(cc) BY

Назаров Александр Алексеевич
старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет им. И.Н. Ульянова»
г. Чебоксары, Чувашская Республика

ОБЗОР АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация*: в научной обзорной статье приводится анализ агент-ориентированного подхода в моделировании сложных социально-экономических систем на примере исследований и разработок отечественных и зарубежных ученых. Отмечены основные особенности в подходе к построению агент-ориентированных моделей и практика их реализации и внедрения.*

Ключевые слова*: социально-экономическая система, агент-ориентированный подход, агент-ориентированное моделирование, АОМ воспроизводства научного потенциала России, АОМ демографии России, АОМ миграционных потоков стран ЕС, модель EURACE, модель FuturICT.*

Исследование выполнено в рамках стипендии Президента РФ для молодых ученых и аспирантов СП-1817.2021.5.

Научно обоснованное планирование для социально-экономических систем на любом уровне рассмотрения экономических отношений всегда базируется на прогнозировании. Хорошим инструментом в прогнозировании основных социально-экономических показателей развития макроэкономических систем является моделирование, в частности, такой подход, как агент-ориентированное моделирование (АОМ) [9]. АОМ (agent-oriented model) – основная идея этого подхода, возникшая в результате эволюции методологии моделирования: переход от мономоделей (одна модель – один алгоритм) к мультимоделям (одна модель – множество независимых алгоритмов), заключается в построении вычислительной модели на основе задания определенных свойств отдельным агентам (с возможностью изменения этих свойств в процессе работы модели при включении

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

функции обучения агентов) и оценки их взаимодействия, благодаря симуляции на высокопроизводительных вычислительных системах, чтобы понять поведение системы и оценить результаты управленческих воздействий. В работах [2; 4; 5; 7; 8] достаточно хорошо проанализирована теория и практика масштабного и эффективного внедрения агент-ориентированного подхода для получения новых знаний об обществе, а также приведены основные преимущества агент-ориентированного подхода относительно CGE- и DSGE-подходов. В них отмечается, что АОМ отличаются потенциально большей реалистичностью (так как за счёт детализации рассматриваемой системы до уровня отдельных индивидуумов можно учесть их специфические особенности, включая пространственное распределение), в АОМ осуществляется отказ от равновесного подхода к моделированию, который является сильным допущением, а также от формализации рассматриваемых субъектов с использованием максимизирующих полезность (прибыль) функций в пользу имитации поведения агентов микроуровня на основе диаграмм состояний и вероятностных переходов между ними, агентные модели позволяют выявлять точки бифуркации в поведении моделируемых систем, которые очень сложно предсказать с использованием двух других сравниваемых инструментов. Агент-ориентированный подход даёт возможность строить модели без понимания причинно-следственных связей на глобальном уровне формализуемой системы. Отмечается, что достаточно малое распространение агент-ориентированного подхода для моделирования социально-экономических систем в ситуационных центрах, функционирующих как в правительственных органах, так и в крупных корпорациях связано со сложностью их построения (трудоёмкость обработки статистической информации и калибровки, техническая реализация моделей этого класса).

Заметными представителями этого направления в экономико-математическом моделировании общества можно назвать следующие модели:

– Комплекс моделей социально-экономической системы Евразийского континента, разработанных в ЦЭМИ РАН [1; 3; 6]. Среди них можно выделить АОМ воспроизводства научного потенциала России. Данная модель была разработана

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

в 2009 году и строилась на базе геоинформационной системы. С помощью модели возможно рассчитать последствия от следующих управляющих воздействиях: увеличение заработной платы (всем типам работников); организация инновационных центров; дополнительные инвестиций в науку. Также особо нужно отметить агент-ориентированную демографическую модель России – это демографическая модель России с учетом ее административного деления, в которой на основе моделирования поведения отдельных членов искусственного общества имитируются процессы смертности, рождаемости и миграции. Основная задача модели – рассчитать оптимальное распределение агентов по процессорам кластера. А также укрупненная агент-ориентированная имитационная модель миграционных потоков стран ЕС. В модели принятие индивидуальных решений со стороны агентов-мигрантов основывается на комплексной оценке социально-экономической, географической и прочей дифференциации соответствующих стран. Отличительной особенностью модели является дифференциация миграционных потоков по категориям мигрантов с выделением различных влияющих факторов, отражающих индивидуальные предпочтения агентов-мигрантов по отношению к агентам-странам (членам ЕС). Выделяются множественные управляющие параметры, влияющие на распределение миграционных потоков между странами ЕС, в частности миграционные квоты, пособия по безработице, минимальная заработная плата и другие показатели.

– EURACE (Europe ACE – Agent-based Computational Economics) – самый известный проект по разработке крупномасштабной агент-ориентированной макроэкономической модели европейской экономики, активно развиваемый на базе крупнейших научно-исследовательских центров Европы. Базовая модель EURACE включала домохозяйства, выступающие в качестве наемных работников, потребителей и финансовых инвесторов; фирмы, производящие однородные потребительские товары; производителей основных средств; коммерческие банки и двух представителей государственных органов, а именно правительство и центральный банк, отвечающие за налогово-бюджетную и денежно-кредитную политику, соответственно. С методологической точки зрения отличительной

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

чертой моделирования EURACE является определение любого агента с помощью системы двойной записи, которая включает подробную информацию обо всех активах и обязательствах [11]. Динамическое изменение переменных баланса зависит от плана агентов и от результата взаимодействия агентов в различных рыночных условиях. Этот подход позволяет проверять согласованность на любом временном промежутке между запасами и потоками в модели, как на уровне отдельного агента, так и на уровне совокупности агентов.

– FuturICT [10] – междисциплинарный проект по моделированию технологической, социальной и экономической систем мира с использованием самых передовых информационных технологий, в том числе агент-ориентированного подхода.

Список литературы

1. Бахтизин А.Р. Демографическая агент-ориентированная модель России и оценка ее применимости для решения практических управленческих задач / А.Р. Бахтизин, В.Л. Макаров, А.А. Максаков [и др.] // Искусственные общества. – 2021. – Т. 16. – Вып. 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://art-soc.jes.su/s207751800015357–1-1/ (дата обращения: 12.08.2021).

2. Макаров В.Л. Разработка агент-ориентированной демографической модели России и ее суперкомпьютерная реализация / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Е.Д. Сушко [и др.] // Вычислительные методы и программирование. – 2018. – Т. 19, №4. – С. 368–378.

3. Макаров В.Л. Укрупненная агентно-ориентированная имитационная модель миграционных потоков стран Европейского союза / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Г.Л. Бекларян [и др.] // Экономика и математические методы. – 2019. – Т. 55, №1. – С. 3–15.

4. Макаров В.Л. Моделирование эпидемии COVID-19 – преимущества агент-ориентированного подхода / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Е.Д. Сушко [и др.] // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2020. – Т. 13, №4. – С. 58–73.

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

5. Макаров В.Л. Агент-ориентированные модели: мировой опыт и технические возможности реализации на суперкомпьютерах / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Е.Д. Сушко [и др.] // Вестник Российской академии наук. – 2016. – Т. 86, №3. – С. 252–262.

6. Макаров В.Л. Агент-ориентированная суперкомпьютерная демографическая модель России: анализ апробации / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Е.Д. Сушко [и др.] // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2019. – Т. 12, №6. – С. 74–90.

7. Макаров В.Л. Мировые торговые войны: сценарный расчет последствий / В.Л. Макаров, Ц. Ву, З. Ву [и др.] // Вестник Российской академии наук. – 2020. – Т. 90, №2. – С. 169–179.

8. Макаров В.Л. Современные инструменты оценки последствий мировых торговых войн / В.Л. Макаров, Ц. Ву, З. Ву [и др.] // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89, №7. – С. 745–754.

9. Назаров А.А. Интегральная оценка уровня экономической безопасности при помощи агент-ориентированной модели региона / А.А. Назаров // Общество: политика, экономика, право. – 2017. – №12. – С. 101–104.

10. Futurict 2.0. International Monetary Fund [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://futurict2.eu/ (дата обращения: октябрь 2021 г.).

11. Silvano Cincotti, Marco Raberto, and Andrea Teglio. (2010). Credit Money and Macroeconomic Instability in the Agent-based Model and Simulator Eurace. Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal, 4 (2010–26): 1–32.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)