

**АБДРАХМАНОВА У. В., РУСАКОВ Д. И.  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ  
НА БАЗЕ АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА**

*УДК 004.942, ГРНТИ 28.29.15*

*Статья поступила в редакцию 06.04.2026*

Прогнозирование  
экономического развития на базе  
агент-ориентированного подхода

Forecasting economic development  
based on an agent-oriented approach

**У. В. Абдрахманова, Д. И. Русаков**

**U.V. Abdrakhmanova, D.I. Rusakov**

Уфимский университет  
науки и технологий, г. Уфа

Ufa University of Science and  
Technology, Ufa

*В статье рассматриваются возможности применения агент-ориентированного моделирования (АОМ) для прогнозирования экономического развития территорий и отраслей. Обосновывается, что традиционные макроэкономические модели недостаточно учитывают гетерогенность агентов и их адаптивное поведение. Приводится авторский подход к построению агент-ориентированной модели региональной экономики, включающая домохозяйства, предприятия и государство. Представлена таблица ключевых параметров агентов и рисунок структуры взаимодействий. Сделан вывод о высокой эффективности АОМ при сценарном анализе экономической политики.*

*The article discusses the possibilities of using agent-oriented modeling (AOM) to predict the economic development of territories and industries. It is justified that traditional macroeconomic models do not sufficiently take into account the heterogeneity of agents and their adaptive behavior. The author's approach to building an agent-oriented model of a regional economy, including households, enterprises and the state, is given. A table of key parameters of agents and a figure of the interaction structure are presented. It was concluded that AOM is highly effective in scenario analysis of economic policy.*

**Ключевые слова:** агент-ориентированное моделирование, прогнозирование экономического развития, региональная экономика, гетерогенные агенты, имитационное моделирование

**Keywords:** agent-oriented modeling, forecasting of economic development, regional economy, heterogeneous agents, simulation modeling

## Введение

Экономическое развитие регионов и стран характеризуется высокой степенью неопределенности, нелинейностью процессов и разнородностью участников. Традиционные макроэкономические модели, основанные на репрезентативном агенте и равновесных подходах, часто неспособны уловить эффекты, возникающие вследствие гетерогенности поведения домохозяйств, фирм и институтов. Как отмечают Д.А. Гайнанов с соавторами, инструментарий моделирования социально-демографического развития требует перехода от агрегированных показателей к учету индивидуальных траекторий агентов [1].

В этой связи агент-ориентированное моделирование (АОМ) становится востребованным инструментом для прогнозирования экономического развития. АОМ позволяет имитировать взаимодействие множества автономных агентов, каждый из которых действует на основе локальных правил, адаптируется к изменениям внешней среды и принимает решения в условиях ограниченной рациональности. Цель настоящей работы – обосновать применимость АОМ для прогнозирования экономической динамики и предложить концептуальную архитектуру соответствующей модели.

## Теоретические основы агент-ориентированного прогнозирования экономики

Агент-ориентированное моделирование зародилось в рамках вычислительной экономики и искусственных обществ. В отличие от эконометрических моделей, которые экстраполируют прошлые тенденции, АОМ позволяет исследовать «что, если» (what-if) сценарии: изменение налоговой политики, инвестиционных льгот, миграционных потоков и т.д. В работах М.М. Низамутдинова и З.А. Давлетовой показано, что агент-ориентированный подход успешно применяется для прогнозирования влияния качества жизни населения на миграционное движение, что напрямую связано с экономической активностью [6; 4].

Ключевыми преимуществами АОМ являются:

- учет гетерогенности агентов (возраст, доход, склонность к сбережению);
- моделирование адаптивного поведения (обучение, изменение стратегий);
- возможность появления эмерджентных макроэффектов из микрорешений;
- гибкость при сценарном анализе экономической политики.

Для прогнозирования экономического развития на базе АОМ необходимо выделить три основных класса агентов: домохозяйства (формируют спрос, предложение труда, сбережения), предприятия (производят продукцию, инвестируют, нанимают работников) и государство (устанавливает налоги, субсидии, регулирование). В Таблице 1 приведены базовые параметры, описывающие поведение каждого типа агентов.

Таблица 1. Характеристики агентов в модели прогнозирования экономического развития

Тип агента	Основные параметры	Принимаемые решения	Выходные переменные
Домохозяйство	Возраст, доход, профессия, норма сбережения, состав семьи	Уровень потребления, выбор места работы, миграционное решение	Спрос на товары, предложение труда, сбережения
Предприятие	Отрасль, численность работников, капитал, технология	Объем производства, инвестиции, заработная плата	ВВП, занятость, инвестиционная активность
Государство	Бюджетные доходы/расходы, ставки налогов, трансферты	Налоговая политика, инфраструктурные расходы, социальные выплаты	Бюджетный дефицит, общественные блага

При этом каждый агент действует в рамках определенных институциональных ограничений и обладает памятью о предыдущих периодах, что позволяет моделировать инерционность экономических процессов.

### Архитектура модели и взаимодействие агентов

В основу предлагаемой модели положен подход, описанный в работах М.М. Низамутдинова, В.В.Орешникова и З.А. Давлетовой [7], где интеллектуальная адаптивная имитационная модель используется для стратегического планирования территориального развития. Модель функционирует в дискретном времени (шаг – один месяц или квартал).

На каждом шаге агенты:

1. Получают информацию о состоянии внешней среды (цены, налоги, доступность рабочих мест).
2. Принимают решения на основе правил (например, правило потребления: «если доход вырос на  $X\%$ , то потребление увеличивается на  $Y\%$ »).
3. Взаимодействуют друг с другом через рынки (труда, товаров, капитала).
4. Обновляют свои внутренние состояния и накапливают статистику.

На Рисунке 1 представлена укрупненная схема взаимодействия агентов в модели.

Данная схема реализована с использованием подхода, изложенного в [9], где агент-ориентированное моделирование рассматривается как инструмент поддержки принятия решений в задачах стратегического управления региональным развитием.

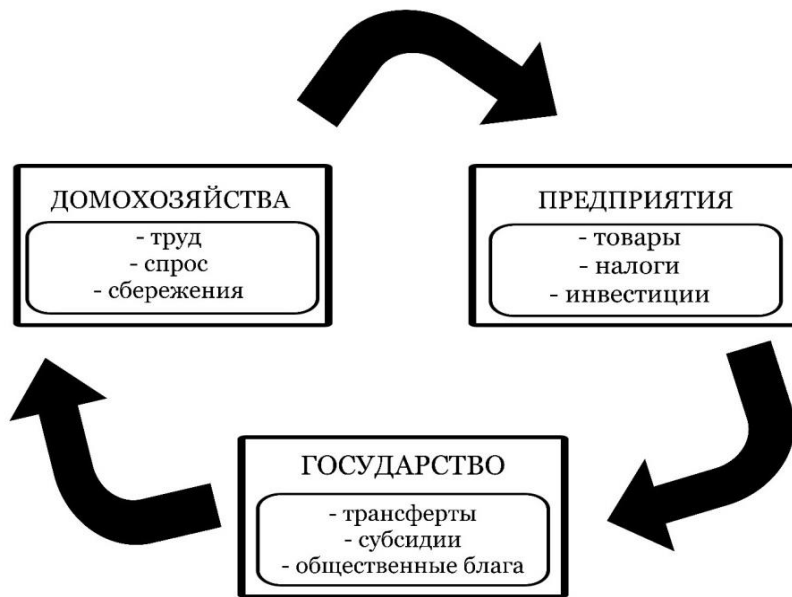


Рисунок 1. Схема взаимодействия агентов в модели

*Пояснение к Рисунку 1: Домохозяйства поставляют труд на рынок труда и получают заработную плату, часть которой тратят на товары предприятий, а часть сберегают. Предприятия производят продукцию, используя труд и капитал, выплачивают налоги государству. Государство собирает налоги и направляет средства на социальные трансферты домохозяйствам и субсидии предприятиям. Информация о ценах, налогах и ставках циркулирует между агентами через среду моделирования. Такая архитектура позволяет имитировать обратные связи, например, рост налогов снижает располагаемый доход домохозяйств, что уменьшает спрос и выпуск.*

### Сценарное прогнозирование и верификация

Для прогнозирования экономического развития модель прогоняется при различных внешних сценариях: базовом (инерционном), оптимистическом (рост инвестиций) и пессимистическом (снижение экспортных цен). Каждый сценарий просчитывается на 10-15 лет вперед. Результаты усредняются по множеству прогонов (метод Монте-Карло) для учета стохастичности поведения агентов.

Верификация модели осуществляется путем сравнения модельных траекторий за ретроспективный период с фактическими данными. Агент-ориентированная модель прогнозирования численности населения (которая является важнейшим драйвером экономики) демонстрирует высокую точность на данных Республики Башкортостан [3]. Аналогичный подход применим и к валовому региональному продукту, занятости и инвестициям.

Важно подчеркнуть, что АОМ не заменяет, а дополняет традиционные методы прогнозирования. На этапе калибровки используются эконометрические оценки, а сама модель служит вычислительной лабораторией для проверки гипотез. Так, в работе Низамутдинова М.М., Осиповой И.В., Давлетовой З.А. [8] нейро-нечеткие алгоритмы применены в системе регионального стратегического планирования, что повышает адаптивность моделей.

## Заключение

Применение агент-ориентированного подхода к прогнозированию экономического развития открывает новые возможности для лиц, принимающих решения. В отличие от равновесных моделей, АОМ позволяет:

- учесть неоднородность экономических агентов;
- моделировать адаптацию и обучение;
- получать распределения показателей, а не только средние значения;
- анализировать критические пороги и нелинейные эффекты.

Разработанная концептуальная модель, включающая три типа агентов (домохозяйства, предприятия, государство) и их взаимодействие через рынки, может служить основой для создания программного прототипа. Дальнейшие исследования должны быть направлены на калибровку модели на реальных данных российских регионов, что позволит повысить точность прогнозов и обоснованность управленческих решений. Внедрение АОМ в практику стратегического планирования территорий становится необходимым условием цифровой трансформации государственного управления [5].

## Список использованных источников и литературы

1. Гайнанов Д.А., Атаева А.Г., Мигранова Л.И. и др. Инструментарий моделирования социально-демографического развития экономики регионов. – Уфа: УФИЦ РАН, 2023. – 174 с. DOI: 10.31040/978-5-6049257-8-2
2. 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. – Вып. 3. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800031742-5-1/> DOI: 10.18254/S207751800031742-5
3. Низамутдинов М.М., Гайсина А.Ш., Давлетова З.А. Агент-ориентированная модель прогнозирования численности населения по городам Республики Башкортостан // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2023. – № 6. – С. 161–167. DOI: 10.34773/EU.2023.6.30
4. 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. – С. 150–155. DOI: 10.34773/EU.2024.1.27
5. Низамутдинов М.М., Давлетова З.А. Агент-ориентированное моделирование как инструмент поддержки принятия решений в задачах стратегического управления региональным развитием // Инновационные технологии управления социально-экономическим развитием регионов России: Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Ч. I. – Уфа: ИСЭИ УФИЦ РАН, 2025. – С. 193–199.
6. Низамутдинов М.М., Давлетова З.А. Агент-ориентированная модель прогнозирования влияния качества жизни населения на миграционное движение в разрезе федеральных округов РФ // Управленческие науки =

ManagementSciences. – 2024. – Т. 14. – № 4. – С. 6–23. DOI: 10.26794/2304-022X-2024-14-4-6-23

7. Низамутдинов М.М., Орешников В.В., Давлетова З.А. Разработка и апробация инструментария стратегического планирования территориального развития на основе интеллектуальной адаптивной имитационной модели // Бизнес-информатика. – 2024. – Т. 18. – № 4. – С. 25–45. DOI: 10.17323/2587-814X.2024.4.25.45

8. Низамутдинов М.М., Осипова И.В., Давлетова З.А. Применение нейронечетких алгоритмов в системе регионального стратегического и бюджетного планирования // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2024. – № 4. – С. 174–186. DOI: 10.31040/2222-8349-2024-0-4-174-186

9. Низамутдинов М. М., Давлетова З.А. Агент-ориентированное моделирование в стратегическом управлении развитием территорий // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2025. – № 6(186). – С. 31-38. – DOI 10.34773/EU.2025.6.5. – EDN SWFBUP.

### List of references

1. Gainanov, D.A., Ataeva, A.G., Migranova, L.I., et al. *Tools for Modeling the Socio-Demographic Development of Regional Economies*. – Ufa: UFRC RAS, 2023. – 174 p. DOI: 10.31040/978-5-6049257-8-2

2. Davletova, Z.A., Nizamutdinov, M.M. An Agent-Based Model for Predictive Assessment of Migration Flow Dynamics in Municipal Districts of the Republic of Bashkortostan Depending on Changes in the Population's Quality of Life // *Artificial Societies*. – 2024. – Vol. 19. – Iss. 3. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800031742-5-1/> DOI: 10.18254/S207751800031742-5

3. Nizamutdinov, M.M., Gaisina, A.Sh., Davletova, Z.A. An Agent-Based Model for Forecasting Population Size in Cities of the Republic of Bashkortostan // *Economics and Management: Scientific and Practical Journal*. – 2023. – No. 6. – P. 161–167. DOI: 10.34773/EU.2023.6.30

4. Nizamutdinov, M.M., Davletova, Z.A. A Conceptual Model for Forecasting the Impact of Population Quality of Life on Migration and Demographic Processes // *Economics and Management: Scientific and Practical Journal*. – 2024. – No. 1. – P. 150–155. DOI: 10.34773/EU.2024.1.27

5. Nizamutdinov, M.M., Davletova, Z.A. Agent-Based Modeling as a Decision Support Tool in Strategic Management of Regional Development // *Innovative Technologies for Managing the Socio-Economic Development of Russian Regions: Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference*. Part I. – Ufa: ISEI UFRC RAS, 2025. – P. 193–199.

6. Nizamutdinov, M.M., Davletova, Z.A. An Agent-Based Model for Forecasting the Impact of Population Quality of Life on Migration Movement in the Context of Federal Districts of the Russian Federation // *Management Sciences*. – 2024. – Vol. 14. – No. 4. – P. 6–23. DOI: 10.26794/2304-022X-2024-14-4-6-23

7. Nizamutdinov, M.M., Oreshnikov, V.V., Davletova, Z.A. Development and Testing of Strategic Planning Tools for Territorial Development Based on an

Intelligent Adaptive Simulation Model // *Business Informatics*. – 2024. – Vol. 18. – No. 4. – P. 25–45. DOI: 10.17323/2587-814X.2024.4.25.45

8. Nizamutdinov, M.M., Osipova, I.V., Davletova, Z.A. Application of Neuro-Fuzzy Algorithms in the System of Regional Strategic and Budgetary Planning // *Proceedings of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. – 2024. – No. 4. – P. 174–186. DOI: 10.31040/2222-8349-2024-0-4-174-186

9. Nizamutdinov, M.M., Davletova, Z.A. Agent-Based Modeling in Strategic Management of Territorial Development // *Economics and Management: Scientific and Practical Journal*. – 2025. – No. 6(186). – P. 31-38. DOI: 10.34773/EU.2025.6.5. EDN: SWFBUP.