

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 303.09
ББК 60.5

© Чекмарева Е.А.

НОВОЕ В МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЦИАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА, ИЛИ ЧТО ТАКОЕ АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ?¹



ЧЕКМАРЕВА ЕЛЕНА АНДРЕЕВНА

Институт социально-экономического развития территорий Российской академии наук
Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а
E-mail: miteneva@inbox.ru

В статье ставится проблема развития методологии исследования социального пространства как абстрактного многомерного пространства социальных позиций. Автором выдвигается тезис о перспективности использования агент-ориентированного моделирования в исследовании социального пространства. Кратко излагаются теоретико-методологические основы агент-ориентированного моделирования, в частности описываются его сущность, специфика и преимущества, дается понятие агент-ориентированной модели. Рассматриваются определения данного термина, встречающиеся в работах ведущих российских специалистов: В.Л. Макарова, А.Р. Бахтизина, Е.Д. Сушко и др. Раскрывается значение понятия «агент» – центральной и важнейшей категории агент-ориентированного моделирования. Акцентируется внимание на его близости к понятию социального агента, используемому в социологии пространства. Излагаются основные свойства и атрибуты агентов в агент-ориентированном моделировании. Описываются этапы моделирования, а также требования к знаниям, умениям и квалификации субъекта моделирования – разработчика агент-ориентированных моделей. Дается краткий обзор российского опыта агент-ориентированного моделирования социально-экономических процессов, представленного такими моделями, как демографическая модель условного региона, мультиагентная модель России, агент-ориентированная региональная модель «Губернатор», комплексная агент-ориентированная модель социально-экономического развития мегаполисов (САВМУД), агент-ориентированная межрегиональная межотраслевая модель «затраты-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-36-60011 мол_а_дк.

выпуск», мультиагентная модель развития территориальной системы и др. Проводится сравнительный анализ разработанного к настоящему времени программного обеспечения для реализации агент-ориентированных моделей. Отдельное внимание уделяется российской системе имитационного моделирования AnyLogic как одному из лучших программных решений, позволяющему строить агент-ориентированные модели, не имея большого опыта в программировании. Подчеркивается важность обеспечения взаимосвязи физического и социального пространств и возможность этого за счет поддержки ГИС-технологий некоторыми системами имитационного моделирования. В завершение статьи обобщаются основные возможности, которые дает применение агент-ориентированного моделирования в исследовании социального пространства: во-первых, создание агентов, наиболее приближенных к реальным социальным агентам; во-вторых, учет двусторонней связи агентов с пространством за счет реализации взаимодействий двух типов: «агент-агент» и «агент-среда»; в-третьих, предоставление реальных инструментов для моделирования физического и социального пространства в их единстве и взаимосвязи.

Социальное пространство, агент, агент-ориентированный подход.

Специфика социального пространства, как объекта исследования, такова, что возможности его изучения путем проведения реальных экспериментов принципиально ограничены. Следует понимать, что социальное пространство – прежде всего абстракция и своеобразная метафора. На этом акцентируют внимание как зарубежные, так и отечественные социологи. Например, П. Бурдьё определяет социальное пространство как «абстрактное пространство, конституированное ансамблем подпространств или полей (экономическое поле, интеллектуальное поле и др.), которые обязаны своей структурой неравному распределению отдельных видов капитала, и может восприниматься в форме структуры распределения различных видов капитала, функционирующей одновременно как инструменты и цели борьбы в различных полях» [4, с. 40]. В исследованиях А.Ф. Филиппова подробно рассматривается проблема метафоричности социального пространства, трактуемого ученым как «порядок социальных позиций» [14, с. 167-194].

Наряду с абстрактностью социального пространства значительно усложняет работу исследователя большой объем индивидуальных данных, задающих положение агента. Так, по словам Питирима Сорокина, «чтобы

определить социальное положение человека, необходимо знать его семейное положение, гражданство, национальность, отношение к религии, профессию, принадлежность к политическим партиям, экономический статус, его происхождение и т. д.» [10, с. 299]. То есть социальное пространство – многомерное пространство, «точки» в котором – это люди (агенты), а «координаты» – их социально-демографические характеристики. При этом важно учитывать, что социальное пространство не только формируется в результате индивидуального поведения множества социальных агентов, но и формирует это поведение.

К счастью, развитие науки и техники не стоит на месте, появляются новые междисциплинарные методы научного познания, способные послужить на пользу исследователям из разных областей знания. Один из таких методов – агент-ориентированное моделирование, возникновение которого, по мнению специалистов ЦЭМИ РАН, можно рассматривать как результат длительной эволюции методологии моделирования: перехода от мономоделей (одна модель – один алгоритм) к мультимоделям (одна модель – множество независимых алгоритмов) [8, с. 21].

В данной статье мы ставили своей целью раскрыть сущность агент-ориентирован-

ного моделирования как нового и перспективного метода исследования, показать его специфику и возможности, дать краткий обзор российского опыта агент-ориентированного моделирования социально-экономических процессов, а также сравнительный анализ разработанного к настоящему времени программного обеспечения.

Информационную базу исследования составили отечественные и зарубежные публикации по агент-ориентированному моделированию, в частности статьи и монографии ученых ЦЭМИ РАН, активно развивающих данное направление в России, а также статьи всемирно известного международного журнала «Journal of Artificial Societies and Social Simulation» и другие зарубежные издания, доступные в сети Интернет.

Понятие и специфика агент-ориентированного моделирования

Агент-ориентированные модели (АОМ) – специальный класс моделей, основанных на индивидуальном поведении агентов и создаваемых для компьютерных симуляций. Это определение можно встретить в ранних работах А.Р. Бахтизина [1, с. 24], М.Р. Фаттахова [13, с. 13] и других авторов.

В более поздних работах В.Л. Макаров и А.Р. Бахтизин определяют агент-ориентированную модель перечислением свойств: автономия, неоднородность, ограниченная интеллектуальность агентов, расположение в пространстве. При этом главным отличием АОМ от других классов моделей авторы называют «наличие в них большого числа взаимодействующих друг с другом агентов» [5, с. 11].

Е. Д. Сушко дает следующее определение АОМ: «Агент-ориентированная (мультиагентная) модель представляет собой искусственное общество, состоящее из взаимодействующих между собой самостоятельных агентов, каждый из которых обладает заданным набором личностных характери-

стик («ресурсов»), целевой функцией («интересами») и подчиняется правилам поведения, предопределяющим его реакцию в различных ситуациях, затрагивающих сферу его интересов» [12, с. 5].

По словам Н. Гилберта, формально агент-ориентированное моделирование – это *вычислительный* метод, позволяющий исследователю создавать и анализировать *модели*, состоящие из *агентов*, которые взаимодействуют в *среде*, а также *экспериментировать* с построенными моделями [17, с. 2]. Выделенные курсивом слова исследователь считает ключевыми в своем определении.

Центральное и важнейшее понятие в агент-ориентированном моделировании – термин «агент». Как отмечает М. Р. Фаттахов, не существует точного определения данного термина в АОМ, это понятие является предметом широких дискуссий. Исследователь дает следующее определение: «Агент – интеллектуальная автономная компьютерная сущность, находящаяся в окружающей ее среде и взаимодействующая с другими подобными сущностями для достижения целей своего существования» [13, с. 14].

В.Д. Боев придерживается позиции, согласно которой под агентом понимается активный объект, обладающий поведением и имеющий возможность взаимодействия с другими агентами и со средой [2, с. 100].

Как можно видеть, основной акцент при определении понятия «агент» авторы делают на его способности к индивидуальному поведению и взаимодействию с другими агентами и средой. Так, профессор Гилберт главной особенностью агент-ориентированных моделей называет именно то, что агенты могут взаимодействовать, могут передавать информационные сообщения друг другу и действовать на основании того, что они узнали из этих сообщений. При этом ученый обращает внимание, что сообщения могут представлять прямой «диалог» между агентами или косвенные средства получения информации, такие как наблюдение за дру-

гим агентом или влияние действий другого агента. Возможность моделирования таких взаимодействий от-агента-к-агенту является основным отличием агент-ориентированного моделирования от других видов вычислительных моделей [17, с. 6].

Рассматривая термин «агент», В.Л. Макаров подчеркивает, что каждый из агентов в АОМ обладает не только заданным набором характеристик («ресурсов»), но и целевой функцией («интересами»), на основе чего имитируется его реакция на изменения внешней среды, затрагивающие сферу его интересов («поведение») [8, с. 21].

Важно акцентировать, что понятие агента в агент-ориентированном моделировании очень близко к понятию агента в социологии пространства. В частности, у П. Бурдьё «агент» наделяется в первую очередь такими качествами, как «активность и способность действовать, быть носителем практик определенного сорта и осуществлять стратегии, направленные на сохранение или изменение своей позиции в социальном пространстве» [4, с. 15-16].

Как отмечает А.Р. Бахтизин, «конечная цель процесса по созданию АОМ – отследить влияние флуктуаций агентов, действующих на микроуровне, на показатели макроуровня» [1, с. 24].

В качестве основных свойств и атрибутов агентов в АОМ называют: «автономность, интеллектуальность, репрезентативность, расположенность во времени и пространстве, наличие жизненного цикла, самостоятельность от разработчика модели или внешнего оператора, взаимодействие, целеустремленность, восприятие мира, способность обучаться и адаптироваться, наличие у агента ресурса» [13, с. 14].

В целом для агент-ориентированного моделирования характерны общие этапы имитационного моделирования: анализ системы; формулировка цели моделирования системы; разработка концептуальной структуры модели; реализация модели в среде мо-

делирования; реализация анимационного представления модели; проверка корректности реализации модели; калибровка модели; планирование и проведение компьютерного эксперимента [2, с. 104-105]. Однако агент-ориентированное моделирование имеет свою специфику, в частности, исследователю необходимо провести большую и трудоемкую работу по определению индивидуальных характеристик агентов, моделированию их поведения и правил взаимодействия со средой. Отдельного внимания требует этап калибровки агент-ориентированных моделей, при котором достигается соответствие между данными, рассчитанными по результатам индивидуальных действий множества агентов в модели, и реально наблюдаемыми данными по моделируемому объекту.

Сложность и трудоемкость процесса построения агент-ориентированных моделей требует высокой квалификации и знаний разработчика АОМ (субъекта моделирования). Как справедливо отмечает А.В. Борщев, генеральный директор The AnyLogic Company – крупнейшего разработчика программного обеспечения для имитационного моделирования в России, «агентное моделирование создает дополнительные требования к разработчику имитационных моделей» и, в первую очередь, к умению «думать в терминах объектов, взаимодействующих без единого центра управления». В частности, по мнению практика, «исследователю пригодятся базовые знания из теории распределенных и параллельных систем, в том числе протоколов связи (синхронность и асинхронность, дедлоки, недетерминированное поведение). Полезным бывает использование диаграмм обмена сообщениями. Диаграммы состояний широко используются для задания индивидуального поведения агентов. В определенном классе агентных моделей необходимо знание социальных сетей. Часто помогает объектно-ориентированное мышление: типы агентов организуются в иерархию классов с насле-

дованием. Наконец, в агентном моделировании приходится программировать в среднем больше, чем в дискретно-событийном или системной динамике» [3, с. 11].

Основные вопросы, на которые необходимо ответить исследователю при разработке агент-ориентированной модели: Какие типы агентов требуются в модели? Какие характеристики, существенные для отображения моделируемого процесса, они должны иметь? Как агенты будут взаимодействовать между собой и с внешней средой? Как выбрать число агентов, оптимальное для отображения моделируемого процесса? Как провести калибровку модели? Как выбрать период симуляции? и т. д.

Однако при всей сложности агент-ориентированного моделирования его преимущества «с лихвой окупают все расходы» и делают этот метод все более популярным. В частности, по сравнению с другими средствами имитационного моделирования АОМ позволяют смоделировать систему, максимально приближенную к реальности, обладают свойством эмерджентности, отличаются возможностью построения моделей при отсутствии знаний о глобальных зависимостях в соответствующей предметной области и являются гибким инструментом, позволяющим легко добавлять агентов в модели и удалять их, а также менять параметры и правила их поведения [5, с. 27-28].

Российский опыт агент-ориентированного моделирования социально- экономических процессов

В 2009 году Brian Heath, Raymond Hill и Frank Ciarallo проанализировали 279 статей, посвященных конструированию и изучению агент-ориентированных моделей [18]. В проведенном исследовании наглядно показано, что агент-ориентированное моделирование приобретает все большую и большую популярность, число статей по данной тематике из года в год неуклонно растет, при этом

около половины всех агент-ориентированных моделей строятся в области социальных наук и экономики.

Агент-ориентированные модели социально-экономических процессов имеют свои особенности, заключающиеся в специфических типах агентов и среды. Вообще говоря, агентами в АОМ могут быть любые наблюдаемые в реальной жизни объекты, однако основной задачей их учета в рамках модели является их корректная спецификация. В частности, в моделях социально-экономических систем обычно присутствуют агрегированные агенты, представляющие собой либо отрасль, либо регион, либо совокупное домохозяйство [8, с. 21].

Кратко остановимся на некоторых современных агент-ориентированных моделях социально-экономических процессов, разработанных в России. В первую очередь отметим, что агент-ориентированные модели нашли широкое применение в исследовании и прогнозировании демографических процессов. Это объясняется тем фактом, что демографические процессы и явления во многом определяются индивидуальным выбором отдельных людей, их репродуктивными установками и поведением. Так, в построенной специалистами ЦЭМИ РАН «демографической модели условного региона» [6] агенты наделены одним из двух видов демографических стратегий: традиционной, для которой характерна высокая рождаемость, и современной, при которой рождаемость существенно ниже, при этом рождаемость зависит не только от численности женщин репродуктивного возраста, но и от их индивидуальных репродуктивных установок. Отметим, что именно В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин и Е. Д. Сушко являются одними из первых российских ученых, положивших начало использованию агент-ориентированного подхода применительно к моделированию демографических процессов в нашей стране. В созданной ими мультиагентной модели России [7] демографиче-

ские процессы: рождаемость, смертность и миграция – рассматриваются в разрезе регионов РФ, при этом если смертность не зависит от воли агентов, то миграция и рождаемость – интегральные результаты действий отдельных агентов, принимающих решения о смене места жительства с целью улучшения своего материального положения или о рождении детей. Как подчеркивают сами авторы, принципиальным моментом является то, что показатели миграции и рождаемости получаются в модели автоматически как реакция популяции агентов на изменение внешней среды (социальных и экономических условий).

Отдельно следует отметить агент-ориентированную модель региона, разработанную Е.Д. Сушко и имитирующую социально-экономическое состояние региона на основе реконструкции его внутренней структуры и моделирования поведения действующих на его территории самостоятельных экономических агентов [11]. В модели присутствуют агенты трех типов: 1) агенты – физические лица (люди – жители региона); 2) агенты – юридические лица (предприятия, организации); 3) агенты – муниципальные районы. Автором проделана большая работа, АОМ обладает сложной структурой и включает в себя: 1) модель демографического развития региона и отдельных его муниципальных районов; 2) модель трудового потенциала и трудового поведения отдельного человека; 3) модель рынка труда; 4) модель производства; 5) модель формирования и использования бюджета. Модель реализована на примере Вологодской области в виде пользовательского программного продукта, разработанного в среде AnyLogic и названного «Агент-ориентированная Региональная Модель (АРМ) «Губернатор». По словам разработчика, АРМ «Губернатор» носит практическую направленность и предназначена для апробации различных вариантов управляющих воздействий на региональном уровне. При этом она имеет возможность адапта-

ции к условиям разных регионов, обладает удобным интерфейсом и надежной информационной базой, а ее апробация на данных по Вологодской области показала, что модель достаточно точно отражает особенности регионального социально-экономического развития и может быть использована для его имитации [12].

Ученые из Новосибирска акцентируют внимание на необходимости моделирования пространственной структуры экономической системы и особенной актуальности такого моделирования для России с ее огромной территорией. Для решения этой проблемы В.И. Суслов и его коллеги разработали агент-ориентированную межрегиональную межотраслевую модель «затраты-выпуск» для российской экономики, содержащую четыре типа агентов: фирмы, домохозяйства, внешние рынки и товарные рынки. При этом модель имеет географическую структуру и привязана к условной карте России с использованием геоинформационного подхода [9].

К.С. Чиркуновым разработана и апробирована мультиагентная модель развития территориальной системы [16], реализованная в рамках платформы .NET 3.0 (Windows Forms, язык C#) и представляющая собой мультиагентную систему, имитирующую развитие экономики страны, в частности строительство новых производств и повышение общего уровня доходов. При этом основными агентами в модели являются экономические районы, состоящие из множества агентов более низкого уровня иерархии: территориальных производственных комплексов и площадок, на которых их можно разместить. Площадки, в свою очередь, характеризуются географическим положением, а также имеющимися природными и трудовыми ресурсами. Внешняя среда в модели состоит из множества внешних ресурсов (товарных, сырьевых и т. д.) и множества внешних рынков. В процессе функционирования территориальной системы агенты

взаимодействуют друг с другом, например, могут договариваться о наборе производственных специализаций системы и тем самым определять поведение территориальной системы в целом [15].

М.Р. Фаттахов впервые разработал комплексную агент-ориентированную модель социально-экономического развития мегаполисов (CABMUD). Она состоит из пяти блоков и содержит два типа агентов: люди (жители города) и предприятия. Среду в модели образуют районы города, линии общественного транспорта и дороги общего пользования. Как пишет автор, «в процессе работы модели люди взаимодействуют с другим видом агентов – предприятиями (тип связи агент-агент), т. е. они либо уже работают и получают ежемесячный доход, либо находятся на бирже труда и ищут работу. Взаимодействуя со средой модели (тип связи агент-среда), агенты проживают в районах города. Здесь они платят цену проживания (платежи ЖКХ, арендную плату). Агенты могут изменить район проживания, исходя из своих предпочтений или текущего финансового положения. Перемещаясь между домом и работой, агенты-люди взаимодействуют с еще двумя видами среды – дорогами общего пользования и общественным транспортом. От выбора типа транспорта зависит величина ежемесячных расходов и время, проведенное агентами в пути. Аргументами данного типа агентов являются: возраст, память, денежный баланс, размер ежемесячного дохода, район проживания, район работы, время начала рабочего дня, размер ежемесячных транспортных расходов, наличие или отсутствие личного транспортного средства» [13, с. 16-17]. При этом агенты-люди могут находиться в одном из 4 состояний: удовлетворения, нейтральном, недовольства или ожидания. Построенная исследователем модель CABMUD позволяет разрабатывать долгосрочный прогноз и сценарии социально-экономического развития города с уче-

том уровня комфортности проживания людей, а также получать количественную оценку результатов управленческих решений. Модель апробирована на примере г. Москвы и показала хорошие результаты.

В настоящее время специалисты ЦЭМИ РАН совместно с коллегами из Северо-Западного института управления РАНХиГС создают крупномасштабную АОМ социальной системы «северной столицы» – города Санкт-Петербурга [8, с. 23].

Разумеется, это лишь малая часть агент-ориентированных моделей, разработанных в России, причем с каждым годом их число возрастает. Однако именно перечисленные модели, на наш взгляд, обращают на себя наибольшее внимание и могут стать фундаментом для дальнейшего развития агент-ориентированного моделирования в нашей стране.

Программное обеспечение

агент-ориентированного моделирования

Как справедливо отмечают В.Л. Макаров и А.Р. Бахтизин, «вообще говоря, для агент-ориентированного моделирования не требуется специализированных программ, в принципе можно применять средства разработки широкого профиля» [5, С. 28], например Delphi, однако специализированные платформы предлагают набор готовых решений, в частности библиотеки агентов, что значительно упрощает процесс моделирования, экономит время и ресурсы.

Наиболее полный обзор существующих программных платформ для реализации агент-ориентированных моделей представлен в работе [20]. Авторы рассмотрели более 50 программных продуктов² и провели их под-

² Agent Building and Learning Environment (ABLE), Agent-Builder Lite/Pro, Tryllian Agent Development Kit (ADK), Agent-Sheets, AnyLogic, Ascape, Brahms, Breve, Common-pool Resources and Multi-Agent Systems (Cormas), Cougaar, DeX, Distributed operator model architecture (DOMAR), ECHO, jEcho, ECJ, iGen, JADE, JAS, Java Auction Simulator API (JASA), JCA-Sim, Java Enterprise Simulator (jES), JESS, Laboratory for Simulation Development (LSD), Multi Agent Development Kit (Madkit), Rules Based Multi-Agent System (MAGSY), Multi-agent modeling language (MAML), Mason, Multi-Agent Simulations for the SOCIAL Sciences

робный сравнительный анализ по пяти основным характеристикам: встроенный язык программирования, операционная система, тип лицензии, основной домен, виды поддержки пользователей. Такая трудоемкая работа выполнена с целью предоставления читателям детальной информации об особенностях и возможностях современных платформ агент-ориентированного моделирования, призвана помочь исследователям с выбором программного продукта, наиболее подходящего для целей конкретного проекта. По мнению авторов, при выполнении специализированных проектов эффективнее использовать не наиболее популярные программные средства, предназначенные для общих проектов, а инструментарий, разработанный для конкретной области и специализированных потребностей.

Как показало исследование, около 42% программных платформ для реализации агент-ориентированных моделей используют Java в качестве основного языка программирования, 17% – C++, 11% – C, 8% – различные варианты Logo. Подавляющее большинство инструментальных средств (76%) бесплатны, из них 53% имеют открытый исходный код³.

Греческие ученые [19] провели обзор двадцати четырех наиболее перспективных, на их взгляд, современных платформ агент-ориентированного моделирования и оценили их по пяти группам критериев:

1. Свойства платформы: организация-разработчик, основной домен, последний релиз, лицензия, open source (открытый исходный код).

(MAS-SOC), Matrix Laboratory (Matlab), Micro-und Multi-level Modelling Soft-ware (MIMOSE), Moduleco, NetLogo, Object Based Environment for Urban Simulation (OBEUS), oRIS, Political Science- Identity (PS-I), Framework for Agent-based Modelling with Java (FAMOJA), Quicksilver, REcursive Porous Agent Simulation Toolkit (Repast) and family, Strictly Declarative Modeling Language (SDML), Jade's sim++, SimPlusPlus, SimAgent, SimBio-Sys, Multi-modeling Object-Oriented Simulation Environment (Moose), Sim-Pack, Spatial Modeling Environment (SME), Shell for Simulated Agent Systems (SeSAm), SOAR, StarLogo and family, Sugarscape, Swarm, Versatile Simulation Environment for the Internet (VSEit), Zeus.

³ Nikolai C., Madey G. Tools of the Trade: A Survey of Various Agent Based Modeling Platforms // Journal of Artificial Socie-ties and Social Simulation. – 2009. – № 12 (2) 2.

2. Удобство использования: простота, изучаемость (легкость освоения), масштабируемость, стандарт совместимости, коммуникация.

3. Эксплуатационные свойства: производительность, стабильность, устойчивость, язык программирования, операционная система.

4. Практические аспекты: установка, поддержка пользователей, популярность, технологическая завершенность, стоимость.

5. Управление безопасностью: защита данных, платформа безопасности и др.

Согласно результатам исследования, в настоящее время за рубежом наиболее популярный инструмент построения агент-ориентированных моделей – платформа JADE, разработанная итальянской компанией TILAB. Данный продукт полностью реализован на Java, имеет минимальные системные требования и открытый исходный код, отличается стабильностью в работе, легкостью освоения и, что немаловажно, является бесплатным. Основные характеристики JADE в сравнении с другими платформами для реализации АОМ представлены в *таблице*.

В России наиболее популярным программным решением для реализации агент-ориентированных моделей является система имитационного моделирования AnyLogic⁴, выпускаемая российской компанией The AnyLogic Company, ранее известной как XJ Technologies. В отличие от JADE AnyLogic имеет закрытый исходный код и не распространяется бесплатно, за исключением версии AnyLogic PLE (Personal Learning Edition), предназначенной для обучения студентов в учебных учреждениях и самообразования и доступной для скачивания на официальном сайте компании по следующей ссылке: <http://www.anylogic.com/download-free-simulation-software-for-education>.

Обратим отдельное внимание на тот факт, что данный продукт позволяет работать

⁴ Официальный сайт продукта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.anylogic.ru>

Таблица. Сравнительные характеристики наиболее перспективных программных платформ для реализации агент-ориентированных моделей

№ п. п.	Название	Компания-разработчик	Операционная система	Язык программирования	Открытый код	Изучаемость	Популярность
1.	Agent Factory	University College Dublin	Любая, поддерживающая JVM	Java, AFAPL, AgentSpeak	Да	Средняя	Низкая
2.	AgentBuilder	Acronymics Inc.	Windows, Linux, Sun Solaris	KQML, Java, C, C++	Нет	Легкая	Средняя
3.	AgentScape	Delft University of Technology	Любая, поддерживающая JVM	Java (плюс XML)	Да	Средняя	Низкая
4.	AGLOBE	Czech Technical University	Любая, поддерживающая JVM	Java	Да	Легкая	Средняя
5.	AnyLogic	The AnyLogic Company	Любая, поддерживающая JVM	Java, UML-RT (UML for real time)	Нет	Легкая	Средняя
6.	Cormas	Cirad research centre	Win, Linux	SmallTalk	Да	Легкая	Средняя
7.	Cougaar	Raytheon BBN Technologies	Win, Linux	Java	Да	Средняя	Низкая
8.	CybelePro	Intelligent Automation Inc	Любая, поддерживающая JVM	Java	Нет	Средняя	Низкая
9.	EMERALD	LPIS Group, Aristotle University of Thessaloniki	Любая, поддерживающая JVM	Java, JESS, RuleML, Prolog (плюс XML, RDF)	Да	Легкая	Низкая
10.	GAMA	IRD/UPMC International Research Unit UMMISCO	Mac OS X, Windows, Linux	GAML	Да	Легкая	Низкая
11.	INGENIAS Development Kit	grasia! research group, Universidad Complutense Madrid	Любая, поддерживающая JVM	Java (плюс XML)	Да	Легкая	Средняя
12.	JACK	AOS	Windows, Macintosh, Unix, generic Java, iPAQ	Java, JACK Agent Language (JAL) (плюс XML)	Нет	Легкая	Высокая
13.	JADE	Telecom Italia (TILAB)	Любая, поддерживающая JVM	Java	Да	Легкая	Высокая
14.	Jadex	Hamburg University	Любая, поддерживающая JVM	Java (плюс XML)	Да	Средняя	Высокая
15.	JAMES II	University of Rostock	Любая, поддерживающая JVM	Java	Да	Легкая	Средняя
16.	JAS	Università di Torino	Любая, поддерживающая JVM	Java	Да	Легкая	Средняя
17.	Jason	Universities of Rio Grande do Sul and Santa Catarina	Windows, MacOS, Linux	Java, AgentSpeak	Да	Легкая	Высокая
18.	JIAC	Technische Universität Berlin	Любая, поддерживающая JVM	Java (плюс XML)	Да	Средняя	Низкая
19.	MaDKit	Institut universitaire de technologie	Любая, поддерживающая JVM	Java, C/C++, Python	Да	Средняя	Средняя
20.	MASON	George Mason University	Win	Java	Да	Средняя	Средняя
21.	NetLogo	The Center for Connected Learning (CCL) and Computer-Based Modeling, Northwestern University	Любая, поддерживающая JVM	NetLogo	Нет	Легкая	Высокая
22.	Repast	University of Chicago	Любая, поддерживающая JVM	Java, C#, C++, Lisp, Prolog, Python	Да	Легкая	Средняя
23.	SeSAM	Örebro University	Любая, поддерживающая JVM	Java	Да	Легкая	Средняя
24.	Swarm	Swarm Development Group	Win, Linux	Java	Да	Средняя	Средняя

Источник: Kravari K., Bassiliades N. A Survey of Agent Platforms [Electronic resource] // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. – 2015. – № 18 (1) 11. – Available at : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/18/1/11.html>

с ГИС-картами. Это важный момент при моделировании социального пространства, поскольку позволяет обеспечить совмещение с физическим пространством. Говоря о позиции агентов в пространстве, Пьер Бурдьё подчеркивает, что социальное и физическое пространства невозможно рассматривать в «чистом виде»: только как социальное или только как физическое [4, с. 15]. При этом «реализованное физически социальное пространство представляет собой распределение в физическом пространстве различных видов благ и услуг, а также индивидуальных агентов и групп, локализованных физически и обладающих возможностями присвоения этих более или менее значительных благ и услуг» [4, с. 40].

Яркими примерами использования AnyLogic в моделировании социально-экономических процессов и систем служат модель социально-экономического развития России, разработанная специалистами ЦЭМИ РАН совместно с МГУ, и экспертно-аналитическая система прогнозирования оптимального выпуска учреждений профессионального образования, созданная группой компаний IBS по заказу Министерства образования и науки Российской Федерации. Первая – использует 100 млн агентов и при запуске на суперкомпьютере «Ломоносов»

позволяет спрогнозировать развитие страны на 50 лет вперед. Вторая – призвана привести структуру подготовки профессиональных кадров в регионах России в соответствие с потребностями рынка труда и снизить уровень безработицы.

В целом, мы согласны со словами ученых [19], которые отмечают, что на сегодняшний день AnyLogic – одно из лучших решений для имитационного моделирования, если вы не имеете большого опыта в программировании.

Обобщая возможности агент-ориентированного моделирования как метода исследования социального пространства, отметим три основных: во-первых, этот метод позволяет создавать агентов, наиболее приближенных к реальным социальным агентам; во-вторых, он учитывает двустороннюю связь агентов с пространством за счет реализации взаимодействий двух типов: «агент-агент» и «агент-среда», в-третьих, дает реальные инструменты для моделирования физического и социального пространства в их единстве и взаимосвязи. Все это, на наш взгляд, позволяет говорить о перспективности использования агент-ориентированного моделирования в исследовании социального пространства и в будущем данного метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахтизин, А. Р. Агент-ориентированные модели экономики [Текст] / А. Р. Бахтизин. – М. : Экономика, 2008. – 279 с.
2. Боев, В. Д. Компьютерное моделирование: пособие для курсового и дипломного проектирования [Текст] / В. Д. Боев, Д. И. Кирик, Р. П. Сыпченко. – СПб. : ВАС, 2011. – 348 с.
3. Борщев, А. В. Имитационное моделирование: состояние области на 2015 год, тенденции и прогноз [Электронный ресурс] / А. В. Борщев // ИММОД 2015. – Режим доступа : http://www.anylogic.ru/upload/pdf/immod15_borshchev_statia.pdf
4. Бурдьё, П. Социология политики [Текст] : пер. с фр. / П. Бурдьё ; сост., общ. ред. и предисл. Н. А. Шматко. – М. : Socio-Logos, 1993. – 336 с.
5. Макаров, В. Л. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели) [Текст] / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин. – М. : Экономика, 2013. – 295 с.
6. Макаров, В. Л. Имитация особенностей репродуктивного поведения населения в агент-ориентированной модели региона [Текст] / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Е. Д. Сушко // Экономика региона. – 2015. – № 3. – С. 313–322.

7. Макаров, В. Л. Моделирование демографических процессов с использованием агент-ориентированного подхода [Текст] / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Е. Д. Сушко // Федерализм. – 2014. – № 4. – С. 37–46.
8. Макаров, В. Л. Современные методы прогнозирования последствий управленческих решений [Текст] / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин // Управленческое консультирование. – 2015. – № 7. – С. 12–24.
9. Опыт агент-ориентированного моделирования пространственных процессов в большой экономике [Текст] / В. И. Суслов, Д. А. Доможиров, В. С. Костин, Л. В. Мельникова, Н. М. Ибрагимов, А. А. Цыплаков // Регион: экономика и социология. – 2014. – № 4. – С. 32–54.
10. Сорокин, П. А. Человек. Цивилизация. Общество [Текст] / П. А. Сорокин ; общ. ред, сост. и предисл. А. Ю. Соколова. – М. : Политиздат, 1992. – 543 с.
11. Сушко, Е. Д. Мультиагентная модель региона [Электронный ресурс] / Е. Д. Сушко. – Режим доступа : <http://www.artsoc.ru/publications/index.php?ID=155>
12. Сушко, Е. Д. Мультиагентная модель региона: концепция, конструкция и реализация [Текст] : препринт / Е. Д. Сушко. – М. : ЦЭМИ РАН, 2012. – 54 с.
13. Фаттахов, М. Р. Агент-ориентированная модель социально-экономического развития мегаполисов [Текст] : автореф. дис. на соиск. уч. ст. к.э.н. : 08.00.13 / М. Р. Фаттахов. – М., 2011. – 30 с.
14. Филиппов, А. Ф. Социология пространства [Текст] / А. Ф. Филиппов. – СПб. : «Владимир Даль», 2008. – 285 с.
15. Чиркунов, К. С. Агентное моделирование развития территориальной системы [Текст] / К. С. Чиркунов // Информатика и ее применения. – 2011. – Т. 5. – Вып. 1. – С. 58–64.
16. Чиркунов, К. С. Мультиагентный подход и моделирование поведения взаимодействующих иерархических систем экономической природы [Текст] : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.11 / К. С. Чиркунов. – Новосибирск, 2012. – 26 с.
17. Gilbert, N. Agent-based models: Sage Publications Inc. [Text] / N. Gilbert, 2008. – 112 p.
18. Heath, B. A Survey of Agent-Based Modeling Practices (January 1998 to July 2008) [Electronic resource] / B. Heath, R. Hill, F. Ciarallo // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. – 2009. – № 12 (4) 9. – Available at : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/9.html>
19. Kravari, K. A Survey of Agent Platforms [Electronic resource] / K. Kravari, N. Bassiliades // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. – 2015. – № 18 (1) 11. – Available at : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/18/1/11.html>
20. Nikolai, C. Tools of the Trade: A Survey of Various Agent Based Modeling Platforms [Electronic resource] / C. Nikolai, G. Madey // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. – 2009. – № 12 (2) 2. – Available at : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/2/2.html>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Чекмарева Елена Андреевна – кандидат экономических наук, научный сотрудник. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт социально-экономического развития территорий Российской академии наук. Россия, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а. E-mail: miteneva@inbox.ru. Тел.: (8172) 59-78-10.

Chekmareva E.A.

NEW IN THE METHODOLOGY OF STUDYING A SOCIAL SPACE, OR WHAT IS AGENT-BASED MODELING?

The article raises the issue of development of the methodology of studying a social space as an abstract multidimensional space of social positions. The author raises the issue of the prospects of using agent-based modeling in the study of a social space. The article summarizes the theoretical and methodological foundations of agent-based modeling; in particular, it describes its essence, specifics and advantages, and presents the concept of an agent-based model. The definitions of the term used in the works of leading Russian experts are discussed: V. L. Makarov, A. R. Bakhtizin, E. D. Sushko and others. The meaning of “an agent” as a central and most important category of agent-based modeling is revealed. Its proximity to the concept of “a social agent” used in sociology of space is highlighted. The basic properties and attributes of the agents in agent-based modeling are outlined. The stages of modeling and the requirements for knowledge, skills and qualifications of the modeling subject (the developer of agent-based models) are described. The article presents a brief overview of the Russian experience of agent-based modeling of socio-economic processes which are represented by models such as a demographic model of a notional region, a multi-agent model of Russia, an agent-based regional model “Governor”, a complex agent-based model of urban socio-economic development (CABMUD), an agent-based interregional inter-industry “input-output” model, a multi-agent model of territorial system development. Comparative analysis of the software developed so far is conducted in order to implement agent-based models. Special attention is paid to the Russian modeling system AnyLogic as one of the best software solutions enabling the construction of agent-based models without much experience in programming. The author emphasizes the importance of interaction between physical and social spaces through the support of GIS-technology by some modeling systems. In conclusion, the article summarizes the main opportunities provided by the use of agent-based modeling in the study of a social space: first, the creation of agents close as possible to real social agents; second, the consideration of two-way relations of agents and space due to the implementation of interactions of two types: “agent-agent” and “agent-environment”; third, providing real tools for modeling physical and social spaces taking into account their unity and connection.

Social space, agent, agent-based approach.

REFERENCES

1. Bakhtizin A. R. *Agent-orientirovannye modeli ekonomiki* [Agent-based economic models]. Moscow: Ekonomika, 2008. 279 c.
2. Boev V. D., Kirik D. I., Sypchenko R. P. *Komp'yuternoe modelirovanie: posobie dlya kursovogo i diplomnogo proektirovaniya* [Computer simulation: manual for course and thesis research]. Saint Petersburg: VAS, 2011. 348 p.
3. Borshchev A. V. *Imitatsionnoe modelirovanie: sostoyaniye oblasti na 2015 god, tendentsii i prognoz* [Simulation modeling: the status of the field up to 2015, trends and forecast]. *IMMOD 2015* [National Simulation Society 2015]. Available at: http://www.anylogic.ru/upload/pdf/immod15_borshchev_statia.pdf
4. Burdè P. *Sotsiologiya politiki: per. s fr.* [Sociology of politics: translation from French]. Moscow: Socio-Logos, 1993. 336 p.
5. Makarov V. L., Bakhtizin A. R. *Sotsial'noe modelirovanie – novyi komp'yuternyi proryv (agent-orientirovannye modeli)* [Social modeling – a new computer breakthrough (agent-based models)]. Moscow: Ekonomika, 2013. 295 p.

6. Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Sushko E. D. Imitatsiya osobennosti reproductivnogo povedeniya naseleniya v agent-orientirovannoi modeli regiona [Modeling the population's patterns of reproductive behavior in an agent-based model of the region]. *Ekonomika regiona* [Region's economy], 2015, no. 3, pp. 313–322.
7. Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Sushko E. D. Modelirovanie demograficheskikh protsessov s ispol'zovaniem agent-orientirovannogo podkhoda [Modeling the demographic processes using an agent-based approach]. *Federalizm* [Federalism], 2014, no. 4, pp. 37–46.
8. Makarov V. L., Bakhtizin A. R. Sovremennye metody prognozirovaniya posledstviy upravlencheskikh reshenii [Modern consequence prediction methods of management solutions]. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie* [Management consulting], 2015. No. 7, pp. 12–24.
9. Suslov V. I., Domozhurov D. A., Kostin V. S., Mel'nikova L. V., Ibragimov N. M., Tsyplakov A. A. Opyt agent-orientirovannogo modelirovaniya prostranstvennykh protsessov v bol'shoi ekonomike [The experience of agent-based modeling of spatial processes in a major economy]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: economy and sociology], 2014, no. 4, pp. 32–54.
10. Sorokin, P. A. *Chelovek. Tsivilizatsiya. Obschestvo* [Human. Civilization. Society]. Moscow: Politizdat, 1992. – 543 s.
11. Sushko, E. D. *Mul'tiagentnaya model' regiona* [Multi-agent model of a region]. Available at: <http://www.artsoc.ru/publications/index.php?ID=155>
12. Sushko E. D. *Mul'tiagentnaya model' regiona: kontseptsiya, konstruktsiya i realizatsiya: preprint* [Multi-agent model of a region: concept, structure and implementation: preprint]. Moscow: TsEMI RAN, 2012. 54 p.
13. Fattakhov M. R. *Agent-orientirovannaya model' sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya megapolisov: avtoref. dis. na soisk. uch. st. k.e.n.: 08.00.13* [Agent-based model of socio-economic urban development: abstract from a Ph.D. in Economics dissertation: 08.00.13]. Moscow, 2011. 30 p.
14. Filippov A. F. *Sotsiologiya prostranstva* [Sociology of space]. Saint Petersburg: "Vladimir Dal'", 2008. 285 p.
15. Chirkunov K. S. Agentnoe modelirovanie razvitiya territorial'noi sistemy [Agent modeling of territorial system development]. *Informatika i ee primeneniya* [Informatics and applications], 2011, volume 5, issue 1, pp. 58–64.
16. Chirkunov K. S. *Mul'tiagentnyi podkhod i modelirovanie povedeniya vzaimodeistvuyushchikh ierarkhicheskikh sistem ekonomicheskoi prirody avtoref. dis. kand. fiz.-mat. nauk: 05.13.11* [Multi-agent approach and behavior modeling of interacting hierarchical systems of economic character: abstract from a Ph.D. in Physics and Mathematics dissertation: 05.13.11]. Novosibirsk, 2012. 26 p.
17. Gilbert N. *Agent-based models*. Sage Publications Inc., 2008. 112 p.
18. Heath B., Hill R., Ciarallo F. A Survey of Agent-Based Modeling Practices (January 1998 to July 2008). *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2009, no. 12 (4) 9. Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/4/9.html>
19. Kravari K., Bassiliades N. A Survey of Agent Platforms. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2015, no. 18 (1)11. Available at : <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/18/1/11.html>
20. Nikolai C., Madey G. Tools of the Trade: A Survey of Various Agent Based Modeling Platforms. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2009, no. 12 (2) 2. Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/2/2.html>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Chekmareva Elena Andreevna – Ph.D. in Economics, Researcher. Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Socio-Economic Development of Territories of the Russian Academy of Sciences. 56a, Gorky Street, Vologda, 160014, Russian Federation. E-mail: miteneva@inbox.ru. Phone: +7(8172) 59-78-10.