



Artificial societies. 2013-2020

ISSN 2077-5180

URL - <http://artsoc.jes.su>

All right reserved

Issue 3-4 Volume 12. 2017

Philosophical and methodological basis of agent-based modeling

R. Ramazanov

*Full-time graduate student majoring in Bashkir state University.
Russian Federation, Ufa*

Abstract

Background. The agent-based approach in socio-economic sciences began to be actively applied in the early 90's, when the development of computer technologies allowed the implementation of complex computable models. Despite the fact that agent modeling continues to actively gain popularity, a detailed analysis of the genesis of the methodology has not been made. The purpose of this work is to investigate the philosophical and methodological foundations of agent-based modeling. Achieving this goal will allow us to better understand the limits of applicability and the possibilities of this methodology. Materials and methods. The research is based on a historical outline of the ideas that constitute the conceptual core of the methodology of the agent approach. Among them are separate provisions of philosophy, sociology, statistics and some sections of physics. Results and conclusions. The worldview of mechanism that arose from Newtonian mechanics gave rise to a new view of the structure of the universe. The thinkers of the New Age became convinced preachers of the ideas of the fundamental knowledge of the world. Under the influence of natural sciences, scientists began to notice patterns not only in manifestations of nature, but also in public life. A new worldview has been reflected in numerous attempts to create consistent theories of the social system, based on the principles of scientific and rationality. Based on the ancient Greek concept of atomism and the distribution laws discovered in statistics, a kinetic theory of gases was constructed, from which a new section of theoretical physics, statistical mechanics, will be born. Theoretical constructions in statistical mechanics are carried out on the "bottom-up" principle, when the phenomena of matter manifesting at the macrolevel are explained through the definition of the rules of action and interaction of its elements (molecules and atoms). It is this principle that formed the basis of the methodology of agent modeling.

Keywords list (en): imitating modeling, agent-based modeling, agent, statistics, sociology, economics

Date of publication: 30.12.2017

Acknowledgment:

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-06-00532а.

Citation link:

Ramazanov R. Philosophical and methodological basis of agent-based modeling // Artificial societies. 2017. V. 12. Issue 3-4 [Electronic resource]. Access for registered users. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800000106-5-1/> (circulation date: 20.02.2020). DOI: 10.18254/S0000106-5-1

1 **Введение**

2 После утверждения новой гелиоцентрической модели Николая Коперника, экспериментальной галилеевской физики и ньютоновской механики в Западной Европе восторжествовал механистический взгляд на мир. Открытие Коперника нанесло удар по схоластическому мировоззрению. Гелиоцентризм вступил в жесткое противостояние с возведенной в канон церковниками геоцентрической моделью Птолемея. Система Коперника, позволяющая проще и точнее предсказывать движение небесных тел, дала новый импульс развитию натурфилософии. Галилей, обосновав несостоятельность некоторых положений аристотелевской механики, в очередной раз пошатнул устои католической догматики, которая использовала в качестве доказательного инструментария концепции древнегреческого философа. Итальянский ученый первым указал на существование такого неочевидного свойства физических тел, как инерция. До него господствовало убеждение, что причиной всякого движения является внешняя сила [1]. Он доказывал, что движущееся тело, не встречающее на своем пути препятствий, будет бесконечно долго следовать прямолинейному курсу. Несмотря на кажущуюся тривиальность данного утверждения, оно станет определяющим для возникновения классической механики. Сформулированные в дифференциальной форме законы Ньютона предоставили ключ к решению самых разных задач. Эмпиричность и математичность методологии механики придавали ей статус эталона достоверности (научности). Все мыслители Нового времени стремились строить свои теории по ее образцу: выделять сущностные элементы, определять законы их действия и взаимодействия и выводить из них обоснованные теоретические положения.

3 **1. Философские основания**

4 Адепты механицизма рассматривали мир как огромный часовой механизм, а Бога в нем они метафорически отождествляли с часовщиком, раз возведшим и оставившим свое творение. Механицизм предполагает жесткую детерминированность мира, где одно событие, являясь следствием предшествующих, определяет ход последующих. Рассуждая в подобном ключе, французский математик Пьер-Симон Лаплас отмечает: «Мы можем рассматривать настоящее состояние Вселенной как следствие его прошлого и причину его будущего. Разум, которому в каждый определённый момент времени были бы известны все силы, приводящие природу в движение, и положение всех тел, из которых она состоит, будь он также достаточно обширен, чтобы подвергнуть эти данные анализу, смог бы объять единым законом движение величайших тел Вселенной и мельчайшего атома; для такого разума ничего не было бы неясного, и будущее существовало бы в его глазах точно так же, как прошлое» [2]. Именно в философии механицизма следует искать корни методологии агентного моделирования (АМ) – способа представления и объяснения явлений (объектов и процессов) реального мира.

5 Центральной категорией АМ является понятие агента. Агент – это абстрактный объект – проекция некоторой автономной сущности из реального мира, взятой в интересующей исследователя системе отношений. Под автономностью может пониматься наличие у агента:

- 6 1. «воли» – внутренних факторов подвигающих его к активности;
2. индивидуальных целей, или, говоря в терминах оптимизационного моделирования, индивидуальной целевой функции, условия оптимизации которой могут радикально отличаться от условий оптимизации целевых функций других агентов.

7 Описываемые с помощью АМ явления могут представляться множеством агентов, различающихся по видам, качественным и количественным характеристикам. Предполагается, что агенты взаимодействуют друг с другом по определенным правилам. Из такого взаимодействия рождается так называемое возникающее поведение, известное в теории сложных систем, как эффект эмерджентности. Эмерджентность – это эксклюзивное свойство системы, не присущее ее элементам. Агентный подход стремится дать объяснение сложным явлениям реального мира, основываясь на принципе «снизу-вверх», когда возникающая сложность рассматривается как производная от взаимодействия множественности элементарного [3]. Агентный подход предоставляет возможности для описания практически любых явлений (объектов, процессов) материального мира: от движения молекул газа до поведения людей на рынке. Ограничением применения АМ могут быть соображения целесообразности: существуют другие способы репрезентации объектов, более приспособленные для определенных классов явлений.

8 Упоминание о возникшем в Эпоху Возрождения противостоянии между церковью и натурфилософией было сделано не случайно. Секуляризацию общественной жизни сопровождал процесс либерализации. Церковь стала отодвигаться на второй план, а идея древнегреческого скептика Протагора о человеке как о мере всех вещей заняла центральное место в мировоззрении европейского общества. Принципы индивидуализма и свободы стали аксиоматической базой для нарождающихся общественных наук: социологии и политэкономии. В рамках либерального общества каждый человек рассматривается как свободный рациональный субъект, имеющий свои интересы и устремления. Нельзя не заметить, что такое представление о человеке перекликается с фундаментальной предпосылкой АМ об автономном агенте. Таким образом, здесь мы можем отметить второй идеологический корень агентного моделирования.

9 Одним из первых концепцию АМ в своих теоретических построениях использовал великий английский философ-материалист Томас Гоббс. Разумеется, в эпоху Гоббса методология агентного подхода еще не сложилась, однако нельзя не заметить ее главных черт в его рассуждениях. В своем монументальном труде *Левиафан*, используя строгий механистический метод описания, Гоббс пытается построить непротиворечивую теорию государства.

10 Исходным пунктом рассуждений Гоббса стал человек. Каждый индивид в его теории представлялся, как следующий инерции («универсальному закону природы») автомат. Естественным стремлением человека является избегание смерти. Каждый от рождения наделен потребностью в получении пищи. Подобно камню, брошенному на землю, человек следует инерции своих «желаний» и «отвращений». В теории Гоббса не нашлось места для проявления свободы воли. В этом смысле он был последовательным детерминистом. Человеческая личность в его схеме являлась всего лишь марионеткой, управляемой своеобразными пружинками, в качестве каковых выступали законы природы. Главной характеристикой гоббсовского индивида является «естественное могущество», к которому

относится сила, благоразумие, дар красноречия. Опираясь на «могущество» человек защищает свое благополучие, стремится максимально развить производное от «естественного» «инструментальное могущество» в виде друзей, богатства и репутации. В таком обществе с неизбежностью устанавливается тираническая власть нескольких человек, обладающих наибольшим могуществом. «Общей склонностью всех людей я считаю, – писал Гоббс, – вечное и беспрестанное желание все большей и большей власти, желание, прекращающееся лишь со смертью. И причиной этого не всегда является надежда человека на более интенсивное наслаждение, чем уже достигнутое им, или невозможность для него удовлетвориться меньшей властью; такой причиной бывает и невозможность обеспечить ту власть и те средства к благополучию, которыми человек обладает в данную минуту, без обретения большей власти» [4, с.161]. В такой ситуации «невозможно создать ни промышленность, ни культуру, ни какое-то знание об окружающем мире, ни письменность, искусство или общество». «Хуже всего то, что человека в этих условиях ожидают лишь постоянный страх и угроза насильственной смерти. Жизнь человека становится одинокой, бедной мрачной и короткой» [4, с.186].

11 В поисках рецепта против такого социального фатализма Гоббс вводит в свою теорию два фундаментальных постулата – «естественных закона». Согласно первому постулату, каждый человек по своей природе не ищет активной вражды. Он лишь стремится как можно надежнее обезопасить себя. Противостояние становится естественным следствием стремления индивидов к власти как к средству защиты. Второй постулат Гоббса гласит, что в случае общественного согласия, для установления всеобщего благоденствия каждый человек готов отказаться от части прав и «довольствоваться той степенью свободы по отношению к другим людям, которую он допустил бы у других людей по отношению к себе».

12 Гоббс полагает, что выход из вечной войны всех против всех можно найти через решение уравнения, членами которого выступают эти «естественные законы». «Единственный путь создания общей силы состоит в том, что люди в целях сохранения общего мира и безопасности объединятся в одном лице, называемом государством, передавая ему свои права и возможности... Это больше чем согласие или единодушие... Множество людей объединенных в одной личности, порождает того великого Левиафана или, выражаясь более почтительно, того смертного бога, которому под владычеством бессмертного Бога обязаны своим миром и своей защитой».

13 Если представить теорию Гоббса в терминах АМ, агентами в ней будут люди, движимые естественными законами инерции: «желаниями» и «отвращениями». Возникающим поведением при реализации такой модели должно стать деспотическое господство нескольких индивидов, обладающих наибольшим могуществом над всеми остальными. От утопических теорий эпохи Возрождения концепция гоббсовского Левиафана выгодно отличается чертами научности и строгостью рассуждений.

14 **2. Статистические основания**

15 Если механистический детерминизм является философским базисом агентного подхода, сама методология долгое время вызревала в недрах физики, теории вероятностей и статистики. Применение вероятностных концепций к объяснению социальных явлений стало важным шагом на пути развития гуманитарного знания. Позволяя снять предпосылку жесткой детерминированности человеческого бытия, вероятностный фактор освобождает в безжизненной механистической картине мира место для проявления свободы воли человека. Для начала покажем, как в вероятностных дисциплинах формировался количественный подход к человеку. Данный процесс важен для нас, как начало концептуализации цифрового индивида, который в рамках АМ получит категориальное воплощение агента.

16 В 1660-х годах английский ученый Джон Граунт провел первое статистическое исследование смертности населения Лондона. На основе собранных данных он пытался построить теорию предупреждения возникновения и распространения бубонной чумы [5]. На страницах своего исследования Граунт обращается с риторическим вопросом к читателям: как можно управлять государством и устанавливать общественные законы, не имея представлений о количестве людей к которым они предписываются? Дело Граунта продолжает его знаменитый друг Уильям Петти. Основоположник политэкономии первым стал использовать в выработке политических предложений статистические данные. Сверхрациональный и циничный подход Петти игнорировал ценность человеческой жизни. Возможно, именно по этой причине его политические предложения часто игнорировались властью. Заметим, что инициатива Граунта и Петти являлась не новой [6]. Еще в древнеиндийских законах Ману правителями предписывался учет жителей провинций. Однако их мотивы объяснялись больше бюрократическими целями контроля выплат подушевых податей, а не изучением положения дел в обществе для выработки рациональных управленческих решений.

17 Вместе с модой на соби́рание «социальных чисел», росло количество исследований, в которых отмечались удивительные закономерности. Например, многих поражало постоянство примерного совпадения числа мальчиков и девочек среди новорожденных. Одни видели в этом божий промысел, другие говорили о проявлениях универсальных законов природы. После публикации работ бельгийского астронома Адольфа Кетле по социальной физике, статистика приобрела популярность во всей Европе. Ученому удалось объединить все передовые идеи своего времени: от механики до политической теорий и статистики. Кетле так же, как и Гоббс, пытался вывести универсальные законы функционирования общества, подобно тому, как это сделал Ньютон для мира физических тел. Он писал: «Законы, управляющие людьми и их социальным развитием, должны иметь особую привлекательность для ученых и философов, особенно для тех, кто занят изучением вселенной. Постигая законы материального мира и восхищаясь их поразительной гармонией, нельзя не прийти к убеждению, что такие законы должны управлять миром одушевленных существ» [7].

18 Большое влияние на Кетле оказали открытия французского астронома и математика Пьера-Симона Лапласа, которому удалось обнаружить одну важную закономерность. Всякий раз, пытаясь вычислить движение планет с опорой на законы Ньютона, Лаплас сталкивался с небольшой ошибкой. Собрав статистику таких ошибок, французский астроном получил кривую, отражающую фундаментальную закономерность теории вероятностей и математической статистики. Речь идет о нормальном законе распределения. Лаплас предположил, что ошибки измерения носят случайный характер. Причем выяснилось, что частота небольших отклонений величины ошибки от ее среднего значения намного выше частоты больших отклонений. Другими словами, плотность распределения величины ошибок падает с отдалением от ее среднего значения. Позже кривую нормального распределения станут называть гауссовой кривой, в честь немецкого математика Карла Фридриха Гаусса. Однако заметим, что данная кривая уже была известна математикам. В 1733 году Абрахам де Муавр строил подобные кривые, описывая вероятность выпадения нескольких раз кряду орла/решки при игре в монетку. В последствие он же решил задачу представления кривой в аналитической форме. Ученик Лапласа Симеон Дени Пуассон отмечает, что с ростом числа наблюдений в любом случайном процессе начинают просматриваться черты детерминированности. Он же дает элегантное название данному феномену, известному нам как «закон больших чисел» [6].

19 Астрономы стали использовать формулу де Муавра для оценки ошибок в вычислениях. Позже Лаплас применил нормальное распределение для объяснения феноменов социальной статистики. В частности, он показал, что данные о количестве новорожденных

мальчиков и девочек превосходно вписываются в кривую ошибок де Муавра. Кетле был настолько впечатлен объяснительной мощью закона больших чисел, что счел его универсальным законом природы. С опорой на него он выдвигает концепцию «усредненного индивида», согласно которой всякая физиологическая и поведенческая характеристика индивида имеет своим идеалом усредненную для всего человечества величину. Соответственно, всякое значительное отклонение от идеала в концепции Кетле признавалось девиацией. В 1832 году он писал: «Что касается людей, рассматриваемых в массе, то следует исходить из физического факта, что чем больше число учитываемых личностей, тем больше из них склонны вести себя в соответствии с общими фактами и закономерностями, которые соответствуют существованию и сохранению общества, к которому принадлежат рассматриваемые личности» [8]. Ученый полагал, что процесс развития общества и человеческих отношений осуществляется по абсолютным законам природы и не испытывает сколько-нибудь значимого влияния со стороны государства, пытающегося им управлять.

20 Сторонником социальной физики и продолжателем идей Кетле был английский ученый-позитивист Генри Томас Бокль. Будучи либералом, он резко выступал против государства и его попыток вмешиваться в социально-экономическую жизнь общества. Бокль отмечает, что общество «само выработает порядок, симметрию и законность», в то время как «правительственные законодатели почти всегда выступают в качестве разрушителей, а не созидателей» [9]. С присущим всем позитивистам скепсисом, Бокль критически относился к умозрительным попыткам метафизиков найти высшую историческую цель для человека. Он полагал, что деятельность отдельных людей и целых народов, осознают они это или нет, «никогда не является бессмысленной, и не нуждается в метафизических обоснованиях, а кажущаяся причудливость событий составляет часть узора всеобъемлющей системы мирового порядка... основополагающей закономерности современного мира» [9, сс. 121-132]. По причине ранней смерти Бокль успел завершить только небольшую часть своей главной работы «История цивилизации в Англии», где он намеревался развернуто показать, как и по каким законам реализуется этот «мировой порядок».

21 Идеи Томаса Бокля оказали определяющее влияние на становление кинетической теории газов (КТГ), одним основателем которой был Джеймс Клерк Максвелл. В 1873 году он пишет: «Объяснение единообразия, которое мы наблюдаем в экспериментах с пробами веществ, содержащими миллионы молекул, точно соответствуют тем, которые приводил Лаплас и Бокль, объединяя в единое целое данные об огромном количестве событий, никак не связанных друг с другом» [10]. Благодаря КТГ появилось множество ценных идей прямо или косвенно пересекающихся с концепциями, лежащими в основе агентного подхода. Речь, прежде всего, идет о репрезентации агентных моделей, как совокупностей атомарных объектов-агентов и о феноменах возникающего поведения. Остановимся на этих вопросах поподробнее.

22 **3. Физические основания**

23 Идею об атомарном строении материи, как о структуре, состоящей из множества неделимых элементов, впервые была выдвинута древнегреческим философом Левкиппом и развита его учеником Демокритом. Поскольку средневековая теология выступала против неканонических представлений, атомизм находился вне поля интеллектуальной жизни общества на протяжении почти двух тысяч лет. Лишь в XV веке, после обнаружения и публикации сочинения древнеримского философа Лукреция «О природе вещей», идеи атомизма стали получать новое осмысление [11]. Одни мыслители (Ньютон, Галилей, Бэкон) верили в существование атомов, другие отрицали эту идею. Декарт был убежден в существовании микрочастиц, точно также как и в их бесконечной делимости. В 1738 году швейцарский физик Даниил Бернулли предложил оригинальную модель газа, представляемую

в виде множества хаотично перемещающихся в пространстве и сталкивающихся друг с другом микрочастиц. Позже американский ученый Бенджамин Томпсон выдвинул гипотезу возникновения теплоты, как эффекта от столкновения атомов. Ученые быстро догадались о существовании взаимосвязи между температурой, давлением и объемом газа. Фиксация одной из характеристик позволяла устанавливать функциональную зависимость между двумя другими. Зависимость между газовыми характеристиками в XVII веке изучал Роберт Бойль; в XVIII веке французские физики Жак Шарль (изобретатель воздушного шара) и Луи Гей-Люссак. Основателем же кинетической теории газов считается немецкий физик Рудольф Клаузиус.

24 Физики сосредоточили свои усилия на поиске газовых законов. Концептуальным базисом для решения этой задачи должны были стать положения классической механики. В качестве физических объектов, подчиняющихся этим законам, ученые полагали газовые частицы, представляемые как шары, сталкивающиеся на бильярдном столе. Именно проблему газовых законов долгое время пытался разрешить Клерк Максвелл. Он понимал, что, несмотря на теоретическую возможность, практически установить траекторию и скорость движения частиц нельзя. Из микроскопичности частиц следует, что даже в небольших объемах газа содержится астрономическое количество молекул. Даже если бы удалось зафиксировать их начальные координаты, череда многочисленных столкновений сделает задачу вычисления их скоростей и траекторий неразрешимой для человеческого разума. Требовался иной нетривиальный подход. Как было ранее отмечено, решение Максвеллу пришло после изучения трудов статистиков. Ему удалось свести все проблемы, связанные с движением молекул к двум вопросам: какова средняя скорость молекул и какова форма кривой, описывающей распределения их скоростей вокруг среднего значения. Скорость движения частиц определяет их кинетическую энергию. С ростом скорости частиц растет количество столкновений между ними и, соответственно, величина выделяемой теплоты. Максвелл установил, что если нагревать в герметичном сосуде некоторый объем газа, средняя скорость частиц в нем будет расти, а плотность распределения скоростей молекул вокруг среднего значения будет снижаться. Иными словами, скорость молекул в газовой системе будет выравниваться. И наоборот, при охлаждении такого сосуда средняя скорость молекул газа в нем будет снижаться, а плотность распределение скоростей молекул вокруг среднего значения будет расти. Открытия Максвелла стали основанием для возникновения нового направления науки – статистической физики [6].

25 Статистическая физика подразделяется на статистическую теорию поля и статистическую механику (СМ). Последнее направление представляет для нас особый интерес. Используя методы теории вероятностей, СМ занимается изучением систем, состоящих из конечного числа индивидуальных объектов. СМ не сосредотачивается на изучении поведения отдельных элементов; ее интересуют усредненные параметры общего развития системы и характер отклонений ее поведения от среднестатистических показателей. Здесь очевидна аналогия с социальной статистикой, где исследователей интересуют не действия отдельных лиц, а тенденции в их массовом поведении. Теоретические построения в статистической механике осуществляются по принципу «снизу-вверх», когда феномены материи, проявляющиеся на макроуровне, объясняются через определение правил действия и взаимодействия ее элементов (молекул и атомов). Переход новой естественнонаучной методологии в сферу гуманитарных наук было делом времени. Очень скоро из позитивистской философии рождается новая наука об обществе – социальная физика, которую в дальнейшем станут именовать социологией. Таким образом, мы пришли к методологическим корням агентного подхода – статистической механике. Агентные модели строятся в соответствии с принципом СМ – «снизу-вверх»; их архитектура имеет атомарную конфигурацию и представляется как конечное множество автономных взаимодействующих друг с другом

26 **Заключение**

27 Подводя общий итог, отметим, что к агентному моделированию целесообразно обращаться в двух случаях: 1) когда решается задача выведения макроповедения неравновесной системы исходя из сведений о правилах поведения ее элементов; 2) когда решается обратная задача – определяются стимулы, мотивы и правила поведения элементов неравновесной системы при наличии сведений о проявлениях ее глобального поведения.

28 По сути, выводя из индивидуального поведения агентов глобальные закономерности, исследователь получает сценарий развития системы. Имея сведения о том, какие типы глобального поведения рождают те или иные поведенческие паттерны ученые могут искать эффективные способы воздействия на поведение агентов или на среду их функционирования, с целью управления процессом развития системы и придания ей необходимого состояния. Решения, найденные через реализацию концептуальных моделей, могут быть использованы для приложения к реальным объектам. Такие решения могут быть подтверждены или опровергнуты практикой. В этом отношении знания, полученные с помощью агентного моделирования, вполне отвечают попперовским критериям научности.

29 Возникновение агентного моделирования было бы невозможным без развития таких наук как философия, математика, физика и статистика. Тем не менее, ключевой предпосылкой появления АМ стало развитие вычислительной техники. Теоретически, при реализации агентных моделей, можно обойтись без привлечения специальных инструментов. Однако без них полная процедура реализации и отладки одной даже несложной модели потребовала бы колоссального количества человеко-часов напряженной вычислительной работы. Без вспомогательных средств прикладное моделирование лишилось бы всяческого смысла: издержки от вычислительных работ перекрывали бы выгоды от полученных сведений. На сегодняшний день развитие IT-технологий вкупе с ростом гуманитарного знания может сделать агентный подход основным инструментом моделирования сверхсложных социальных систем. Понимание движущих мотивов людей, того каким образом они принимают решения и выбирают способ взаимодействия с внешним миром является первым шагом на пути к построению виртуальной Вселенной – полноценного испытательного полигона для апробации новых решений в области гуманитарных наук.

Философские и методологические основания агентного моделирования

Рамазанов Р. Р.

*Очный аспирант по специальности Башкирский государственный университет.
Российская Федерация, Уфа*

Аннотация

Актуальность и цели. Агентный подход в социально-экономических науках начал активно применяться в начале 90-х годов, когда вместе с развитием компьютерных технологий появились возможности для реализации сложных вычислимых моделей. Несмотря на то, что агентное моделирование продолжает активно набирать популярность, подробного анализа генезиса методологии не было произведено. Цель настоящей работы – исследовать философские и методологические основания агентного моделирования. Достижение поставленной цели позволит лучше понять границы применимости и возможности данной методологии. Материалы и методы. В основу исследования лег исторический очерк идей, составляющих концептуальный стержень методологии агентного подхода. Среди них отдельные положения философии, социологии, статистики и некоторых разделов физики. Результаты и выводы. Возникшее из ньютоновской механики мировоззрение механицизма породило новый взгляд на устройство мироздания. Мыслители Нового времени стали убежденными проповедниками идей принципиальной познаваемости мира. Под действием естественнонаучных установок ученые стали замечать закономерности не только в проявлениях природы, но и в общественной жизни. Новое мировоззрение нашло свое отражение в многочисленных попытках создания непротиворечивых теорий общественного строя, основанного на принципах научности и рациональности. На основе древнегреческой концепции атомизма и открытых в статистике законов распределения была построена кинетическая теория газов, из которой родится новый раздел теоретической физики – статистическая механика. Теоретические построения в статистической механике осуществляются по принципу «снизу-вверх», когда феномены материи, проявляющиеся на макроуровне, объясняются через определение правил действия и взаимодействия ее элементов (молекул и атомов). Именно этот принцип лег в основу методологии агентного моделирования.

Ключевые слова: имитационное моделирование, агентный подход, агент, статистика, социология, экономика

Дата публикации: 30.12.2017

Ссылка для цитирования:

Рамазанов Р. Р. Философские и методологические основания агентного моделирования // Искусственные общества. 2017. Т. 12. Выпуск 3-4 [Электронный ресурс]. Доступ для зарегистрированных пользователей. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800000106-5-1/> (дата обращения: 20.02.2020). DOI: 10.18254/S0000106-5-1

