вопросу о значении социально-демографического развития региона // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11, № 1. С. 7–14. DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-1-7-14.
2. Ахрамочкин Д.А., Натробина О.В. Взаимосвязь демографических и социально-экономических процессов // Вестник науки. 2025. Т. 2, № 4(85). С. 602–614.
3. Давлетова З.А., Низамутдинов М.М. Агент-ориентированная модель для прогнозной оценки динамики миграционных потоков в муниципальных районах Республики Башкортостан в зависимости от изменения качества жизни населения // Искусственные общества. 2024. Т. 19, № 3. DOI: 10.18254/S207751800031742-5.

4. Зулькарнай И.У. Республике Башкортостан необходима новая стратегия экономического развития в свете энергетического перехода // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2021. № 6(162). С. 4–18. DOI: 10.34773/eu.2021.6.1.
5. Калачикова О.Н. Концепция агент-ориентированной модели «Цифровой демографический двойник Вологодской области» / О.Н. Калачикова, А.В. Короленко, Д.С. Дианов // Социальное пространство. 2024. Т. 10, № 1. DOI: 10.15838/sa.2024.1.41.1.
6. Концептуальная схема агент-ориентированной модели регионального здравоохранения / Л.Н. Нацун, Д.А. Алферьев, В.А. Ригин, Д.С. Дианов // Социальное пространство. 2024. Т. 10, № 4. DOI: 10.15838/sa.2024.4.44.1.
7. Макаров В.Л. Агент-ориентированная модель как инструмент регулирования экологии региона / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Е.Д. Сушко // Журнал Новой экономической ассоциации. 2020. № 1(45). С. 151–171. DOI: 10.31737/2221-2264-2020-45-1-6.
8. Методология агентного моделирования развития территориальных систем лесозаготовительного производства / К.А. Гулин, С.В. Дианов, Д.А. Алферьев, Д.С. Дианов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2024. Т. 17, № 6. С. 184–203. DOI: 10.15838/esc.2024.6.96.10.
9. Неклюдова Н.П. Концептуальные основы разработки модели управления демографическим развитием региона // AlterEconomics. 2025. Т. 22, № 2. С. 259–281. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2025.22-2.5.
10. Низамутдинов М.М. Агент-ориентированная модель прогнозирования численности населения по городам Республики Башкортостан / М.М. Низамутдинов, А.Ш. Гайсина, З.А. Давлетова // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2023. № 6(174). С. 161–167. DOI: 10.34773/EU.2023.6.30.
11. Низамутдинов М.М., Давлетова З.А. Агент-ориентированная модель прогнозирования влияния качества жизни населения на миграционное движение в разрезе федеральных округов РФ // Управленческие науки. 2024. Т. 14, № 4. С. 6–23. DOI: 10.26794/2304-022X-2024-14-4-6-23.
12. Низамутдинов М.М., Давлетова З.А. Концептуальная модель прогнозирования влияния качества жизни населения на миграционные и демографические процессы // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2024. № 1(175). С. 150–155. DOI: 10.34773/EU.2024.1.27.
13. Россошанская Е.А. Опыт разработки агент-ориентированной системы поддержки принятия решений в области стратегического управления социально-экономическим развитием территорий Дальнего Востока / Е.А. Россошанская, Т.А. Дорошенко, Н.А. Самсонова // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2023): сборник трудов одиннадцатой всеросс. научно-практич. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности, Казань, 18–20 октября 2023 г. Казань: Издательство АН РТ, 2023. С. 462–472.
14. Россошанская Е.А. Роль внешней среды в формировании индивидуальных жизненных траекторий агентов в искусственных обществах / Е.А. Россошанская, Т.А. Дорошенко, Н.А. Самсонова // Искусственные общества. 2024. Т. 19, № 5. DOI: 10.18254/S207751800032894-2.
15. Самарина А. С. Показатели социально-экономического развития региона // Экономика и социум. 2016. № 6-2(25). С. 572–576.
16. Цифровой двойник (искусственное общество) социально-экономической системы России – платформа для экспериментов в сфере управления демографическими процессами / В.Л. Макаров, Р.И. Нигматулин, Н.И. Ильин [и др.] // Экономические стратегии. 2022. Т. 24, № 2(182). С. 6–18. DOI: 10.33917/es-2.182.2022.6-19.
17. Шмидт А.Н. К вопросу о показателях социального развития регионов Российской Федерации / А.Н. Шмидт, А.Ю. Банников, Д.С. Соколов // Экономика и бизнес: теория и практика. 2016. № 1. С. 139–145.
18. Яппаров В.Р., Мурзина Э.Ф. Методология оценки уровня устойчивости социально-экономического развития региона // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2023. № 6(174). С. 57–64. DOI: 10.34773/EU.2023.6.10.