

УДК 336.7

**АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ШОКОВ НА РЫНКЕ ТРУДА**

Симонян А.А., аспирант

Государственный академический университет
гуманитарных наук, Москва

Введение. Направлением секции этой статьи выбрана тематика цифровой трансформации в науке, образовании и производстве. Следует отметить, что одним из главных направлений цифровой трансформации в 2026 году является внедрение ИИ, широкое использование генеративного ИИ, а также агентов на его основе. Важным и весьма драматическим вопросом является то, какое влияние окажет эта цифровая трансформация на рынок труда в ближайшем будущем. Существуют многочисленные сценарии быстрого и глубокого кризиса в результате внедрения ИИ [1], другие прогнозы утверждают, что влияние будет незначительным и растянутым во времени [2]. Актуальность этой темы достаточно высока.

ИИ показывает впечатляющие темпы развития, демонстрируя возможности ускорения и упрощения в таких областях как офисная работа, маркетинг, программирование, анализ данных, медицина, юриспруденция, образование и других. Приведем только один конкретный пример: услуги профессионального коммерческого перевода. В этой сфере стандартом является использование CAT инструментов для ускорения и организации работы. Одним из таких инструментов является система Trados. Ее расширенная версия Trados Copilot предоставляет возможности использования продвинутых вариантов ИИ для подготовки качественного чернового перевода и другие возможности. Эффективность переводчиков при этом может увеличиться в 2-10 раз. Как это повлияет на занятость на рынке переводческих услуг? Аналогичные вопросы могут быть заданы и для других аналогичных технологических шоков в других отраслях в результате внедрения ИИ.

Целью этой работы является описательная постановка задачи АВМ моделирования технологических шоков цифровой трансформации, краткий обзор литературы и предоставление первых результатов моделирования. Завершают статью выводы, намечающие некоторые направления дальнейших исследований.

Агент-ориентированное моделирование (АВМ, АОМ) представляет собой мощный вычислительный подход для анализа сложных социально-экономических систем, таких как рынок труда. В отличие от традиционных равновесных моделей (например, DSGE), АВМ позволяет моделировать гетерогенных агентов (работников, фирм, правительств), их локальные взаимодействия, адаптивное поведение и эмерджентные макроэффекты. В контексте цифровой трансформации в результате внедрения ИИ АВМ особенно

ценно для изучения технологических шоков, перераспределения навыков, структурной безработицы и долгосрочных последствий для занятости.

АВМ имеет более чем 60-летнюю историю успешного применения в экономике и социальных науках [3]. Несмотря на то, что одна из его основополагающих работ [6], заложившая принципы вычислительной экономики, остается актуальной и сегодня, интерес к АВМ в экономическом мейнстриме после всплеска популярности в начале 2000-х годов пошел на спад [3, 4, 5]. Главной причиной стало преобладание качественных, а не количественных моделей. Однако в последнее время, с развитием методов работы с данными, создаются предпосылки для возрождения этого подхода на новой основе для построения количественных АВМ на основе данных [4, 5].

В работе [7] описывается модель в которой агенты-фирмы производят продукцию с использованием человеческого и роботизированного труда. Задачи классифицируются по автоматизируемости, добавленной стоимости и категории. Фирмы выбирают тип инновации (продуктовые или процессные) на основе удельной стоимости продукции. Автоматизация моделируется как замена человеческого труда роботами. Симуляция демонстрирует, что автоматизация (включая использование ИИ) приводит к падению заработной платы и росту разрыва между производительностью и зарплатами. Однако подчеркивается, что автоматизация (цифровая трансформация) не обязательно приводит к тотальной безработице, но требует баланса инноваций. Ограничением тут является отсутствие динамического роста ИИ (что однако наблюдается на практике).

В работе [8] автоматизация вызывает временные спады занятости, но адаптация работников (переобучение, смена задач) смягчает долгосрочные эффекты. Модель показывает гетерогенность воздействия по уровням квалификации. В работе подчеркивается важность эволюционного поведения агентов в условиях ИИ-автоматизации.

В целом можно заметить, что работы сделанные в последние 1-2 года представляют наибольший интерес, поскольку только в этот период специфика развития ИИ проявилась более определенно. Следующие две работы были опубликованы в 2026 году.

В работе [9] описана крупномасштабная АВМ с 151 млн. агентов-работников по 923 профессиям с более 32000 навыков. Использовался фреймворк AgentTorch. ИИ интегрирован через каталог более 13000 инструментов (копилоты, автоматизация). Задан центральный индикатор Iceberg Index: процент стоимости заработной платы навыков, которые ИИ может технически выполнять в каждой профессии. Модель позволяет тестировать сценарии политики переобучения.

Следует отметить что полезным элементом крупномасштабных АВМ должно быть обоснование масштаба, т.е. зависимость результатов моделирования от размеров модели (числа агентов и других параметров). Сам по себе размер модели точно соответствующий реальным размерам рынков не дает релевантного анализа эмерджентности и тенденций.

В работе [10] в АВМ интегрирована LLM для обработки резюме, вакансий, обновления убеждений, переговоров. Это уже ближе к современным GABM,

которые пытаются непосредственно интегрировать возможности генеративного ИИ в АВМ моделирование. В этой модели фирмы-агенты (оптимизирующие найм и зарплаты) и соискатели (поиск работы, переговоры) функционируют при ограниченной рациональности и асимметрии информации. Технологические шоки цифровой трансформации моделируются как снижение спроса на сектора соискателей низкой квалификации. Результаты модели заключаются в следующем. Субсидия на найм 10% снижает безработицу до 4.5%. Повышение налогов повышает безработицу до 8%. Шоки цифровой трансформации для труда низкой квалификации повышают безработицу до 9%. Вывод: целевые политики смягчают индуцированные ИИ шоки цифровой трансформации.

Сравнительный анализ представленных работ позволяет сделать следующие выводы:

1. Размер АВМ эволюционирует от моделей небольших размеров [7] до крупномасштабных моделей [9,10] GABM типа.

2. Влияние ИИ подтверждается как краткосрочно негативное, но есть потенциал смягчения через переобучение, субсидии, регуляцию и адаптацию агентов.

3. Сильными сторонами АВМ является сценарное тестирование. Слабыми сторонами является необходимость предположений о характеристиках агентов и трудность использования подхода, основанного на данных.

Еще одной трудностью АВМ являются высокие вычислительные затраты для крупномасштабных моделей. При этом, как указывалось, эти затраты можно снизить через изучение чувствительности результатов к размерам моделей. Целью АВМ является моделирование эмерджентного сложного поведения в результате взаимодействия простых агентов. Возникновение эмерджентности может быть связано с критическим размером модели.

Материалы и методы. Для построения модели использовалась оригинальная разработка на основе фреймворка Mesa (Python).

Результаты. На рис. 1 представлены некоторые результаты модели АВМ, построенной на основе [6].



Рис. 1. Индекс Джини для оставшихся агентов.

Обсуждение. Первые результаты моделирования показывают смену нескольких режимов, в зависимости от начальных условий, до перехода в устойчивое состояние.

Выводы. АВМ-моделирование рынка труда в контексте ИИ демонстрирует высокий потенциал для понимания сложных переходных процессов цифровой трансформации. Исследования 2017–2026 годов дают некоторые подтверждения того, что ИИ не ведет к неизбежной массовой безработице, но требует активного управления через образование, политику и инновации. Дальнейшее развитие АВМ с использованием современных вычислительных и ИИ-технологий (в том числе генеративных АВМ или GABM) позволит более точно прогнозировать и смягчать риски, способствуя устойчивому развитию рынка труда. Для создания АВМ моделей, основанных на данных, потребуются значительные усилия для получения этих данных. Учет прогнозных темпов развития ИИ может существенно повлиять на результаты моделирования.

Список литературы:

1. The 2028 Global Intelligence crisis // Citrini Research.
URL: <https://www.citriniresearch.com/p/2028gic> (дата обращения: 01.04.2026).
2. Acemoglu D. The simple macroeconomics of AI // *Economic Policy*. – 2025. – Т. 40. – №. 121. – С. 13-58.
3. Axtell R. L., Farmer J. D. Agent-Based Modeling in Economics and Finance: Past, Present, and Future // *Journal of Economic Literature*. – 2025.
4. Farmer J. D. *Making Sense of Chaos: A Better Economics for a Better World*. New Haven: Yale University Press, 2024. 464 p.
5. Farmer J. D. Quantitative agent-based models: a promising alternative for macroeconomics // *Oxford Review of Economic Policy*. – 2025. – Vol. 41.
6. Axtell R. L., Epstein J. M. *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up* / R. L. Axtell, J. M. Epstein. – Washington: Brookings Institution Press; Cambridge: MIT Press, 1996. – 208 p. – ISBN 0-262-05053-6.
7. da Rocha Neves F. J. *Innovation and employment: an agent-based approach for studying the effects of technological change on the labor market*. – 2017.
8. Upreti A., Sridhar V. The dynamics of task automation and worker adjustment in labor markets: An agent-based approach // *Advances in Complex Systems*. – 2022. – Т. 25. – №. 01. – С. 2250005.
9. Chopra A. et al. The Iceberg Index: Measuring Workforce Exposure Across the AI Economy // *arXiv e-prints*. – 2025. – С. arXiv: 2510.25137.
10. Li K. *Labor Market Dynamics and Unemployment Formation: An LLM-based Cognitive Agent Approach with Deep Reinforcement Learning*. – 2026.