

УДК 32.019.5, 323.2, 324, 327, 329, 519.682

DOI: [10.26102/2310-6018/2019.27.4.005](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.27.4.005)

## АГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННО-ПОЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

**А.Ф. Агеева**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Центральный экономико-математический институт,  
Москва, Российская Федерация  
e-mail: [ageevaalina@yandex.ru](mailto:ageevaalina@yandex.ru)*

**Резюме:** В статье дан обзор имитационных моделей, разработанных с помощью агентного подхода, в которых воспроизводятся устройство и процесс эволюции общественно-политических систем, а также динамика международных процессов и социально-политических явлений. Научно обоснованы перспективность и эффективность практического применения агент-ориентированного моделирования в области политического знания. Анализ концептуальных особенностей и архитектуры агент-ориентированных моделей, рассмотренных в научном обзоре, демонстрирует преимущества использования агентного моделирования для реализации прикладных междисциплинарных проектов и научно-исследовательских задач, основанных на синтезе нескольких дисциплин в рамках общественного и политического знания: политической социологии и политической психологии, истории и археологии, международных отношений и социальной культурологии. Показаны возможности агент-ориентированного моделирования в аспекте его прикладного значения для гипотетического тестирования в рамках политического анализа. Представлена краткая история практического применения агентного моделирования в области политического знания: проведен ретроспективный и структурный анализ моделей, созданных видными учеными политологами, социологами и экономистами, и показано влияние их работ на дальнейшее развитие научного направления. Представлены выводы относительно перспектив практического применения агент-ориентированного моделирования в области политических наук, связанных с привлечением суперкомпьютерных ресурсов для имитирования крупномасштабных и полномасштабных общественно-политических систем, а также международных процессов и социально-политических конфликтов, протекающих в мировых масштабах.

**Ключевые слова:** общественно-политические системы и процессы, выборы, политический анализ, революции, международные отношения, агент-ориентированное моделирование.

**Для цитирования:** Агеева А.Ф. Агентное моделирование общественно-политических систем и процессов: история развития и перспективы практического применения. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2019;7(4). URL: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/Agееva\\_4\\_19\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/Agееva_4_19_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.005

## AGENT-BASED MODELING OF SOCIAL-POLITICAL SYSTEMS AND PROCESSES: HISTORY OF DEVELOPMENT AND FUTURES FOR PRACTICAL APPLICATION

**A.F. Ageeva**

*Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences  
Moscow, Russian Federation*

**Abstract:** The article provides an overview of agent-based models that reproduce the structure of socio-political systems and dynamics of international processes and socio-political phenomena. The

effectiveness and futures of the practical application of agent-based modeling in the field of political knowledge are scientifically proved. An analysis of the conceptual and construction features of agent-based models considered in the scientific review demonstrates the advantages of agent-based modeling for realization applied interdisciplinary projects and research tasks based on the synthesis of several disciplines within the framework of public and political knowledge: political sociology and political psychology, history and archeology, international relations and social culturology. The potentialities and advantages of agent-based modeling in the aspect of its applied meaning for hypothetical testing in the framework of political analysis are shown. A brief history of the practical application of agent-based modeling in the field of political knowledge is presented through a retrospective and structural analysis of models created by prominent political scientists, sociologists and economists, and the impact of their work on the further development of the scientific field is shown. Conclusions regarding the futures for the practical application of simulation in the field of political sciences related with the participation of supercomputer technologies to simulate large-scale socio-political systems, as well as international processes and scenarios that occur on a global scale are presented.

*The article has been prepared with the support of the Russian Science Foundation (Grant № 19-18-00240)*

**Keywords:** socio-political systems and processes, elections, political analysis, revolutions, international relations, agent-based modeling

**For citation:** Ageeva A.F. Agent-based modeling of social-political systems and processes: history of development and futures for practical applications. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2019;7(4). URL: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/Ageeva\\_4\\_19\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/Ageeva_4_19_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.005 (In Russ).

К вопросам компьютерного моделирования общественных систем, а также социально-экономических и политических процессов, значительное внимание ученых стало появляться во второй половине XX столетия, в связи с широким распространением и успехами применения этого метода научного познания в естественных науках. Стремительное развитие агентного метода компьютерного моделирования, начиная с 90-х гг. XX века, создало условия для совершенно новых возможностей социального моделирования, предоставив научному сообществу новый инструмент имитирования общественных систем. А использование современных суперкомпьютерных технологий может способствовать воплощению в жизнь не только мечты многих ученых научиться объяснять общественные явления и процессы на основе поведения людей или групп сообществ, но также воспроизводить в искусственной среде максимально приближенные к реальным крупномасштабные общественные системы, явления и процессы: технически, уже сегодня можно моделировать социальные и политические процессы в масштабах не только отдельных стран и континентов, но и в мировых [1, 2]. В настоящей статье, с целью выявления преимуществ использования агентного моделирования для выполнения прикладных научно-исследовательских работ в области анализа общественно-политических систем и процессов, представлена краткая история вопроса, а также рассмотрены концептуальные особенности и архитектура агент-ориентированных моделей, созданных видными учеными в области политологии, политической социологии и политической психологии.

Широкое практическое применение агентного моделирования в области политического знания, в т.ч. международных отношений, началось лишь в 1990-х гг., тем не менее, предпосылки для этого сложились гораздо раньше. В статье [3] Д.А. Дегтерев рассматривает агент-ориентированные модели, которые можно назвать первыми примерами практического применения агентного моделирования в политической науке в аспекте анализа международных отношений и динамики социально-культурных норм

и общественно-политических процессов: это модели расовой сегрегации Т. Шеллинга (*Schelling T.*) и эволюции социального сотрудничества Р. Аксельрода (*Axelrod R.*). Эти модели очень известны, поэтому здесь ограничимся лишь их краткой характеристикой.

В модели расовой сегрегации, созданной в нач. 1970-х годов. Т. Шеллингом - лауреатом Нобелевской премии, профессором экономики Мерилэндского университета (США), которую он описал в нач. 1970-х гг. в [4] и в [5], имитируются поведенческие паттерны агентов-соседей в процессе принятия решения о выборе района проживания, в зависимости от расовой структуры их населения. Впоследствии, на базе модели, американский ученый имитировал динамику культурных норм, изучая ее проявление на макроуровне. Идеи Т. Шеллинга нашли продолжение и развитие в большом количестве агент-ориентированных моделей, так, например, в [6] отслеживается динамика пространственной сегрегации агентов, различных по уровню толерантности к представителям др. рас и иным политическим убеждениям, степень которого названа автором “социальной дистанцией”. Эксперименты с моделью показали, что с течением времени идеологическое разнообразие остается лишь в границах нескольких крупных городов, в то время как их пригороды практически полностью заселяются группами меньшинств.

Многолетние исследовательские поиски Р. Аксельрода - политолога, профессора политологии и государственной политики Мичиганского университета (США), начатые им в 1980-х гг., основаны на развитии идеи сценариев социального взаимодействия путем изменения набора поведенческих стратегий и моделирования повторяемой Сдилеммы “заключенного” [7]. В дальнейшем он использовал данный подход для моделирования процесса продвижения в обществе “нужных” (“правильных”) культурных и политических норм и взглядов. Используя агентное моделирование, он продемонстрировал в [8], каким образом создаются условия, чтобы политические убеждения, которые поначалу может не разделять значительная часть населения, распространить повсеместно и превратить в “общественное мнение”. Научный подход, используемый Аксельродом, не только не потерял актуальности до настоящего времени, но и продолжает развиваться в современных работах с помощью агент-ориентированного моделирования. Так, с учетом социологических теорий диффузии культурных и политических норм и ценностей, а также результатов, полученных Р. Аксельродом, в [9] имитировался процесс социального взаимовлияния агентов - государств, наделенных параметрами социального рейтинга: иерархии, территориального соседства, идентичности. Процесс взаимоотношений агентов реализовывался через соответствующие механизмы распространения норм и ценностей - принуждения, конкуренции, обучения или подражания.

Научный вклад Т. Шеллинга и Р. Аксельрода заключается в том, что, полученные ими, в ходе экспериментов с созданными моделями, результаты, доказали перспективность применения агент-ориентированного моделирования в области социологии и политологии, и стали основой дальнейшего развития идеи применения агентного метода моделирования для анализа процессов международного распространения общественных, культурных и политических норм, взглядов и ценностей. Агентный подход позволяет воссоздать условия неоднородной окружающей среды, в которой происходят сложные взаимодействия множества агентов (групп агентов), имеющих различные культурные, общественные и политические идентичности, предоставляя эффективный инструмент для тестирования междисциплинарных теорий политической социологии и политической психологии.

В конце 1990-х гг. профессор политологии Университета Пенсильвании (США) И. Лустик (*Lustick I.*) работал над созданием концептуальной агент-ориентированной

модели, которую можно было бы использовать для тестирования конструктивистской теории политической идентичности [10]. В ячеистом пространстве модели агенты-соседи, наделенные совокупностью идентичностей - принадлежностью к различным группам по определенным признакам, которую автор назвал “репертуаром агента”, взаимодействовали друг с другом, изучая репертуар соседей, при этом, подсчитывался уровень напряжения, возникающий в результате количества встреч агентов с разными репертуарами. Из всех агентов выделялась группа отличающихся большей активностью и гибкостью “репертуара”, которые были названы “предпринимателями”.

Доказав, при помощи данной модели, применимость агентного моделирования для изучения вопросов коллективной идентичности, И. Лустик, на основе разработанной им концептуальной конструкции, создает, в соавторстве с В. Дергачевым (*Dergachev V.*) платформу PS-I, предназначенную для агент-ориентированного моделирования процессов, связанных с различными аспектами политики идентичности, институализации, становления и падения гегемонизма [11, 12]. Затем, используя платформу, он разрабатывает несколько типовых моделей (шаблонов), призванных облегчить работу политологов и социологов для прикладного использования агент-ориентированного моделирования.

Ученый демонстрирует возможности и адаптивность разработанной платформы в процессе создания ряда агент-ориентированных моделей; здесь представим краткое описание двух из них. В агент-ориентированной модели публичного дискурса в условиях делиберативной демократии [13] репертуар агентов - это набор их общественных и политических убеждений и взглядов. Взаимодействуя, агенты обмениваются мнениями - отслеживают репертуар других граждан, при этом, “предприниматели” из концептуальной модели политической идентичности превратились в “лидеров общественных мнений”, имеющих большие веса политических аргументов по сравнению с обычными гражданами. Каждый аргумент наделялся параметром смещения, который указывал на количество доказательств достоверности аргумента, о чем агенты модели осведомлялись посредством СМИ. Измеряемые в процессе встреч агентов с разными репертуарами уровни напряженности отображали совокупное количество политических разногласий. Автор проводил эксперименты, сфокусированные на изучении взаимовлияния показателей, связанных с характеристиками демократического общества и принципами совещательной демократии: количества публично выраженных разногласий и достигнутых в спорах консенсусов, а также уровня политического плюрализма. Эксперименты с моделью показали, что образование, культура аргументированного дискурса и активное лидерство могут значительно усилить потенциал совещательной демократии.

В агент-ориентированной модели [14], в которой воспроизводится общественная структура типичной авторитарной мусульманской ближневосточной страны, взаимодействие распределенных в процентном соотношении по территории условной страны групп агентов происходит в окружающей среде, имеющей как региональные, ближневосточные, так и глобальные, ориентированные на европейские и американские рынки, характеристики. В зависимости от репертуара агентов, население страны представлено группами “обычных граждан”, “предпринимателей”, “новаторов”, “фанатиков” и “бюрократов”. Экспериментируя с параметрами внешней среды и имитируя ее изменчивость, И. Лустик изучал взаимосвязи групповой поведенческой динамики и устойчивости (уязвимости) различных ближневосточных политических идентичностей (режимов).

Начиная с конца 1980-х - начала 1990-х гг., агентный подход обретает популярность для моделирования военно-политических процессов: революционных

движений, межэтнических конфликтов и геополитических кризисов. К настоящему времени создано большое количество агент-ориентированных моделей, с помощью которых изучаются различные аспекты динамики военно-политического и межнационального конфликта. В моделях данного типа агентами являются государства или их военно-политические альянсы, которые взаимодействуют друг с другом в соответствии с определенными сценариями международных отношений, проявляющихся через агрессию, захват, защиту или подчинение в рамках реализации механизмов распространения, насаждения или утраты власти.

Для агент-ориентированного моделирования динамики геополитического кризиса (конфликта) коллективом авторов [15] создана специализированная среда AGILE, основными конструктивными элементами которой являются модуль мира, через который генерируются сценарии, вызванные экзогенными событиями (политическими, экономическими и т.п.), и модуль агентов - государств. Агенты имеют двухуровневую архитектуру: нижний уровень управляет базовым поведением агента в среде и в группах, связанным с мониторингом и управлением целями, наличием убеждений, генерацией и выполнением планов; верхний уровень содержит знания, которые специализируют поведение агента в определенной области деятельности. Государство может состоять из групп агентов - "специалистов", действующих для решения текущих государственных задач, причем один из них является лидером, принимающим управленческие решения. Лидер собирает информацию от других агентов - задачи для выполнения, учитывая при этом веса влияния агентов, и выбирает наиболее важную для текущего момента задачу и наиболее оптимальный способ ее решения, запуская процесс голосования. В случае успешного прохождения этапа, агент, предложивший способ решения задачи, начинает планировать соответствующие действия.

Международные отношения в модели имитируются как взаимодействие агентов посредством дипломатической связи. При появлении международной проблемы представители одной страны обращаются посредством дипломатических каналов к др. стороне(ам) с просьбой изменить ситуацию или поведение (действия). Для демонстрации возможностей AGILE и верификации модели был имитирован сценарий кризиса Тайваньского пролива 1995-96 гг., связанный с эскалацией военной активности в этом регионе с участием КНР, Тайваня и США, кроме того, был протестирован гипотетический кризис дальнейших отношений между КНР и Тайванем для проверки гипотез о его последствиях. Результаты экспериментов с моделью показали, что с ростом значимости экономических интересов между двумя странами, китайское военное принуждение уменьшается.

В конце 1990-х гг. профессор политологии Технологического университета в Цюрихе (Швейцария), бывший директор Центра международных исследований и Европейской сети исследования конфликтов (International Conflict Research at ETH Zurich) Л.Э. Цедерман (*Cederman L.-E.*) занимался моделированием процессов, связанных с формированием и становлением государств, падением политических режимов, возникновением и распространением гегемонизма и националистических движений. Первые результаты своей работы, названной проектом GeoSim, он изложил в книге [16]. В ней представлено описание семейства концептуальных агент-ориентированных моделей условных государств, состоящих из подчиненных культур, управляемых из единого центра, а также наделенных определенным объемом ресурсов для осуществления нападения или защиты своих интересов. Модели имитируют динамические сети международных отношений как военно-политические конфликты с целью изучения геополитических изменений, затрагивающих границы государств, а также выявления характера этнонациональных конфликтов. Эти модели стали основой

для дальнейших научных экспериментов политолога; рассмотрим их концептуальные основы построения.

В [17] ученый демонстрирует, как применять агентный подход для имитирования процессов формирования государств, их интеграции или дезинтеграции, а также трансформации государственных границ вследствие проведения определенной международной политики. Для воспроизведения процессов, связанных с преобразованием пространственного и организационного существования политических субъектов (агентов-государств), проводились эксперименты в соответствии с пошаговым выполнением следующего цикла: распределение ресурсов; принятие политических решений; взаимодействие агентов посредством механизмов “появление, исчезновение, отделение, объединение”; обновление ресурсов; изменение структуры агентов или их границ.

В агент-ориентированной модели войн и поглощения государств [18], в каждый период времени, агенты распределяют имеющиеся у них ресурсы по фронтам (границам) и решают, вступать ли в войну со своими территориальными соседями. Решение о нападении включает выполнение определенных расчетов, связанных с оценкой ожидаемых затрат и выгод, так, например, в [19] агенты учитывают показатели “богатства” соседей или веса военно-политических альянсов, членами которых они являются. Военные действия на одном фронте ослабляют позиции оставшихся, что принимается во внимание агентами-соседями. Происходит “активация контекста”: продолжающаяся война, независимо от ее первоначальной причины, может изменить существующий политический мир тех, кто примыкает к воюющим сторонам, создавая для них новые возможности и угрозы, т.о., реализуется повышенная готовность агентов к геополитическим изменениям в случае конфликта вблизи их государственных границ. При условии, что все границы характеризуются одинаковыми балансами сил, возникает глобальное равновесие, которое, впрочем, носит временный характер. С помощью данной модели Л.Э. Цедерман продемонстрировал также историческую динамику образования небольшого количества крупных государств через военно-политическое поглощение множества соседних княжеств.

Научная деятельность Л.Э. Цедермана в аспекте изучения характера гражданских войн, основанных на этнонационалистических конфликтах, нашла практическое воплощение в созданном, в соавторстве с Л. Жирардин (*Girardin L.*), GrowLab - программном наборе инструментов для агент-ориентированного моделирования гражданских войн, с возможностью интеграции с ГИС и загрузки статистических данных [20]. Программная среда предусматривает комплексное описание агентов и их взаимоотношений, характеризующееся возможностью присвоения агентам широкого списка атрибутов, кроме того, учитывать расстояние между ними и определять их географическое местоположение.

Граждане, участвующие в повстанческих движениях и революциях, имеют конкретные причины и цели, которые должны быть отражены в характеристиках (атрибутах) агентов. Например, в модели динамики децентрализованного мятежа и межэтнического гражданского насилия [21], разработанной Дж.М. Эпштейном (*Epstein J.M.*) - внештатным профессором Института Санта-Фе (*Santa Fe Institute*), директором Центра моделирования социального поведения Университета Джона Хопкинса (*JHU Center for Advanced Modeling in the Social, Behavioral, and Health Sciences*), агенты наделены уровнем “обида”, который складывается из параметров их физического и экономического лишения, а также восприятия ими легитимности режима. Агенты оценивают вероятность своего ареста (уровень риска), в случае присоединения к восстанию, и умеют скрывать свои революционные настроения в присутствии военных.

В модели революции посредством социальных сетей [22] агенты наделены уровнями “жалобы” (или обиды) и способности убеждать др. агентов, которые в совокупности образуют значение “мощности” агента (общественно-политической активности). Кроме того, агенты характеризуются индивидуальными параметрами “сдерживания” (вероятностью быть арестованными), интенсивности пропаганды, присутствия “революционеров” по соседству, а также доступа к современным технологиям связи - социальным сетям в Интернете.

Р. Бхавани и Д. Бейкер [23] изучали вопросы влияния различных факторов на интенсивность межэтнических столкновений. В их модели агенты - представители двух этнических групп моделируемой страны, наделены уровнем “экстремизма” - склонностью к проявлению межэтнического насилия. Запускаемый в модели цикл эпизодов структурирован так, что отображает последовательность взаимодействий агентов, происходящих во время этнических конфликтов, мера насилия которых (сила межэтнического конфликта) определяется количеством смертей - жертв конфликта. В модели оценивалось влияние на интенсивность конфликтов таких параметров, как тип исходного сообщения, уровень доверия к представителям этнической группы, находящейся у власти, сила общественного порицания членов своей группы за участие в конфликте. Полученные в ходе экспериментов с моделью результаты сравнивались с данными об этнических конфликтах в Руанде в 1994 г. и Бурунди в 1972 г.

На примере двух похожих агент-ориентированных моделей [24] и [25] рассмотрим особенности имитирования революционных (повстанческих) движений. В модели Mason Rebeland [24] воспроизводится природно-социальная среда условного государства с распределенными по территории его провинций природными ресурсами и разделенные дорожной сетью. Политическое устройство состоит из общества, которое может генерировать повстанцев, и правительства, которое разрабатывает определенную политику для решения общественных проблем. Агенты модели - население, города, правительство, повстанцы, полиция (армия). Запуск цикла начинается с генерации общественной проблемы - увеличение уровня инфляции, засуха, экологические изменения, которая вызывает социальный стресс. В ответ правительство вырабатывает политику, направленную на устранение стресса. Повстанцы активизируются при достижении соответствующего уровня общественного недовольства. Авторы проводили эксперименты в соответствии со следующими сценариями: - стабильная политическая ситуация, - широкое общественное недовольство, которое, однако, управляется правительством и армией; - нестабильная политическая ситуация, когда повстанцам удается свергнуть правительство. В похожей модели, представленной в [25], реализуя сценарии мятежа, автор получил следующие результаты, сопоставимые с последствиями “Арабской весны”, прокатившейся по ближневосточным странам в 2011 г.: 1. Все недовольные граждане становятся революционерами, которые действуют организованно и согласованно; уничтожены более 80% военных; революция завершена и правительство свергнуто (Тунис). 2. Уничтожены более 40% военных: революция приводит к анархии (Сирия, Ливия). 3. Уничтожен незначительный процент военных, мятеж не удался и режим сохранился (Саудовская Аравия, Бахрейн).

Парадигма и логика агент-ориентированного моделирования позволяет проводить эксперименты с вариативными сценариями с целью получения ответов на исследовательские вопросы по типу “а что, если...”. Результаты, которые могут быть получены с помощью возможностей агент-ориентированного моделирования, представляются значительным преимуществом в аспекте его прикладного значения для гипотетического тестирования в рамках политического анализа.

Примером работы, в которой максимально наглядно демонстрируются

возможности агент-ориентированного моделирования для решения задач данного направления, является модель, представленная коллективом авторов под руководством И. Лустика в [26]. В модели воссоздается общественно-политическая структура Сирии, а также взаимодействие военно-политических сил, действующих в стране. Архитектура агентов, распределенных по территории страны - этнических, религиозных и военных групп, а также ополченцев, представляющих различные военно-политические группировки, состоит из их идентичности (“репертуара”) как базовой логики, а также идентификационной принадлежности как атрибута, который может быть изменен самими агентами в случае необходимости. На каждом шаге агенты, наделенные параметрами “общественного веса”, проверяют соседство и отслеживают сигналы о желательной политической идентичности. Исследователи проводили сложные эксперименты с моделью, связанные с тестированием политических гипотез относительно мероприятий внешнего вмешательства в конфликт, таких как, предоставление финансовой помощи оппозиции и ополченцам, бомбардировки с воздуха, санкции против союзников Б. Асада и т.п., и их влияния на расстановку военно-политических сил в стране, а также, как результата, увеличения (уменьшения) смертности среди гражданского населения.

Особый интерес представляют агент-ориентированные модели, в которых имитируются процессы общественно-политической эволюции, реализуемые через механизмы завоевания власти и смены политического режима. Как правило, в моделях подобного типа агенты имеют сложную архитектуру, а их взаимодействия друг с другом или со средой производятся через процедуру комплексного анализа текущей ситуации с целью поиска наиболее оптимального решения. Возможности агентного подхода используются, в данном контексте, для моделирования сложных взаимовлияющих системных связей “макро” - “микро” по типу “государство - гражданин” и “гражданин - государство”: влияние государственной политики на граждан - их убеждения, поведение и активность, которые, в свою очередь, приводят к определенным последствиям на страновом уровне. Рассмотрим конструктивные особенности трех моделей.

Агент-ориентированная модель общественно-политической эволюции Внутренней Азии [27], созданная коллективом авторов под руководством К. Киоффи-Ревилла (*Cioffi-Revilla C.*) - профессора, бывшего заведующего кафедрой Вычислительной социальной науки, директора Центра вычислительной социологии Университета Джорджа Мейсона (США), является частью проекта, посвященного разработке концептуальной методологии для имитирования общественно-политической динамики с помощью агентного подхода. Авторы работы, проведя ретроспективный анализ общественно-политической эволюции Внутренней Азии (Центральной Евразии), произошедшей в течение пяти тысяч лет, используя диахронические данные и результаты трех археологических изысканий, проведённых в Монгольской степи, создали теоретически обоснованную конструкцию, суть которой заключается в следующем: в имитируемое пространство, привязанное к геоинформационным координатам, с климатическими и др. особенностями территории, встраивается агент-ориентированная модель, представленная структурными элементами общества - домохозяйствами, группировками и т.п., состоящими из агентов-индивидуумов. Каждый прогон модели начинается с активации факторов, запускающих определенные ситуационные изменения, и генерирования сценария, с целью имитирования одного общественно-политического события. Агенты реагируют на него посредством использования подключенных модулей - информационного, принятия решений, коллективных действий, с помощью которых агенты проводят комплексный анализ ситуации и посредством которых устанавливаются характеристики лидерства, разума,

согласованности действий, организованности и т.д. Другой частью конструкции является агент-ориентированная модель, имитирующая механизм политического лидерства, связанный с вождями племён и взаимодействием политических элит; с помощью этой модели можно понять, почему одни общества эволюционируют, развивая государственность, а другие - приходят в упадок. Конструкцию можно использовать как основу для других научных исследований, связанных с разработкой теоретических и методологических концепций в политических, социологических, исторических и археологических науках.

В модели политической культуры, описанной в [28] происходит взаимодействие агентов трех типов: - агентов-граждан; - акторов, представляющих социальные институты; - культурных агентов, представляющих культурные ценности и политические убеждения граждан. Архитектура модели представлена тремя частями: - базовой (базовые потребности агентов-граждан, такие как, питание, отдых, репродукция); - социальной (межличностные взаимоотношения); - культурной (существующий политический режим). В конструкцию модели включены механизмы, запускающие общественно-политические процессы, производящие определенные культурологические контексты. Модель прогонялась в соответствии с тремя сценариями: - возникновение коррупции как явления, проявляющегося на макроуровне; - формирование сетей доверия, порожденных изменением политического отношения агентов-граждан к государству; - появление сетей покровителей, порожденных динамично снижающимся уровнем доверия к политическим институтам в стране.

На микроуровне взаимодействия агентов-граждан с культурными (политическими) агентами показывают, насколько отдельный гражданин “держит” убеждение, “оценивает” его значение или “соответствует” общественным нормам. На макроуровне акторы (институты) взаимодействуют с культурными (политическими) агентами и их взаимодействия могут привести к нисходящим связям, влияющим на поведение агентов-граждан на микроуровне. Результаты индивидуальных взаимодействий, проявляясь на макроуровне, связаны с процессами динамики политической культуры. По мере появления и распространения новых сетей доверия (сетей привилегий) граждане присоединяются к ним, покидая сети доверия к государству. Увеличение размеров сетей привилегий и их изоляция от сетей доверия к государству приводит к изменению отношения граждан к политическому режиму. Эффект может быть описан как сдвиг предпочтений граждан в сторону базовых ценностей на фоне постепенно снижающегося уровня индивидуального доверия к государству. Процесс, в конечном итоге, приводит к смене политического режима. Примером, взятым автором для экспериментов с моделью, являлись политические события в странах Восточной Европы, происходящие в 1989 г. Для воспроизведения условий коммунистического режима моделировались соответствующие условия: централизованная структура государства, неравенство распределения ресурсов и параллельное существование сетей привилегий. Далее автор имитировала процесс смещения общественных ценностей к базовым потребностям наряду с постоянно снижающимся уровнем доверия граждан к государству, что привело к изменению их политических взглядов и, в конечном итоге, смене политического режима.

В модели, представленной в [29], воспроизводятся особенности общественно-политической и организационной структуры Афганистана и стратегия завоевания власти через оппортунистические сети “qawm”- сложные межличностные сети политической, социальной, экономической и военной связей, характеризующиеся сосуществованием множества центров власти. Агенты модели - политики, религиозные лидеры, боевые командиры, бизнесмены, военные, гражданские лица, фермеры, а также группы

организованной преступности, имеют этническую, религиозную и военно-политическую идентичность, и взаимодействуя др. с другом, образуют сложную структуру социальных сетей, которые наделены уровнями (параметрами) авторитета и доверия. Агенты могут прерывать отношения с ненадежными согражданами и искать лучших партнеров. Виртуальное пространство, в пределах которого могут действовать агенты, пропорционально их общественному весу, т.е. политики и военные могут перемещаться дальше остальных. При запуске модели все агенты получают соответствующее количество материальных ресурсов и могут тратить их на проживание или инвестировать, например, в бизнесменов, с целью получения прибыли, или политиков, для получения власти и большего уровня авторитета (доверия). Постепенно, агенты накапливают и перераспределяют социальные и материальные ресурсы в зависимости от их количества, географического положения и качества социальных связей. Чем интенсивнее и продолжительнее взаимоотношения агентов, тем выше уровень авторитета и доверия их социальных сетей: так формируется “qawm” и происходит завоевание власти по-афгански.

В течение последнего десятилетия агентный подход стал весьма популярным для моделирования процессов и явлений, связанных с политическими выборами: динамики предпочтений электората, стратегий избирательных кампаний, влияния избирательных технологий на поведение электората и т.д. Тема политических выборов, включая вопросы явки избирателей и предвыборных технологий, требует применения междисциплинарного подхода, основанного на синтезе нескольких дисциплин в рамках общественного и политического знания для анализа социального контекста избирателей, их психологии и культурного влияния окружения, взаимосвязей избирателей и кандидатов, характера политической конкуренции и т.д. Агентное моделирование служит эффективным инструментом для реализации подобных междисциплинарных исследований.

В большинстве агент-ориентированных моделей, посвященных теме выборов, имитируются взаимодействия и конкуренция политических партий, а также поведение агентов-избирателей, в соответствии с существующими социологическими, политическими и психологическими теориями, и влияние на их выбор внешних факторов - предвыборных кампаний, условий существующей партийной системы в стране, социального окружения избирателей и т.п. Так, например, в модели явки избирателей, представленной в [30], агенты-избиратели обладают следующими индивидуальными характеристиками, влияющими на их явку - гражданская ответственность, наличие предыдущего опыта голосования, политическая мотивированность, уровень образования, социальная активность, а также они наделены способностью развивать социальные связи и принимать решение о голосовании через установление партнерских и дружеских отношений и социальных контактов для обсуждения политических предпочтений. А в модели предвыборных дебатов [31] имитировался динамический процесс формирования дискурсивных (противостоящих) политических агентов и поляризации дебатов посредством включения функции полезности агентов-партий: они, участвуя в публичных дискуссиях, выражают политические мнения, согласующиеся с их предыдущими высказываниями, партийной идеологией, политической линией коалиции, в которую они входят, а также стратегией повестки дня, общей концепцией коалиций, проводимой перед правительством - агентом, действующим как отдельная группа интересов.

В работе [32] воспроизводился процесс формирования политического предпочтения граждан во время выборов. Для этого было разработано пять типов агентов-избирателей с различными “психотипами” - от крайних консерваторов и

либералов до умеренных, наделенных разнообразными “узлами” - политическими темами, наиболее близкими для них, границами политических тем, отображающими важность темы, а также линиями связи, толщина которых отражает степень связи кандидатов с различными темами. Эксперименты модели проводились таким образом, чтобы продемонстрировать, как агенты пяти типов обрабатывают информацию. Для этого запускался механизм, связанный с режимом обработки информации в реальном времени и извлечении информации из долговременной памяти. Для того, чтобы исследовать силу воздействия на выбор избирателей двух информационных элементов, были получены оценки партий (кандидатов) агентами дважды: после обработки базовой информации о кандидате до начала кампании и после воздействия информационного потока предвыборной кампании.

В модели влияния эмоционального фона предвыборной программы (агитации) на исход выборов, состоявшихся в Польше в период с 2005 по 2015 гг. [33], политические взгляды и мнения агентов-избирателей подвергаются информационному и эмоциональному воздействию, т.о. в модели изучается динамика двух переменных - информации и эмоций. Состояние агентов может быть стабильным или нестабильным (противоречивым), если они подвергаются потоку разноплановой, разнохарактерной информации; состояние агентов представлено двумя параметрами, отвечающими за эмоции - спокойным и подверженным агитации, и тремя параметрами, отвечающими за информационное восприятие - “за”, “против”, “нейтрально”. Экспериментируя с моделью, автор продемонстрировал, как различия, существующие в эмоциональном фоне избирателей по отношению к двум главным политическим силам в стране, позволяют внезапно появившейся третьей политической фигуре быстро захватить часть электората одной из двух партий, в то время как другая партия осталась невосприимчивой к подобному вмешательству.

Рассмотрим агент-ориентированные модели политической конкуренции. В модели анализа предвыборной ситуации в Нидерландах, сложившейся с 1998 по 2002 гг. [34], имитируется взаимодействие двух типов агентов - избирателей и кандидатов (представителей партий). Агенты занимают ряд однозначных позиций по каждому политическому вопросу, например, связанному с повышением налогов или принятием иммигрантов. Агенты-избиратели наделены возможностью менять свои политические предпочтения, а агенты-партии знают о результатах последних социологических опросов и следуют логике “максимизации голосов”: они могут корректировать свои позиции, с учетом мнения избирателей, но в то же время, должны сохранить идеологию партии. На выбор агентов-избирателей также могут повлиять СМИ: степень проникновения информации о позициях партий определяется количеством внимания со стороны СМИ партиям, т.о. агенты-кандидаты с недостаточными параметрами внимания со стороны СМИ не способны полностью реализовать свой электоральный потенциал. Прогнозы модели строились в соответствии с реализацией сценариев поведения агентов-партий, связанных с методом корректировки их политической позиции с целью набрать максимально возможное количество голосов: - не менять свою позицию; - корректировать позицию, ориентируясь на “медианного избирателя” из сторонников партии; - следовать предшествующему опыту, и в случае, если голоса избирателей снизились по сравнению с прошлыми опросами, корректировать позицию (самый “жадный” тип агентов-кандидатов). Эксперименты с моделью проводились с целью анализа механизмов конкуренции политических партий.

Иванов В.Г.- доктор политических наук, доцент кафедры сравнительной политологии факультета гуманитарных и социальных наук Российского университета дружбы народов, моделирует, с помощью агент-ориентированного подхода,

особенности конкурентной борьбы на политической арене России. В первой части работы он описал агент-ориентированную модель эволюции партийной системы РФ [35], в которой исследовалось влияние динамических количественных характеристик российской партийной системы, институциональных “правил игры” и различных сценариев партийной конкуренции на равномерность распределения голосов. В модели три типа агентов (политических партий): “лидеры”, “претенденты” и “спойлеры”, движутся в ячеистом пространстве, разделенном на “зоны недовольства” и “зоны лояльности”, захватывая клетки, т.е. забирая определенный процент избирателей, при этом, агенты-спойлеры не стремятся к победе, а помогают агентам-лидерам, преследуя и нейтрализуя агентов-претендентов, посредством активации механизма “задавить числом”. В модели возможно устанавливать уровень поддержки партий и варьировать уровень консолидации агентов-претендентов, а также экспериментировать со стратегиями поведения агентов через активацию соответствующих режимов. Автор имитировал сценарий партийной конкуренции на выборах в Государственную Думу по спискам 2-6 созывов, а затем апробировал несколько гипотетических сценариев в вариативных условиях: - отказ от политических реформ в 2012 г. при снижении доверия к партии “Единая Россия”; - сохранение “полупартийной” системы, когда реальные претенденты теряются на фоне многочисленных спойлеров; - власть поощряет добросовестную конкуренцию между партиями. Эксперименты с моделью имитируют ситуацию, сложившуюся на политической арене РФ, к которой ближе всего второй сценарий, в то время как для создания сбалансированной партийной системы необходима реализация третьего сценария. Автор приходит к выводу, что правящая элита не заинтересована в усилении партийной конкуренции, стремясь удержать ее на комфортном уровне для центристской партии власти - “Единой России”.

Во второй части работы Иванов В.Г. представил модель, в которой имитируется разнообразие идеологических программ политических партий в России с целью прогнозирования вариативных сценариев конкуренции идеологических платформ [36]. В ячеистом пространстве модели агенты с индивидуальными параметрами, представляющими четыре типа идеологических программ - “левые”, “правые”, “либерал” и “государственник”, начинают притягивать избирателей, захватывая клетки. Агенты наделяются также показателями “ресурсного потенциала” или радиусов зоны влияния, а также скоростью перемещения. В случае активации режима “Партия власти”, один из агентов получает значительное преимущество перед другими в ресурсном потенциале.

Клетки пространства - избиратели; они неподвижны и принимают идеологию партии, способной первой предложить им программу, которая должна набрать минимальную сумму баллов, установленную для каждого избирателя. Для реализации этого условия выполняется следующий принцип: более радикальные партии получают высокие значения соответствующих переменных и нулевые значения противоположных, а центристские партии - средние значения большего числа переменных. Например, для моделирования существующей партийной системы в России, для агента - ”КПРФ” устанавливались значения “левый” и “государственник” выше средних, но при этом, нулевые значения др. переменных, а для агента “Единая Россия” - средние значения переменных “правый”, “либерал”, высокое - “государственник”, а кроме того, устанавливалось заметное преимущество в “ресурсном потенциале”. Эксперименты с моделью продемонстрировали, что существующие на политической арене РФ условия, способствуют уверенной победе партии власти - “Единой России”, при этом, в российском обществе сохраняется востребованность активной и реально оппозиционной “левой” партии, а также заметен спрос на небутафорские “либеральные” и “правые”

партии. Автор модели имитировал также ситуацию острого общественного недовольства, поместив большинство избирателей в левый сектор политического поля, тем не менее, в существующей конфигурации, когда “партия власти” - в центре, “Справедливая Россия” и “КПРФ” на левом фронте, “ЛДПР” - на правом, “Единая Россия”, все равно, получит на выборах минимум 40% голосов. Сценарий “разморозки” партийной системы, при котором увеличивается число основных партий с четырех до восьми, но при этом, сохраняется центристская партия, снова демонстрирует ее превосходство над другими партиями. Таким образом, автор приходит к выводу, что существующая схема расстановки политических сил в России носит искусственно созданный характер.

Отдельной темой, которую вкратце затронем в рамках изучаемого в настоящей статье вопроса, является экономическая политика как комплекс мер, осуществляемых государством для достижения общественных интересов, связанных с повышением благосостояния граждан и развитием страны посредством решения определенных социально-экономических задач. В настоящее время агентное моделирование успешно используется как инструмент апробации разнообразных стратегий экономического развития, а также регионального управления. С начала 2000-х гг., благодаря использованию агентного метода имитационного моделирования, произошел новый, качественный скачок в развитии ситуационного подхода управления, воплощенного в сочетании способностей человеческого мышления, преимуществ искусственного интеллекта, а также возможностей информационных технологий и вычислительной техники. Большинство разработанных в России систем поддержки принятия решений (СППР), построенных на базе агент-ориентированных и мультиагентных моделей, применяются для разнообразных нужд и целей государственного управления и регулирования. О СППР, построенных с использованием агентных технологий, с целью решения широкого спектра управленческих задач, а также их конструктивных и концептуальных особенностях, можно прочесть в обзорной статье [37]. Здесь рассмотрим архитектуру СППР государственной политики применительно к вопросам управления административно-территориальными единицами, которая строится на апробации вариативных стратегий регионального развития, прежде всего, социально-экономического, и выбора наиболее оптимального из возможных.

В моделях, представленных в [38] и [39], имитируется социально-экономическая структура муниципальных образований, образующих области и регионы. Агентами моделей являются граждане, наделенные характеристиками возраста, образования, трудового стажа, а также предприятия (организации), с характеристиками трудового потенциала, фондов и финансовых средств. Агенты действуют в соответствии с их логикой поведения, выраженной в целевых функциях: граждане учатся или зарабатывают и потребляют, а предприятия производят продукцию или услуги, выплачивают зарплаты и налоги, а также получают прибыль. Взаимодействие агентов происходит в условиях внешней среды, которые оказывают влияние на агентов: налоговая нагрузка, состояние инфраструктуры, социальные учреждения, спрос на продукцию. С помощью агрегирования показателей моделей на муниципальном уровне, можно получать региональные и областные данные. Модели, предложенные их авторами как СППР для апробации государственной экономической политики, позволяют тестировать стратегии управления бюджетами муниципального и регионального уровня, отслеживая их влияние на занятость населения, демографическую динамику, жилищные условия, благосостояние граждан и уровень удовлетворенности населения.

В работе [40] имитируется влияние государства на экономику страны путем

внедрения в агент-ориентированную многорегиональную модель “затраты-выпуск” нового типа агентов: федерального и региональных правительств, пенсионного фонда, а также государственных предприятий. Деятельность данных агентов связана с установлением четырех видов налогов, обеспечением населения общественными товарами и предоставлением социальных трансфертов - пособий, и т.п. Эксперименты с моделью связаны с поиском оптимальной государственной налоговой политики, при которой максимизируется функция общественного благосостояния.

### **Заключение и выводы**

Представленный в настоящей статье обзор агент-ориентированных моделей, в которых воспроизводятся устройство и процесс эволюции общественно-политических систем, динамика международных отношений и социально-политических явлений, а также проведенный анализ концептуальных и конструктивных особенностей рассмотренных моделей, демонстрируют возможности агентного подхода и преимущества его использования для имитационного моделирования в области политических наук:

- агентные технологии позволяют практически с реалистичной точностью воспроизводить сложные взаимодействия “политических субъектов” в виртуальной среде, имитирующей устройство общественно-политических систем и условия их функционирования, а также тестировать многовариантные гипотетические сценарии в рамках выполнения политического анализа;
- агентный подход позволяет создать эффективный инструмент для изучения сложных системных процессов, протекающих в общественно-политических институтах, через моделирование взаимосвязанных и взаимовлияющих отношений множества социальных и политических агентов по типу “гражданин - государство” и “государство - гражданин”: таким образом, возможно отслеживать эволюцию и динамику общественно-политических систем как результата и последствий определенных действий автономных агентов, т.е. моделировать общественно-политические процессы “снизу-вверх”;
- интеллектуальные способности агентов, наделенных сложной архитектурой, наборами атрибутов и идентичностей, позволяют максимально правдоподобно имитировать поведение “политических субъектов”, которые реагируют на действия других “субъектов”, а также на изменения внешних условий и воздействий: агенты способны обрабатывать информацию и действовать рационально, в соответствии с текущими условиями среды, кроме того, агенты могут учиться и кооперироваться с другими агентами для достижения цели и решения сложных задач;
- моделирование на основе агентной парадигмы предоставляет широкие возможности для реализации междисциплинарного подхода в научно-исследовательских проектах, основанного на синтезе нескольких дисциплин в рамках общественного и политического знания.

Перечисленные возможности и преимущества агентного моделирования предопределили стремительное развитие данного метода имитационного моделирования в течение последних десятилетий как эффективного инструмента для социального моделирования, и в частности, его практического применения в области политического знания. Краткая история практического применения агентного моделирования в области

политических наук, а также проведенный анализ моделей, созданных видными учеными, начиная с 1970-х гг., показывает важность задачи корректной интерпретации политических, социологических и психологических научных теорий, используемых как теоретическая основа для построения поведенческих алгоритмов агентов и сценариев общественно-политических событий.

На наш взгляд, перспективы практического применения агент-ориентированного моделирования в области политических наук связаны с созданием эффективных инструментов для анализа поведения социума и каждого его отдельного индивидуума посредством имитирования крупномасштабных и полномасштабных общественно-политических систем, а также международных процессов и социально-политических конфликтов, протекающих в мировых масштабах, в которых могут воспроизводиться сложные взаимодействия сотни миллионов агентов. Данная задача требует многократного увеличения производительности имитационных моделей, решению которой способствует переход к параллельным вычислениям, использованию специализированного программного обеспечения и возможностей современных суперкомпьютерных технологий. Высокодетализированные крупномасштабные и полномасштабные модели, построенные при помощи агентного подхода, могут служить базовой компонентой систем поддержки принятия решений в области политического анализа и прогнозирования, и реализовываться в режиме реального времени на мощных суперкомпьютерах. Агент-ориентированное моделирование и суперкомпьютерные технологии могут способствовать воплощению в жизнь мечты многих ученых - научиться объяснять общественно-политические явления и процессы на основе поведения человека и социальных групп.

*Работа выполнена при поддержке РНФ в рамках гранта 19-18-00240  
“Суперкомпьютерные технологии в общественных науках”*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. *Социальное моделирование - новый компьютерный прорыв. Агент-ориентированные модели.* - М. : Экономика, 2013;:295.
2. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. Мультиагентные системы и суперкомпьютерные технологии в общественных науках. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* 2017;5:3-18.
3. Дегтерев Д.А. Распространение культурных норм и ценностей: агентное моделирование. *Вестник РУДН.* 2016;16(1):141-152.
4. Schelling T. Dynamic Models of Segregation. *Journal of Mathematical Sociology.* 1971; 1(2):143-186.
5. Шеллинг Т. *Микромотивы и макровыбор.* - М.: Издательство Института Гайдара, 2016;:344.
6. Anastasopoulos L. *An agent-based model simulating political migration and geographic polarization.* WP. 2014; Harvard University: 25.
7. Axelrod R. *The complexity of cooperation: agent-based models of competition and collaboration.* Princeton: Princeton University Press. 1997;:248.
8. Axelrod R. *The evolution of cooperation.* N.Y.: Basic Books. 2006;:256.
9. Ring J. The diffusion of norms in the international system. *PhD thesis. Iowa City: University*

- of Iowa*. 2014. [Online]. Available at: <http://ir.uiowa.edu/etd/1386>
10. Lustick I. Agent-based modeling of collective identity: testing constructivist theory. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2000;3(1).
  11. Lustick, I. Page in JASSS. Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/14/1/7/lustick.html>
  12. Lustick, I. Political Science Department of University of Pennsylvania. International Relationship. Available at: <https://www.sas.upenn.edu/polisci/people/standing-faculty/ian-lustick>
  13. Lustick I., Miodownik D. Deliberative democracy and public discourse: the agent-based argument repertoire model. *Complexity*. 2000;5:13-30.
  14. Lustick I. PS-I: a user-friendly agent-based modeling platform for testing theories of political identity and political stability. *JASSS*. 2002;5(3). Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/3/7.html>
  15. Taylor G., Frederiksen R., Vane R.R., Waltz E. Agent-based simulation of geo-political conflict. *Proc. of the 19th Nat. Conf. on Artificial Intelligence, Conf. on Innovative Applications of Artificial Intelligence: San Jose, USA*. 2004:884-891.
  16. Cederman L.-E. *Emergent actors in world politic*. Princeton: 1997. Princeton Univ. Press: 290.
  17. Cederman L.-E. Endogenizing geopolitical boundaries with agent-based modeling. *Proc. of Nat. Acad. Sciences. USA*. 2002;99(3):7296-7303.
  18. Cederman L.-E. Modeling the size of wars: from billiard balls to sandpiles. *American Political Sciences Review*. 2003;97(1):135-150.
  19. Walbert H.J., Caton J.L., Norgaard J.R. Countries as agents in a global-scale computational model. *JASSS*. 2018;21(3)4. DOI: 10.18564/jasss.3717
  20. Cederman L.-E., Girardin L. Toward realistic computational models of civil wars. *Presentation at the Annual Meeting of the American Political Sciences. Association: Chicago*. 2007;:25.
  21. Epstein J.M. Modeling civil violence: an agent-based computational approach. *PNAS*. 2002;99(3):7243-7250.
  22. Moro A. Why are contemporary political revolutions leaderless? An agent-based explanation. *Advances in Practical Applicat. of Agents, Multi-Agent Systems, and Sustainability*. 2015:165-174.
  23. Bhavnani R., Backer D. Localized ethnic conflict and genocide: accounting for differences in Rwanda and Burundi. *Journal of Conflict Resolution*. 2000;44(03):283-306.
  24. Cioffi-Revilla C., Rouleau M. Mason Rebeland: an agent-based model of politics, environment and Insurgency. *International Studies Review*. 2010;12(01):31-52.
  25. Moro A. Understanding the dynamics of violent political revolutions in an agent-based framework. *PLoS ONE*. 2016;11(4): e0154175. doi:10.1371/journal.pone.0154175
  26. Lustick I.S., Garces M., McCauley T. An agent-based model of counterfactual opportunities for reducing atrocities in Syria, 2011-2014. *Series of Occasional Papers. Simon-Skjodt Center for the Prevention of Genocide*. 2017;:51.
  27. Cioffi-Revilla C. et al. Agent-based modeling simulation of social adaptation and long-term change in Inner Asia. *Proc. of The First World Congress in Social Simulation: Tokyo*. 2007. DOI: 10.1007/978-4-431-73167-2\_18
  28. Voinea C.A. On mechanism, process and polity: an agent-based modeling and simulation approach. *European Quarterly of Political Attitudes and Mentalities*. 2014;3(3):15-45.
  29. Geller A., Moss S. Growing QAWM: an evidence-driven declarative model of Afghan

- power structures. *Advances in Complex Systems*. 2008;11(2):321-335.
30. Fieldhouse E., Lessard-Phillips L., Edmonds B. Cascade or echo chamber? A complex agent-based simulation of voter turnout. *Party Politics*. 2016;22(2):241-256.
  31. Leifeld P. Polarization of coalitions in an agent-based model of political discourse. *Computational Social Networks*. 2014;1(7): p. 22.
  32. Kim S-Y. A Model of political judgment: an agent-based simulation of candidate evaluation. *JASSS*. 2011. DOI: 10.18564/jasss.1756
  33. Sobkowicz P. Quantitative agent-based model of opinion dynamics: Polish elections of 2015. *Plos*. 2016. Available at. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0155098>
  34. Muis J. Simulating political stability and change in the Netherlands (1998-2002): an agent-based model of party competition with media effects empirically tested. *JASSS*. 2009. DOI: 10.18564/jasss.1482
  35. Иванов В.Г. Агентное моделирование эволюции партийной системы РФ на основе распределений Парето и Хотеллинга. Часть I. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Политология*. 2014;4:58-77.
  36. Иванов В.Г. Агентное моделирование эволюции партийной системы РФ на основе распределений Парето и Хотеллинга. Часть II. *Вестник РУДН. Серия: Политология*. 2015;1:5-24.
  37. Агеева А.Ф. Обзор современных систем принятия решений, созданных при помощи агентного подхода. *Электронные информационные системы*. 2018;4(19):29-46.
  38. Сушко Е.Д. Мультиагентная модель региона: концепция, конструкция и реализация. Препринт # WP/2012/292. М.: ЦЭМИ РАН.
  39. Клебанов Б.И., Москалев И.М., Бегунов Н.А., Крицкий А.В. Мультиагентная имитационная модель муниципального образования. *Имитационное моделирование. Теория и практика: сб. докладов третьей Всерос. научно-практической конф.: СПб. ЦНИИТС*. 2007;2:86-90.
  40. Суслов В.И., Новикова Т.С., Цыплаков А.А. Моделирование роли государства в пространственной агент-ориентированной модели. *Экономика региона*. 2016;2(3): 951-965.

## REFERENCES

1. Makarov V.L., Bakhtizin A.R. *Sotsial'noe modelirovanie - novyy komp'yuternyy proryv. Agent-orientirovannyye modeli*. - М. : Экономика, 2013:295.
2. Makarov V.L., Bakhtizin A. R., Sushko E.D. Mul'tiagentnyye sistemy i superkomp'yuternyye tekhnologii v obshchestvennykh naukakh. *Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye*. 2017;5:3-18.
3. Degtarev D.A. Rasprostraneniye kul'turnykh norm i tsennostey: agentnoye modelirovanie. *Vestnik RUDN*. 2016;16(1):141-152.
4. Schelling T. Dynamic Models of Segregation. *Journal of Mathematical Sociology*. 1971; 1(2):143-186.
5. Shelling T. *Mikromotivy i makrovybor*. - М.: Izdatel'stvo Instituta Gaydara, 2016:344.
6. Anastasopoulos L. *An agent-based model simulating political migration and geographic polarization*. WP. 2014; Harvard University: 25.

7. Axelrod R. The complexity of cooperation: agent-based models of competition and collaboration. *Princeton: Princeton University Press*. 1997;:248.
8. Axelrod R. The evolution of cooperation. *N.Y.: Basic Books*. 2006;:256.
9. Ring J. The diffusion of norms in the international system. *PhD thesis. Iowa City: University of Iowa*. 2014. Available at: <http://ir.uiowa.edu/etd/1386>
10. Lustick I. Agent-based modeling of collective identity: testing constructivist theory. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2000;3(1).
11. Lustick, I. Page in JASSS. Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/14/1/7/lustick.html>
12. Lustick, I. Political Science Department of University of Pennsylvania. International Relationship. Available at: <https://www.sas.upenn.edu/polisci/people/standing-faculty/ian-lustick>
13. Lustick I., Miodownik D. Deliberative democracy and public discourse: the agent-based argument repertoire model. *Complexity*. 2000;5:13-30.
14. Lustick I. PS-I: a user-friendly agent-based modeling platform for testing theories of political identity and political stability. *JASSS*. 2002;5(3). Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/3/7.html>
15. Taylor G., Frederiksen R., Vane R.R., Waltz E. Agent-based simulation of geo-political conflict. *Proc. of the 19th Nat. Conf. on Artificial Intelligence, Conf. on Innovative Applications of Artificial Intelligence: San Jose, USA*. 2004:884-891.
16. Cederman L.-E. Emergent actors in world politic. *Princeton.: Princeton Univ*. 1997:290.
17. Cederman L.-E. Endogenizing geopolitical boundaries with agent-based modeling. *Proc. of Nat. Acad. Sciences. USA*. 2002;99(3):7296-7303.
18. Cederman L.-E. Modeling the size of wars: from billiard balls to sandpiles. *American Political Sciences Review*. 2003;97(1):135-150.
19. Walbert H.J., Caton J.L., Norgaard J.R. Countries as agents in a global-scale computational model. *JASSS*. 2018;21(3):4. DOI: 10.18564/jasss.3717
20. Cederman L.-E., Girardin L. Toward realistic computational models of civil wars. *Presentation at the Annual Meeting of the American Political Sciences. Association: Chicago*. 2007:25.
21. Epstein J.M. Modeling civil violence: an agent-based computational approach. *PNAS*. 2002;99(3):7243-7250.
22. Moro A. Why are contemporary political revolutions leaderless? An agent-based explanation. *Advances in Practical Applicat. of Agents, Multi-Agent Systems, and Sustainability*. 2015:165-174.
23. Bhavnani R., Backer D. Localized ethnic conflict and genocide: accounting for differences in Rwanda and Burundi. *Journal of Conflict Resolution*. 2000;44(03):283-306.
24. Cioffi-Revilla C., Rouleau M. Mason Rebeland: an agent-based model of politics, environment and Insurgency. *International Studies Review*. 2010;12(01):31-52.
25. Moro A. Understanding the dynamics of violent political revolutions in an agent-based framework. *PLoS ONE*. 2016;11(4): e0154175. doi:10.1371/journal.pone.0154175
26. Lustick I.S., Garces M., McCauley T. An agent-based model of counterfactual opportunities for reducing atrocities in Syria, 2011-2014. *Series of Occasional Papers. Simon-Skjodt Center for the Prevention of Genocide*. 2017;:51.
27. Cioffi-Revilla C. et al. Agent-based modeling simulation of social adaptation and long-term change in Inner Asia. *Proc. of The First World Congress in Social Simulation: Tokyo*. 2007. DOI: 10.1007/978-4-431-73167-2\_18

28. Voinea C.A. On mechanism, process and polity: an agent-based modeling and simulation approach. *European Quarterly of Political Attitudes and Mentalities*. 2014;3(3):15-45.
29. Geller A., Moss S. Growing QAWM: an evidence-driven declarative model of Afghan power structures. *Advances in Complex Systems*. 2008;11(2):321-335.
30. Fieldhouse E., Lessard-Phillips L., Edmonds B. Cascade or echo chamber? A complex agent-based simulation of voter turnout. *Party Politics*. 2016;22(2):241-256.
31. Leifeld P. Polarization of coalitions in an agent-based model of political discourse. *Computational Social Networks*. 2014;1(7):22.
32. Kim S-Y. A Model of political judgment: an agent-based simulation of candidate evaluation. *JASSS*. 2011. DOI: 10.18564/jasss.1756
33. Sobkowicz P. Quantitative agent-based model of opinion dynamics: Polish elections of 2015. *Plos*. 2016. Available at: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0155098>
34. Muis J. Simulating political stability and change in the Netherlands (1998-2002): an agent-based model of party competition with media effects empirically tested. *JASSS*. 2009. DOI: 10.18564/jasss.1482
35. Ivanov V.G. Agentnoe modelirovanie evolyutsii partiynoy sistemy RF na osnove raspredeleniy Pareto i Khotellinga. Chast' I. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Politologiya*. 2014;4:58-77.
36. Ivanov V.G. Agentnoe modelirovanie evolyutsii partiynoy sistemy RF na osnove raspredeleniy Pareto i Khotellinga. Chast' II. *Vestnik RUDN. Seriya: Politologiya*. 2015;1: 5-24.
37. Ageeva A.F. Obzor sovremennykh sistem prinyatiya resheniy, sozdannykh pri pomoshchi agentnogo podkhoda. *Elektronnye informatsionnye sistemy*. 2018;4(19):29-46.
38. Sushko E.D. Mul'tiagentnaya model' regiona: kontseptsiya, konstruktsiya i realizatsiya. Preprint # WP/2012/292. M.: TsEMI RAN.
39. Klebanov B.I., Moskalev I.M., Begunov N.A., Kritskiy A.V. Mul'tiagentnaya imitatsionnaya model' munitsipalnogo obrazovaniya. *Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika: sb. dokladov tret'ey Vseros. nauchno-prakticheskoy konf.: Spb. TsNIITS*. 2007;2:86-90.
40. Suslov V.I., Novikova T.S., Tsyplakov A.A. Modelirovanie roli gosudarstva v prostranstvennoy agent-orientirovannoy modeli. *Ekonomika regiona*. 2016;12(3):951-965.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Алина Фагимовна Агеева** кандидат архитектуры, ведущий инженер Лаборатории компьютерного моделирования социально-экономических процессов Центральный экономико-математический институт Российской Академии Наук, Москва, Российская Федерация  
ORCID: 0000-0003-4902-1489

**Alina F. Ageeva** PhD, Advanced Engineer of Laboratory of Computer Modeling of Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation