

---

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

---

### ИСКУССТВЕННЫЕ ОБЩЕСТВА\*

© 2012 г. В.Л. Макаров

(Москва)

Методология формирования искусственных обществ, его компьютерных моделей, развивающаяся на основе из агенто-ориентированных моделей, представляет собой прорыв в развитии общественных наук. Мы показываем это на примере математической экономики и социальных наук. Растущая сложность математических моделей может быть преодолена путем создания искусственных миров и компьютерных экспериментов. Приводятся первые нетривиальные результаты. Сформулированы интересные вопросы и проблемы, которые могут возникнуть после применения новой методологии.

**Ключевые слова:** искусственные общества, агентские модели, сложные математические модели.

#### ВВЕДЕНИЕ

Общественные науки, в том числе экономические, стоят на пороге масштабного и эффективного использования нового средства для получения знаний. Речь идет о компьютерных моделях общества, имитирующих как можно более точно реальную жизнь. Еще несколько десятилетий назад о таких моделях можно было только мечтать, так как не было соответствующих программных средств. Теперь такие средства появились (см. например, (Agent-Based Models, 2012)). Быстро развилась и методология построения моделей общества.

Необходимость в новом средстве назрела. Как известно, математическое моделирование реального мира, доминирующее в настоящее время, – это практически универсальная методология. Любая современная теория признается таковой, если она использует математический аппарат. Экономическая наука здесь не исключение. Однако дальнейшее развитие, например, математической экономики, показывает, что собственно математические модели подходят к своему пределу сложности. Дальнейшее усложнение моделей неизбежно, так как необходимо все более точно отражать действительность. Но сложные модели невозможно анализировать чисто математическими средствами. Становится невозможным доказывать теоремы.

Компьютерные модели, имитирующие действительность, лишены этого недостатка. Они могут быть сколь угодно сложны, что не мешает проводить на них разного рода эксперименты.

Экономическая наука постепенно становится ближе как по инструментарию, так и по методологическим принципам к естественным наукам. У нее появился новый объект исследования: искусственные общества и виртуальные миры. О том, что это такое, более конкретно будет сказано далее.

Для иллюстрации методологического подхода, вытекающего из агенто-ориентированных моделей, укажу на более глубокое представление о механизмах формирования спроса и предложения, понятий, являющихся краеугольным камнем в доминирующих экономических теориях. Для этого рассмотрим (экономического) агента как носителя энергии и мотивационных целей в некоторой среде, похожей на современное общество.

*Со стороны спроса:*

1d) агент выбирает так называемую потребительскую корзину, содержащую набор всевозможных товаров и услуг;

2d) агент выбирает место (юрисдикцию) для проживания;

---

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект 12-02-00082а) “Моделирование транспортных и социально-экономических систем с помощью агент-ориентированных моделей”.

3d) агент выбирает профессию и место (например фирму) для работы;

4d) агент голосует: а) за политическую партию; б) экономическую политику; с) набор публичных благ, который бы он хотел получить от государства; d) создание или модификацию юрисдикций;

5d) агент решает, в каких клубах принимать участие, включая такой клуб, как семья;

6d) агент выбирает портфель для инвестиций.

Перечисленные решения всех агентов формируют суммарный спрос в рассматриваемом обществе.

Суммарное предложение может быть определено следующими индивидуальными действиями агентов, а также сформулированными правилами:

1s) производство товаров и услуг имеющимися институтами;

2s) правила образования и модификации юрисдикций;

3s) профессии и рабочие места;

4s) политическая система, например тип демократии;

5s) правила формирования клубов;

6s) правила инвестиционной политики.

Основной методологический прием, доминирующий в современной экономической науке, состоит в определении и нахождении состояний (равновесия), уравнивающих спрос и предложение, а также в выяснении свойств этих состояний. Экономическая литература полна блестящих (изящных, красивых) моделей уравнивания спроса и предложения, относящихся к любому из отдельных пунктов, указанных в представленном списке.

Например, пункты (1d–1s) дают знаменитую модель Эрроу–Дебре общего экономического равновесия, ставшую классической. Теорема об условиях существования равновесия базируется на теореме Какутани о неподвижной точке полунепрерывных сверху точно-множественных отображений. Свойства оптимальности равновесия вытекают из известной теоремы Куна–Таккера. Конечное число равновесий доказывается с помощью некоторых результатов из алгебраической геометрии.

Пункты (2d–2s) приводят к модели Тибу (Tiebout, 1956), которая в настоящее время очень популярна. Техника доказательства существования равновесия весьма сложна, см. например, (Caplin, Nalebuff, 1997).

Пункты (4d–4s) порождают ряд относительно простых, но весьма изящных моделей, которые можно найти в книге (Persson, Roland, Tabellini, 2000). По каждому из оставшихся пунктов также нетрудно найти известные модели.

Однако если попробовать соединить указанные пункты в одной модели, то ничего, кроме абсолютно неудобоваримого монстра, не получится. Математику с таким объектом-монстром нечего делать. Красивых, да и некрасивых теорем просто не получится. Даже если начать соединять лишь некоторые пункты в одну модель, сразу наткнешься на большие трудности и отсутствие ясности, что собой представляет результат.

Надеюсь, что приведенные аргументы убедительно говорят о том, что математическая экономика натывается на серьезные ограничения, которые преодолеваются компьютерным, а не чисто математическим моделированием.

Статья устроена следующим образом. Сначала описывается общая ситуация с агенто-ориентированными моделями и отмечаются наиболее известные модели. Далее обсуждается новая методология исследования, пока еще не общепризнанная. Дается определение искусственного общества и рассматривается несколько примеров искусственных обществ. Эти примеры являются, что называется, действующими. На них проводятся эксперименты. Результаты некоторых экспериментов приведены здесь. Надо сказать, что представление результатов в письменном виде довольно затруднительно. Не видно динамики. Поэтому вместо динамического представления дается несколько картинок. В заключение еще раз возвращаемся к методологическому вопросу

о результатах исследования. Теоретически оптимальные состояния экономики и общества научились исследовать очень хорошо (см., например, задачу социального плановика). А вот каковы механизмы их достижения – это относительно мало исследованная проблема. В искусственных обществах экспериментально такие механизмы нащупываются.

### АГЕНТО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ

В настоящей работе я сначала описываю так называемые агенто-ориентированные модели (сокращенно АОМ) как исходный базис и методологию для построения искусственных обществ, а потом перехожу к собственно искусственным обществам. Разница между АОМ и искусственными обществами чисто терминологическая и с технической точки зрения несущественная.

АОМ состоит из двух «частей»: окружающей среды (или пространства по другой терминологии) и совокупности автономных агентов, взаимодействующих между собой и с окружающей средой. Почему агентов, а не людей, граждан, членов общества? Так сложилось в литературе, в которой доминируют англоязычные источники. Термин «агенты» твердо укоренился. Искусственное общество – это, как правило, АОМ. Но в содержательном смысле не всякая АОМ, а такая, где между агентами действуют связи, которые интуитивно понимаются как общественные. В этом смысле модель муравейника – это искусственное общество, а модель, скажем, совокупности животных, живущих в данном ареале, – нет. С другой стороны, ученый может изучать общество как искусственное образование, где агенты вообще не сформулированы. Тогда это не АОМ.

Итак, искусственное общество – это не просто агенто-ориентированная модель. Есть еще что-то дополнительное, говорящее о том, что это именно общество. Агентов должно быть по меньшей мере два. Они должны взаимодействовать между собой. А самое главное – агенты должны быть похожими друг на друга, при взаимодействиях воспринимать друг друга подобными себе. Именно тогда появляется социальное поведение. Понятно, что приведенные рассуждения далеки от сколько-нибудь точных. Это показывает, что построенное искусственное общество мы называем обществом также приблизительно. Здесь ключевое слово «построенное». Как писал Ницше: *«Имеются существа, которых мы никогда не познаем, кроме как изобретем их»*.

Познание через построение, через выращивание – это основной метод изучения общества в соответствии с рассматриваемой методологией. В большинстве работ, посвященных построению и изучению агенто-ориентированных моделей, правила взаимодействия между агентами чрезвычайно просты. Тем не менее, в результате получаются вполне осмысленные содержательные результаты. Например, клеточные автоматы взаимодействуют по исключительно простым правилам. Самая простая – это игра «Жизнь» (Conway, 1970)<sup>1</sup>. В игре «Жизнь» окружающая среда – это прямоугольник, разделенный на одинаковые клетки. Агент – это активированная (помеченная) клетка. Правила взаимодействия агентов чрезвычайно просты, по крайней мере в исходном варианте. Но уже эта АОМ привела к любопытным результатам, например, при построении различных конфигураций. Иначе она не привлекла бы столько внимания.

Наиболее содержательной АОМ, получившей большую известность, является так называемая сахарная модель (SugarScape model). Этой модели посвящена книга (Epstein, Axtell, 1996), которая до сих пор является основной книгой по АОМ. Для полноты изложения приведу здесь исходный вариант сахарной модели.

Окружающей средой является сахарный «ландшафт», представляющий собой прямоугольник, разбитый на одинаковые клетки. В каждой клетке указано количество сахара (неотрицательное число). Задаются правила изменения количества сахара в клетках, о которых говорится ниже.

В данную окружающую среду погружается конечное число агентов. Таким образом, имеем две функции, определенные на всех моментах времени  $t$  (время дискретно) и всех клетках  $(x, y)$ :

<sup>1</sup> С программой «Жизнь» можно познакомиться, зайдя на сайт лаборатории «Искусственных обществ» ЦЭМИ РАН [www.artsoc.ru](http://www.artsoc.ru). Там имеется действующая модель, работающая в среде EXCEL. Недавно А.Р. Бахтин запустил модель «Жизнь» на суперкомпьютере «Ломоносов» с целью выявления степени эффективности распараллеливания в АОМ.

1) функция  $a_i(x, y)$ , принимающая значение  $a$ , что является номером агента, находящегося в клетке  $(x, y)$ ; в противном случае  $a_i(x, y) = \text{empty set}$ ;

2) функция  $r_i(x, y)$ , значение которой показывает количество сахара; два агента в одной клетке находиться не могут.

Свойства агента задаются двумя параметрами: горизонтом видения и уровнем метаболизма, т.е. количеством сахара, которое нужно съесть, чтобы остаться в живых. При этом агент может носить с собой сколько угодно сахара. Если сахара недостаточно, агент умирает. Авторы модели рассматривают несколько правил рождения агента. Например, со смертью агента другой агент рождается со случайно выбранными параметрами и случайно выбранным местонахождением. Тогда популяция агентов постоянна по величине.

Правила поведения агентов.

1. Осмотреть все доступные для агента окрестности в четырех или восьми направлениях (только по прямой или по прямой и по диагонали) и выбрать незанятую клетку с максимальным количеством сахара.

2. Передвинуться в эту клетку и собрать весь имеющийся в ней сахар.

На этой исходной версии модели авторы проделали ряд экспериментов, которые подтверждают обычные представления о чертах общества. Хотя надо отметить, что в этой версии нет взаимодействий между агентами, что является фундаментальным свойством общества. Учебный действующий пример сахарной модели можно найти на сайте ЦЭМИ РАН.

Например, обратимся к фундаментальной проблеме о причинах неравномерного распределения богатства между членами общества. Авторы провели достаточное число экспериментов и всегда получали существенную концентрацию богатства в руках небольшого числа членов, тогда как все остальные довольствовались малым. При этом и население концентрируется в областях, богатых сахаром, что более или менее очевидно на качественном уровне.

Авторы вводят в модель фактор загрязнения окружающей среды, и тогда картина концентрации населения в богатых сахаром областях смазывается. При введении фактора загрязнения агенты меняют свое поведение следующим образом. Они выбирают клетку не с максимальным количеством сахара, а с максимальным отношением количества сахара к уровню загрязнения. Данное правило существенно меняет картину с распределением населения по территории. Оно становится более равномерным, что соответствует интуиции и не вызывает удивления. Менее очевидным оказывается увеличение числа смертей от недостатка еды.

В усложненных версиях описанной модели вводятся взаимодействия между агентами, а также дополнительные усложнения, что приближает АОМ к искусственному обществу. В этих усложненных версиях можно говорить о наличии полов, культуре, конфликтах, болезнях, институте наследования, а также ряде других понятий и явлений, характерных именно для человеческого общества. Понятно, что речь идет о примитивной имитации перечисленных явлений, но тем не менее некоторые характерные свойства и зависимости становятся понятнее.

Некоторые экономические отношения в рассматриваемой модели также легко вводятся, что авторы и продемонстрировали, добавив к сахару второй продукт – сироп. Тогда агент стремится уже не в клетку с наибольшим количеством сахара, а в клетку с таким соотношением сахара и сиропа, которое ему наиболее предпочтительно. Предпочтительность вводится стандартным способом с помощью функции полезности. Для агентов возникает новая возможность обмениваться продуктами, если это выгодно для обоих. Обмен продуктами в стандартной пропорции приводит к понятию цен. Поэтому авторы предприняли попытку сравнить получающиеся в результате симуляций цены с ценами рыночного равновесия, определенного в смысле Эрроу–Дебре.

При условии конечного временного горизонта нетрудно сформулировать сахарную модель с двумя продуктами как стандартную модель Эрроу–Дебре. А именно: агент  $a$  имеет начальный запас продуктов  $w_{a,t}(x, y)$ , где для каждого  $t$  и данной пары  $(x, y)$  вектор  $w_{a,t}(x, y)$  указывает на количество сахара и сиропа у агента, когда он находится в клетке  $(x, y)$  в начальный момент времени  $1, t = 1, \dots, T$ . Таким образом, можно сравнить результаты калькуляций сахарной модели с состоянием равновесия модели Эрроу–Дебре. Авторы книги проделали много калькуляций,

варьируя начальные условия, в частности местонахождения агентов. Всегда получалось, что средняя цена обмена сахара на сироп была близка к равновесной рыночной цене. Однако финальный уровень богатства агентов получался различным для каждого агента в зависимости от его собственного расположения и расположения других агентов.

В связи с этим авторы рассуждают о принципиальном, с их точки зрения, различии между рыночным равновесием в смысле Эрроу–Дебре и равновесием, получаемым в результате симуляций сахарной модели. Последнее равновесие они называют статистическим равновесием и указывают на его якобы принципиально иной характер. Рассуждение, обосновывающее различие между этими двумя равновесиями, таково.

Возьмем двух агентов, абсолютно идентичных по всем параметрам: функции полезности и начальному богатству. Тогда в состоянии равновесия по Эрроу–Дебре они имеют также одинаковый уровень и структуру богатства. Это действительно так. А вот калькуляции с сахарной моделью приводят к другим результатам. Хотя равновесные цены получаются теми же самыми, что и в модели Эрроу–Дебре, финальное богатство у совершенно одинаковых агентов может быть разным. И это тоже верно. А разница объясняется просто. Как уже было сказано выше, чтобы свести сахарную модель к модели Эрроу–Дебре, нужно в начальное состояние агентов записать также и их местоположение. Поэтому идентичные агенты по целевым установкам и начальному богатству совсем не идентичны, если находятся в разных клетках сахарно-сиропного пространства.

Завершая этот параграф, скажу, что в имеющейся литературе накопилось большое и разнообразное множество агенто-ориентированных моделей. Здесь нет цели дать какой-то их обзор. Отсылаю читателя к специальной литературе. На русском языке вышла книга (Бахтизин, 2008), в которой можно найти неплохой обзор АОМ.

## МЕТОДОЛОГИЯ

Проблемам методологии изучения общества посвящена обширная литература. Здесь я останавливаюсь на этом вопросе весьма кратко, обращая внимание на основные моменты. Ключевой фразой новой методологии можно считать цитату из (Epstein, Axtell, 1996): “Однажды люди применительно к социальному явлению вместо вопроса “Можете ли вы это объяснить?” спросят “Можете ли вы это построить (вырастить)?” Подробно об этом пишет (Lansing, 2005), а также (Gershenson, 2001). С. Лансинг, в частности, ссылается на известную дискуссию 1961 г. между К. Поппером и Т. Адорно, где подробно обсуждались методологические проблемы познания механизмов функционирования общества. Уже тогда обращалось внимание на аналогию между неживой природой и обществом. И в том и другом случае механизм перехода от микроповедения (атомов, агентов) к макроповедению (например температура, война) есть главная загадка, требующая объяснения. К. Гершенсон особо останавливается на разнице между обществами, состоящими из простых и сложных интеллектуальных агентов.

Известный исследователь в области агенто-ориентированных моделей Дж. Эпштейн отмечает следующие их характеристические свойства (Epstein, 2005):

1. Неоднородность. Агенты чем-то отличаются друг от друга, что принципиально выделяет эти модели от широко распространенных моделей экономики с агентом-представителем.
2. Автономия. Агенты действуют независимо друг от друга.
3. В явном виде задано или описано пространство, в котором функционируют агенты. Например, клетки на плоскости, сахарный ландшафт.
4. Локальные взаимодействия.
5. Ограниченная рациональность.
6. Динамика находится *не* в состоянии равновесия, о чем неоднократно говорили представители эволюционной экономики, см., например, (Nelson, Winter, 1982).

Кстати сказать, указанная работа интересна еще и тем, что в ней приводятся веские аргументы, опровергающие известное мнение, что агенто-ориентированные модели не используют математический аппарат (например уравнения), дедуктивный метод, метод обобщения. Все это они прекрасно используют, только не всегда в явной форме.

Наиболее спорный вопрос, который немедленно возникает при построении искусственных обществ, и особенно при проведении экспериментов в них, это “Что есть научный результат?”. В математике и в математической экономике все понятно. Доказана содержательная теорема – это и есть результат. В экспериментальной физике если полученное открытие подтверждается другими исследователями – это также результат. В эмпирических исследованиях, основанных на обработке статистических и других измеренных тем или иным способом данных, например при использовании методов эконометрики, также звучат призывы к независимому подтверждению выводов.

Что такое АОМ? Это искусственный мир, где свойства окружающей среды и свойства агентов задаются конкретными числами. Поэтому результаты экспериментов зависят от этих чисел. Противники этой методологии говорят, что нет никаких аргументов, что полученный результат может быть повторен при других числах. Действительно, когда есть сомнения, следует прибегать к вероятностным методам, чтобы, в частности, оценить степень достоверности выводов.

Кстати сказать, ведущий журнал в области социальных симуляций и искусственных обществ JASSS (Journal of Artificial Societies and Social Simulation), как правило, требует приведения в приложении к статьям текста программ. То есть журнал как бы приглашает исследователей к повторению полученных результатов на других данных.

## ИСКУССТВЕННЫЕ ОБЩЕСТВА

Переходим к описанию АОМ, которые без натяжек можно отнести к искусственным обществам. Речь идет о таких моделях, где взаимодействия между агентами играют ключевую роль в их поведении, причем эти взаимодействия имеют содержательное толкование коллективных действий.

Если посмотреть на человеческое (и не обязательно человеческое) общество, так сказать, “сверху”, мы увидим, что каждый человек в любой момент времени занят каким-то видом деятельности. При этом значительная часть этой деятельности может быть охарактеризована как взаимодействие друг с другом. Это и парные взаимодействия, и взаимодействия трех и более человек.

Виды деятельности человека можно идентифицировать, описать, определить. Понятно, что, в принципе, список видов деятельности потенциален. Он расширяется, лучше сказать, изменяется с развитием человеческого общества.

Таким образом, моментальный снимок, т.е. состояние человеческого общества в некоторый момент времени, описывается следующим образом. Для каждого человека указывается, каким видом деятельности он занимается и с кем при этом взаимодействует.

Если то же самое сказать формальным языком, то получится следующее.

Сначала введем обозначения:

$a$  – номер человека (agent);

$A$  – множество (номеров) людей, составляющих общество;

$t$  – номер интервала времени;

$m$  – номер действия, которое может производить человек;

$m_a(t)$  – действие (move), осуществляемое (или не осуществляемое) человеком  $a$  в интервале времени  $t$ . Собственно,  $m_a(t)$  есть номер (натуральное число), под которым данное действие фигурирует;

$M$  – множество возможных действий (номеров этих действий), которые могут в принципе осуществлять люди. Элемент множества  $M$  есть порядковое число  $m$ , под которым фигурирует данное действие;

$D$  – подмножество множества  $A$  людей, осуществляющих взаимодействие между собой в процессе своей деятельности;

$D_a(t)$  – взаимодействие, в котором участвует человек  $a$  в момент времени  $t$ ; т.е.  $D_a(t)$  – это подмножество множества людей (группа), осуществляющих данное взаимодействие;

$N_{m,D}(t)$  – число агентов, которые осуществляют действие  $m$  в момент времени  $t$  в группе  $D$ ;

$N_m(t)$  – число агентов, которые осуществляют действие  $m$  в момент времени  $t$ , независимо от того, в какой группе это действие осуществляется.

Одно и то же подмножество людей может осуществлять разные взаимодействия.

Итак, внешне наблюдаемое состояние общества в данный момент времени понимается как множество пар [действие  $m_a(t)$ , взаимодействие  $D_a(t)$ ], относящихся ко всем членам общества, т.е.

$$\{m_a(t), D_a(t)\},$$

где  $a$  пробегает  $A$ .

В общем случае, естественно, не предполагается, что в данный момент времени человек осуществляет только одно действие и/или только одно взаимодействие. Например, можно одновременно принимать ванну и читать книгу (два действия без взаимодействия) или играть в гольф и вести деловые переговоры (два действия и два взаимодействия в случае, если партнер по гольфу и по переговорам не совпадают). Всегда оговаривается, что в данный момент времени будет происходить: только действие или действие и взаимодействие. Формально действие можно считать взаимодействием с самим собой. Точнее, при осуществлении действия происходит взаимодействие с самим собой.

Формально можно считать, что два или более действия, осуществляемые одновременно, представляют собой отдельное действие, отличное от исходных. То же самое можно сказать о взаимодействиях. Поэтому без ограничения общности можно считать, что человек одновременно осуществляет только одно действие и одно взаимодействие.

**Аналогия, которая может помочь в понимании общества.** Известный подход к пониманию материи и ее свойств состоит в представлении, что есть элементарные частицы (кирпичики), из которых строится все разнообразие материальных объектов, с которыми мы сталкиваемся. При чем хочется, чтобы элементарных кирпичиков было сравнительно немного.

Используя данный подход к пониманию общества, можно считать такими элементарными кирпичиками действия и взаимодействия людей. Не самих людей, что некоторым кажется наиболее естественным, а действия, которые они осуществляют. Тогда желание видеть количество элементарных частиц небольшим хотя бы частично имеет место. Разнообразие людей намного больше, чем разнообразие действий, ими осуществляемых. Да и сами люди, очевидно, более сложные образования, чем их действия.

*Два основных вопроса, относящихся к действиям и взаимодействиям.*

Первый: когда и по каким причинам происходят действия и взаимодействия?

Второй: что меняется в головах людей и в обществе в целом в результате осуществления действий и взаимодействий?

Для ответа на первый вопрос надо сформулировать правила, в соответствии с которыми люди принимают решения и далее эти решения реализуются. Для осуществления действия достаточно решения человека. Для осуществления же взаимодействия необходимо групповое решение. Групповые решения, как известно, принимаются по различным правилам, которые и необходимо специфицировать в том или ином случае.

Что касается второго вопроса, то здесь появляются понятия информации, памяти, состояния, которые относятся и к отдельному человеку, и к обществу в целом. Применительно к че-

ловеку иногда удобно употреблять слово “портрет”. Портрет человека, биологический, психологический, социальный, одним словом, какой угодно, точнее, какой нужно для описания его состояния.

Пусть  $S_a(t)$  – состояние человека  $a$  в момент времени  $t$ . Я не пытаюсь специфицировать  $S_a(t)$  на данной стадии описания. Как правило, состояние человека – это некоторый набор чисел, часть из которых являются какими-то параметрами, а часть – номерами тех или иных качественных характеристик.

Кроме того, имеется состояние общества  $S(t)$ , информация о котором не покрывается информацией о состояниях всех его членов.

Действия и взаимодействия людей в обществе, очевидно, меняют состояние окружающей среды. Например, в сахарной модели действие (переход агента в другую клетку) приводит к тому, что количество сахара в этой клетке становится равным нулю. Поэтому введем еще одно обозначение:

$E(t)$  – информация о состоянии окружающей среды.

Теперь можно сформулировать полную траекторию движения общества в виде

$$\{m_a(t), D_a(t), S_a(t), S(t), E(t)\}, \quad a \in A, \quad t \in T.$$

Эта траектория порождается “правилами”, по которым люди выбирают то или иное действие и вступают в то или иное взаимодействие. Легко представить, что таких правил – великое множество. Конкретные модели общества отличаются друг от друга именно этими правилами.

Рассмотрим в качестве примера следующие правила выбора действий и взаимодействий. Каждый человек в данный момент времени имеет предпочтения в выборе действия, которое следует осуществить, а также с кем при этом взаимодействовать. При этом если выбор действия зависит только от него, то выбор взаимодействия зависит также от всех других участников данного взаимодействия.

Таким образом, данное действие и взаимодействие осуществляются тогда и только тогда, когда они для человека наиболее приоритетны и при этом все другие участники взаимодействия согласны принять в нем участие. Согласие – это не что иное, как высшая приоритетность данного взаимодействия для каждого из участников.

Все сказанное означает, что человек должен выбирать наилучшее решение на довольно обширном множестве пар  $\{m, D\}$ . Как уже отмечалось, множество возможных действий сравнительно невелико. Однако множество возможных групп участников взаимодействия настолько велико, что не укладывается в памяти и не может быть просмотрено в процессе принятия решения. Поэтому, как правило, делается предположение об ограниченной рациональности. Например, В.А. Истратов (2009) построил общество, в котором у каждого человека всего 9 действий (сон, работа, прием пищи и т.д.) и простые правила выбора наиболее желательного действия. Уже на такой модели получаются содержательные выводы о склонности людей к той или иной стратегии поведения.

## ПРОСТОЕ ОБЩЕСТВО, ОПЕРИРУЮЩЕЕ С КОЛЛЕКТИВНЫМИ БЛАГАМИ

Блага различаются на *частные* (индивидуальные) и *коллективные*. Интуитивно блага понимаются именно как частные. Человек индивидуально может принять решение о покупке и/или потреблении частного блага. В классическом понимании рыночной экономики доминирует частное благо. Оно является предметом рыночных отношений, оно продается и покупается на рынке, оно имеет рыночную цену. Когда говорят о частной собственности, речь идет о собственности на частное благо.

В отличие от частного блага коллективным благом нельзя распоряжаться индивидуально. Индивидуально производить, индивидуально потреблять, индивидуально передавать, уничтожать, присваивать и т.д. Собственно, именно наличие коллективных благ превращает совокупность

людей в общество. Характеристическим свойством общества является взаимодействие людей друг с другом. И чем разнообразнее и богаче эти взаимодействия, тем более развито общество.

В работе (Макаров, 2007а) подробно описываются свойства коллективных благ, а также АОМ с производством и потреблением коллективных благ.

В настоящее время существует несколько версий простого общества с коллективными благами, разработанных автором совместно с А.Р. Бахтизиным, который применил программу AnyLogic, приспособленную для создания АОМ<sup>2</sup>.

**Исходная версия AS-C1.** Эта версия совпадает с АОМ, описанной в (Макаров, 2007а). Разница состоит в том, что она реализована в среде AnyLogic, при этом время является непрерывным. Надо заметить, что большинство существующих АОМ работают в дискретном времени, в частности, таковыми являются упомянутые выше “Жизнь” и “Сахарная модель”. В непрерывном времени появляется дополнительное преимущество наглядности, которое оказывается важным для визуального анализа результатов. Кроме того, гораздо проще задавать, например, скорости движения агентов.

Напомню вкратце суть модели. Имеется конечное число агентов, живущих в двумерном пространстве, представляющем собой прямоугольник. Агенты двигаются в пространстве по случайным траекториям, стараясь найти себе “собеседника” для совместного времяпровождения, когда тот попадает в его поле видения. Уровень удовлетворения агентов такой “жизнью” определяется соотношением времени, проведенного вместе и в одиночестве. Совместное времяпровождение есть не что иное, как производство и одновременно потребление коллективного блага.

Далее для описания AS-C1 я воспользуюсь обозначениями, которые задействованы в программе AnyLogic. Эти обозначения, быть может, не самые удобные и краткие, но придумывать новые было бы неразумно, имея в виду, что некоторые читатели захотят погрузиться в среду AnyLogic.

**Константы для характеристики агента (экзогенные переменные).** Далее из контекста ясно, относится ли данная константа к конкретному агенту или к модели в целом:

*maxSpeed* – константа, хранящая значение максимально возможной скорости агента  $i$ ;

*maxX* – константа, хранящая максимальное значение координаты оси абсцисс, в рамках которой случайным образом задается координата агента  $i$  по оси абсцисс;

*maxY* – константа, хранящая максимальное значение координаты оси ординат, в рамках которой случайным образом задается координата агента  $i$  по оси ординат;

*communicable* – уровень коммуникабельности агента  $i$  (положительное число, задается случайным образом).

*Переменные, характеризующие текущее состояние агента (эндогенные переменные):*

*item* – переменная для хранения номера агента;

$x$  – координата по оси абсцисс (меняется в зависимости от скорости);

$y$  – координата по оси ординат (меняется в зависимости от скорости);

$v_x$  – скорость по оси абсцисс (может меняться, когда агент увидел собеседника (максимальная скорость), а также после окончания разговора с агентом);

$v_y$  – скорость по оси ординат (может меняться, если агент увидел собеседника (максимальная скорость), а также после окончания разговора с агентом);

*going* – переменная–указатель на агента, с которым у агента  $i$  намечена встреча (активируется, если агент заметил подходящего по параметрам собеседника в пределах видимости; деактивируется в момент начала разговора);

*meeting* – указатель на агента, с которым у агента  $i$  происходит встреча (активируется в момент начала разговора; деактивируется в момент окончания разговора);

*contactime* – счетчик времени, проведенного в общении;

<sup>2</sup> С этой программой можно познакомиться на сайте <http://www.xjtek.ru>.

*time* – параметр, учитывающий уровень одиночества;

*happiness* – уровень “счастья” или удовлетворения (неотрицательное число) отдельного агента (способ вычисления будет приведен ниже);

*movingindicator* – индикатор, означающий, что агент нашел себе собеседника (принимает значение “ИСТИНА”, если агент увидел собеседника, подходящего по параметрам, а также сам заинтересован во встрече; и значение “ЛОЖЬ”, если агент не дошел до собеседника по ряду причин или в случае начала разговора – конец движения);

*aindex* – переменная для хранения индекса того агента, с которым прекращается общение;

*min* – переменная для хранения минимума разностей в уровнях коммуникабельностей между агентами, находящимися в радиусе видимости (переменная, необходимая для вычисления наиболее предпочтительного собеседника из числа наблюдаемых);

*cx* – расстояние по оси абсцисс между агентами, идущими друг другу навстречу;

*cy* – расстояние по оси ординат между агентами, идущими друг другу навстречу;

*GoAhead* – стейтчарт (или диаграмма состояний агента), связанный с движением агентов (с помощью данного стейтчарта определяются состояния агента, связанные с движением (простым движением, столкновением со стенкой)).

#### **Константы модели (экзогенные переменные):**

*numAgent* – число агентов;

*maxX* – максимальная координата по оси абсцисс;

*maxY* – максимальная координата по оси ординат;

*maxSpeed* – максимальная скорость агентов;

*visionDistance* – зрительная способность агентов;

*step* – единица модельного времени;

*maxCommunicable* – максимально возможный уровень коммуникабельности агентов;

*contactDistance* – дистанция, при которой агенты могут начать общение.

#### **Объекты модели (реплицированные копии агентов и материальных благ):**

*agent* – экземпляр класса Agent (количество – *numAgent*).

#### **Переменные уровня модели (эндогенные переменные):**

*agentshappiness* – переменная-накопитель уровня “счастья” всех агентов модели;

*stepTimer* – таймер, после срабатывания которого происходит обновление анимации модели.

#### **Основные правила работы с AS-C1.**

1. Задается набор агентов (*numAgents*). Их местоположение в момент времени “0” определяется с помощью переменных *x* и *y*, начальные значения которых определяются случайным образом по нормальному закону на прямоугольнике, используя константы *maxX* и *maxY*.

2. Агенты перемещаются со скоростями *vx* и *vy*, которые также задаются случайным образом, используя константу уровня модели *maxSpeed*. Скорости агентов изменяются на максимальные в момент, когда агенты договорятся о встрече. Также скорости могут измениться (но не стать максимальными) после окончания разговора.

3. Поведение агентов определяется необходимостью общения друг с другом (в зависимости от уровня коммуникабельности – *communicable*, который задается для всех агентов случайным образом, согласно константе уровня модели *maxCommunicable*).

4. Если агент находится в одиночестве, то его счетчик *time*, имеющий обратный отсчет, уменьшается на единицу модельного времени *step*:

$$agent.time = agent.time - step.$$

5. Уровень “счастья” для агента, находящегося в одиночестве, определяется следующим образом:

$$agent.hapiness = agent.time.$$

В случае перехода переменной *time* и, соответственно, *hapiness* в область отрицательных значений агент начинает искать собеседника и одновременно становится открытым для общения. Агенты с меньшим уровнем коммуникабельности могут дольше оставаться наедине, поскольку параметр *time* определяется как

$$time = 100 - communicable.$$

6. Поиск собеседника осуществляется с учетом зрительной способности агента (*vision Distance*), которая в этой версии одинакова для всех агентов.

В пределах видимости агент ищет для общения того агента, у которого уровень коммуникабельности максимально близок к его собственному:

$$agent1.communicable - agent2.communicable \rightarrow \min.$$

7. Если агенты договорились о встрече, их переменные *going* активируются, а скорости становятся максимально возможными. Деактивируются они в случае начала разговора, который начинается при сокращении расстояния между агентами до значения *contactDistance*.

8. В начале общения скорости агентов обнуляются, т.е. они останавливаются и меняют свой цвет. При этом активируются переменные *meeting*. По окончании разговора скорости принимают новые случайные значения, а переменные *meeting* деактивируются.

9. Если агент общается с другим агентом, его счетчик *contacttime*, имеющий обратный отсчет, уменьшается на единицу модельного времени *step*:

$$agent.contacttime = agent.contacttime - step.$$

При этом уровень удовлетворения агента рассчитывается следующим образом:

$$agent.hapiness = agent.communicable / agent.min.$$

Это означает, что удовольствие от общения прямо пропорционально уровню коммуникабельности агента и обратно пропорционально разнице в уровнях коммуникабельности агентов.

10. Общение заканчивается, если у одного из агентов закончился лимит времени (*contacttime*), отведенного на общение. В этом случае второй агент также вынуждено прекращает общение.

11. Суммарный показатель “счастья” (*agents.hapiness*) рассчитывается путем сложения переменной *hapiness* всех агентов.

В данное общество легко вводить разные дополнительные (усложняющие) условия. Например:

- 1) чем дальше агент находится в одиночестве, тем выше его скорость;
- 2) уровень коммуникабельности растет при контакте с агентом, у которого коммуникабельность выше;
- 3) конечный срок жизни и появление нового агента при исчезновении старого; срок жизни зависит от времени, проведенном в контакте (эволюционный процесс);
- 4) контакт не двух, а трех (и, может быть, более) агентов.

**Правило:** третий агент присоединяется, если его уровень контактности находится между уровнями собеседников.

И тому подобное.

### Версия AS-C2

Эта версия отличается от AS-1 только несколько другой окружающей средой, в которой действуют агенты. А именно: прямоугольник разделен прямой линией на две примерно равные части. При этом в линии (в границе) есть “дверь”, через которую агенты могут проникать из одной части пространства в другую.

Разница в свойствах этих двух сред состоит в следующем. В одной среде агенты действуют в точности как в AS-C1, а во второй – имеется “туман” или “вязкость” (кому какое название больше нравится). В “тумане” видимость агентов ограничена и двигаются они медленнее.

### Версия AS-C3

Эта версия уже существенно отличается от двух предыдущих. В ней появляется материальное благо (“сахар” в терминах (Epstein, Axtell, 1996)). В исходном положении материальное благо случайным образом рассыпано по пространству, т.е. занимает конечное число точек, так что в каждой такой точке имеется единица материального блага.

В обществе AS-C3 текущее состояние агента определяется следующими параметрами:

- местоположение –  $(x, y)$ ;
- скорость и направление движения –  $(v_x, v_y)$ ;
- уровень удовлетворения от контакта *contacttime*;
- уровень удовлетворения от состояния одиночества *time*;
- количество накопленного материального блага.

В каждый момент времени агент либо движется в одиночестве, либо стоит на месте, находясь в контакте. В процессе движения агент может видеть других агентов и материальное благо. Тогда если в его поле зрения оказались другие агенты и материальное благо, то агент решает часто встречающуюся в жизни задачу выбора между потреблением духовного (общение) и материального благ.

## ПРОСТОЕ ОБЩЕСТВО, ПОРОЖДАЮЩЕЕ ИЕРАРХИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ ГРУПП

В обществе, описанном версиями AS-C1, AS-C2, AS-C3, коллективное благо порождалось совместным времяпровождением двух агентов. В этом разделе я рассматриваю общество, в котором агенты стремятся группироваться друг с другом, поскольку тогда их расходы на существование уменьшаются. Вместе жить легче, и это совместное проживание есть не что иное, как порожденное коллективное благо. Однако, когда группа слишком велика, могут возникать трудности в управлении группой. Перенаселение из блага превращается в антиблаго. Поэтому появляются различные коллективные блага. Для производства одних достаточно иметь малую группу, для других – группа увеличивается. Естественным образом возникает иерархическая структура.

В обществе AS-G1, к описанию которого я перехожу, имеется три различных коллективных блага. Об их содержательной интерпретации чуть позже.

**AS-G1.** Окружающая среда, как и раньше, представлена прямоугольником. В нем живет конечное число агентов, у каждого из которых имеется одно и то же количество денег  $k$ . Задача агента – потратить эти деньги, получив для своего потребления максимальное количество коллективных благ. При этом предпочтение для коллективных благ лексикографическое. Сначала деньги расходуются на первое благо, потом на второе и в последнюю очередь – на третье.

Затраты на получение первого блага задаются формулой

$$cost_1 = k_1 + c_1 \times n^2,$$

где  $n$  – число агентов в группе,  $k_1$  – постоянные расходы на поддержание функционирования группы,  $c_1$  – расходы на одного агента.

Соответственно, для второго и третьего благ формулы имеют вид:

$$cost_2 = k_2 + c_2 \times n^{1.5},$$

$$cost_3 = k_3.$$

Работу модели удобно рассматривать по стадиям.

**Первая стадия.** Агенты движутся хаотически в замкнутом двумерном пространстве.

1. Если два агента попадают в поле зрения друг друга, то они движутся в направлении друг к другу и образуют группу.

2. Территория, на которой размещается группа, зависит от ее величины. Территория – это круг радиусом  $r(n) = a \times n^b$ , где  $n$  – число членов группы,  $a$  и  $b$  – положительные числа. Если  $n = 1$ , то  $r = 0$ .

3. Группа также движется, но с меньшей скоростью, чем агенты. Чем больше группа, тем меньше скорость.

4. Если агент видит группу, то возможны два исхода:

а) агент принимается группой, если  $cost_1(n+1) \leq cost_1(n)$ ;

б) агент начинает движение в противоположном направлении.

5. Если две группы попадают в поле зрения друг друга, то снова возникает два возможных исхода:

а) группы объединяются,  $cost_1(n_1 + n_2) \leq cost_1(n_1) + cost_1(n_2)$ ;

б) группы начинают двигаться в противоположных направлениях в противном случае.

Здесь  $n_1, n_2$  – количество населения в первой и второй группах соответственно.

Первая стадия заканчивается, когда все агенты оказываются в группах и дальнейшего слияния групп не происходит. Такое случается почти всегда, поскольку агенты двигаются быстро, и сначала образуются малые группы, которые всегда склонны принимать новых членов. Вероятность того, что все группы окажутся большого размера и не будут принимать новых членов, чрезвычайно мала.

Вторая стадия имеет место при условии, что у агентов останутся деньги для оплаты второго коллективного блага.

**Вторая стадия** начинается с того, что все группы хаотически двигаются с разными скоростями, в зависимости от величины группы.

1. Если две группы встретились, возможны два исхода.

А. Группы формируют район, если

$$cost_1(n_1 + n_2) \leq k(n_1 + n_2) - cost_1(n_1) - cost_1(n_2)$$

(неравенство означает, что количества денег, которые остались у агентов этих групп, достаточно для производства второго коллективного блага).

Б. Группы начинают двигаться в противоположных направлениях в противном случае.

**Замечание.** При реализации исхода (А) возможны варианты в зависимости от того, сколько агенты договаривающихся групп будут платить за производство второго блага.

2. При встрече группы и района возможны два исхода.

А. Группа входит в район при условиях:

$$i) cost_2(n + N)/(n + N) \leq cost_2(N)/N;$$

$$ii) cost_2(n + N)/(n + N) \leq k - cost_1(n)/n.$$

Здесь  $n$  и  $N$  – количество населения в группе и районе соответственно. Первое неравенство говорит о том, что плата за второе благо в расширенном районе не больше платы в прежнем районе. Второе неравенство утверждает, что количества денег в группе достаточно, чтобы платить за производство второго блага.

Б. Группа и район начинают двигаться в противоположных направлениях в противном случае.

3. При встрече двух районов снова имеем два варианта.

А. Два района сливаются в один, если:

$$iii) cost_2(N_1 + N_2)/(N_1 + N_2) \leq cost_2(N_1)/N_1;$$

$$iv) cost_2(N_1 + N_2)/(N_1 + N_2) \leq cost_2(N_2)/N_2.$$

Здесь  $N_1$  и  $N_2$  – количество населения в первом и во втором районе соответственно. Первое неравенство говорит о том, что плата за второе благо в объединенном районе не выше, чем в первом районе. Второе неравенство говорит то же самое о втором районе.

Б. Районы начинают двигаться в противоположных направлениях в противном случае.

4. Группа по истечении некоторого заданного времени принимает решение о преобразовании в район, если у нее хватит для этого денег. А именно если имеет место неравенство

$$cost_2(n) \leq k \times n - cost_1(n).$$

Вторая стадия заканчивается, когда некому больше объединяться. В результате получается некоторое число районов, каждый из которых состоит из одной или нескольких групп. При этом могут остаться группы, которые не превратились в район из-за нехватки денег. Население в этих группах не может пользоваться вторым коллективным благом.

**Третья стадия** по своему идейному содержанию не отличается от второй. Она состоит из процесса объединения районов в более широкие образования. Назовем их странами, для удобства. Само объединение осуществляется ради того, чтобы можно было производить третье коллективное благо.

1. При встрече двух районов возможны два исхода.

А. Они формируют страну, если у агентов достаточно денег, чтобы произвести третье коллективное благо, а именно:

$$k(N_1 + N_2) - (cost_1(N_1) + cost_2(N_1) + cost_1(N_2) + cost_2(N_2)) \geq k_3.$$

Здесь  $cost_1(N_1)$  и  $cost_2(N_1)$  – общие затраты первого района на производство первого и второго блага соответственно. Аналогично  $cost_1(N_2)$  и  $cost_2(N_2)$  – затраты второго района.

Б. Если указанное неравенство не имеет места, то районы начинают двигаться в противоположных направлениях.

2. При встрече района и страны имеет место один исход. Район присоединяется к стране, поскольку стране всегда выгодно получить дополнительные деньги, которые приносит район, поскольку это снизит плату за производство третьего блага.

3. При встрече двух стран также происходит их слияние по упомянутой выше причине. Слияния всех стран в одну не происходит по той причине, что начиная с некоторого порогового числа агентов в стране она перестает двигаться. Могут быть также другие причины, связанные со свойствами окружающей среды.

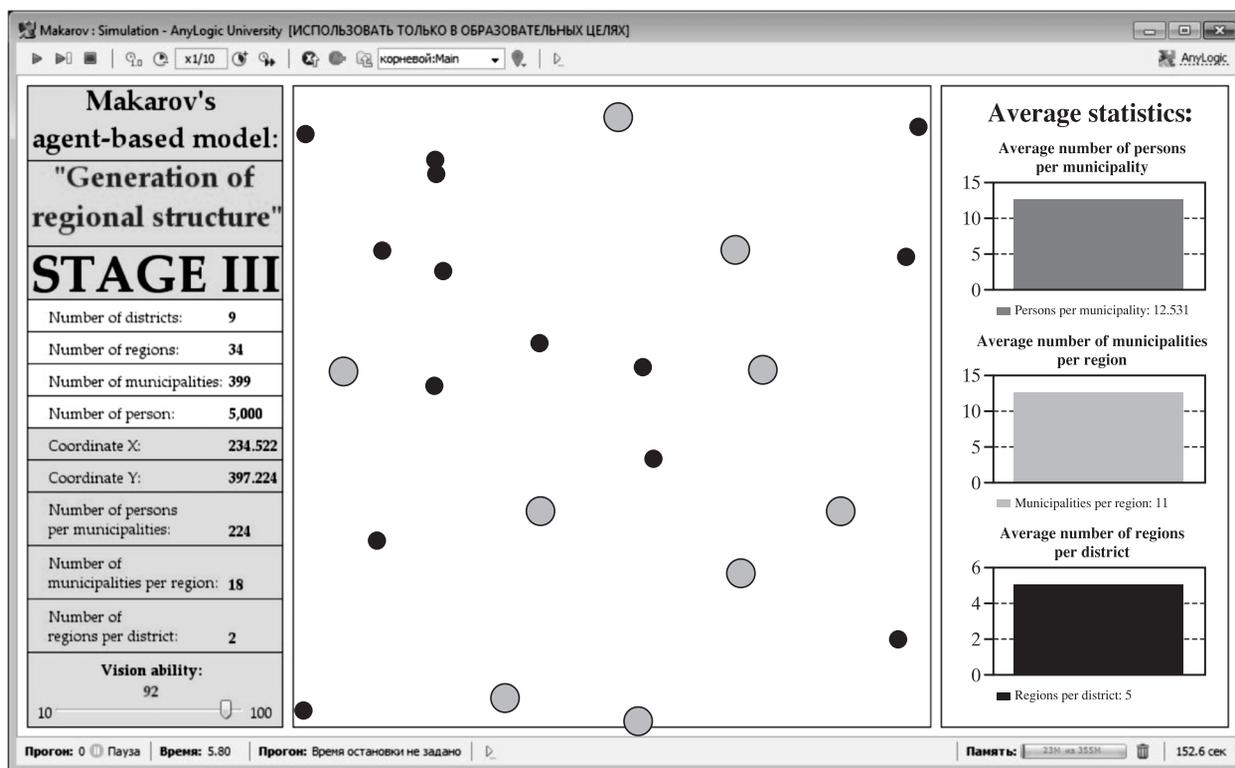
**Четвертая стадия** и последняя в данной версии, она снова относится к индивидуальному поведению агентов. Когда иерархическая система групп, районов и стран установилась, агенты начинают присматриваться к соседним образованиям и думать о “голосовании ногами”, как принято говорить после появления знаменитой статьи (Tiebout, 1956).

Итак, на четвертой стадии местоположение всех агентов зафиксировано, оно со временем не меняется, т.е. агенты не двигаются.

Случайно выбранный агент просматривает все группы внутри своего района и выбирает для перехода ту группу, где плата за первое коллективное благо меньше всего. Если таковой окажется его собственная группа, то переход, естественно, не состоится. Далее вся процедура повторяется.

Нетрудно увидеть, что здесь возникает множество возможных вариантов организации процесса “голосования ногами”. Можно тотально перебирать всех агентов. Можно ввести процедуру принятия агента в группу. “Голосование ногами” может быть не только внутри района, но и между районами, и между странами, где, соответственно, своя процедура принятия в члены.

Описанная модель – работающая. Наглядно видно, как формируются группы, районы, страны. Можно проследить, сколько групп в районах образуется, сколько районов в странах получается, в зависимости от конкретных параметров (см. рисунок).



Принципиальный вопрос, который возникает при проведении экспериментов с искусственными обществами, заключается в следующем. Как возникают те или иные характеристические свойства общества? Иными словами, как из микродействий агентов формируются характеристики, относящиеся к обществу в целом?

## ОБЪЕДИНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И АОМ

В рассмотренных выше моделях проблем в движении агентов в окружающей среде не возникает, потому что среда есть плоскость в двумерном пространстве. В более приближенных к жизни АОМ агенты должны действовать, в частности двигаться, в среде типа географической карты. Более того, они должны уметь изменять окружающую среду. Манипуляции с картами в компьютере осуществляются с помощью ГИС-программ<sup>3</sup>. Но погрузить агентов в среду, описываемую ГИС-программами, не так-то просто. Недавно состоялась представительная конференция, специально посвященная этому вопросу<sup>4</sup>.

На конференции подчеркивалось, что существует два подхода к объединению ГИС-технологий и АОМ. Согласно первому подходу, за основу следует взять программу, работающую с АОМ, а дальше скрупулезно вычерчивать карты, взятые с ГИС-объектов. Так, например, наша лаборатория экспериментальной экономики в ЦЭМИ РАН поступила при построении АОМ для моделирования пробок в Москве (Макаров, Житков, Бахтизин, 2009). За основу взяли программу AnyLogic и в ее среде выписывали карту Москвы.

Второй подход представляется, в принципе, более перспективным. Он состоит в том, что за основу берется ГИС-программа и в ней создается нужное число слоев, которые управляют поведением агентов. Именно такой подход мы начинаем использовать при построении электронного

<sup>3</sup> ГИС – это аббревиатура от Географических информационных систем. Существует целое множество программ для работы с ГИС-объектами. См. например, сайт <http://www.esri.com>.

<sup>4</sup> По результатам конференции издана книга (Agent-Based Models, 2012).

муниципалитета с интерактивными возможностями вовлечения населения в процесс принятия решений.

Итак, окружающая среда в модели представляется в виде подробной ГИС-карты муниципалитета, управляемой программой ArcGis 10. ГИС-карта имеет несколько слоев, с помощью которых моделируется поведение агентов в окружающей среде.

*Первый слой:* показатели объектов карты (дома, улицы и т.д.).

*Второй слой:* местоположение агентов на карте, их характеристики (портрет, состояние).

*Третий слой:* перечисление и описание возможных действий агентов, а также правила выбора агентами действий.

Модель устанавливается и поддерживается в соответствующем департаменте муниципалитета. Для стандартного пользователя модель муниципалитета выглядит как сайт в Интернете, в который можно входить по паролю, получать и вводить информацию.

Стандартными пользователями являются все жители муниципалитета. Физический доступ к сайту кроме имеющихся у населения личных персональных компьютеров обеспечивается публично доступным компьютером в конторе муниципалитета и планшетами типа iPad, которыми снабжаются все руководители муниципалитета.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение представляется уместным немного пофантазировать относительно широких возможностей описанного инструмента искусственных обществ. В журнале “Journal of Artificial Societies and Social Simulation”, а также на сайте artsoc.ru читатель найдет много примеров использования инструмента АОМ для ответа на разные вопросы социологического характера. Здесь и механизмы порождения социальных норм, и сегрегация, и формирование клубов, и роль взаимного доверия, и многое другое. В своих статьях (Макаров, 2007б; Makarov, 2010) я отмечаю несколько направлений исследований с помощью использования искусственных обществ, в которых результаты другим способом получить крайне затруднительно.

Здесь я предлагаю читателю обратить внимание на новые явления, которые проявили себя именно в информационном обществе.

1. Явление коллективного творчества. В искусственных обществах на базе АОМ можно моделировать процесс творчества. В литературе, см., например (Московичи, 1996), сложилось мнение, что масса людей не креативна. В толпе есть небольшой процент креативных агентов, которые время от времени поступают нестандартно. Масса склонна к подражанию, обычно она начинает подражать первоначально нестандартному поведению. Лидером становится тот, кому подражают больше других и который в конечном счете захватывает массу.

Согласно Московичи и Тарду, толпы можно разделять на естественные и искусственные. Искусственными являются организованные толпы: партии, церковь, секты, корпорации, армия, юрисдикция, включая государство.

Согласно Московичи и его предшественникам – Ле Бону и Тарду, – толпа не креативна, консервативна и не обладает творческим потенциалом. Креативны конкретные личности. Однако некоторые общественные явления созданы именно толпами, а не индивидуумами. Пример – язык, или, точнее, – языки. Как муравьи строят геометрически правильный муравейник, если нет лидера (конструктора), который управляет процессом? Макроявления получаются неожиданно интегральными в результате воздействия микродействий. Искусственные толпы могут создавать такие вещи, которые индивидуум, каким бы он ни был, создать не в состоянии.

2. Искусственные общества начинают строиться не только для чисто научных целей. Они проникают и в коммерческие отношения. С легкой руки Кастроновы (Castronova, 2005) такие общества получили название синтетических миров. В синтетических мирах человек принимает непосредственное участие. Технологически это дальнейшее развитие компьютерных игр, в которых участвует множество игроков.

Для обозначения таких игр используется неудобоваримая аббревиатура: MMORPG (Massively Multiplayer Online Role-Playing Game). Эти игры бурно развиваются там, где есть широкополосный Интернет. В них принимают участие все больше игроков. Счет идет на десятки миллионов человек. Вот эти самые MMORPG и называются синтетическими, или искусственными, мирами. Причем эти миры живые. Они постоянно изменяются, развиваются, совершенствуются, в отличие от мертвых виртуальных миров, которые ассоциируются со “Звездными войнами”, “Пятым элементом” или известной “Матрицей”.

Пока что научное сообщество не использует этот инструмент для своих исследований. Но ясно, что здесь таятся большие возможности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бахтизин А.Р.** (2008): Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика.
- Данков А.Н., Макаров В.Л.** (2002): Межтерриториальная и межпартийная конкуренция: сравнительный анализ влияния политических институтов. Препринт Российской экономической школы.
- Истратов В.А.** (2009): Агенто-ориентированная модель поведения человека: не в деньгах счастье? // *Экономика и мат. методы*. Т. 45. № 1.
- Макаров В.Л.** (2007а): Коллективные блага в АОМ // *Искусственные общества*. Т. 2. № 1.
- Макаров В.Л.** (2007б): Искусственные общества: мощный инструмент для изучения экономических и подобных систем // *Искусственные общества*. Т. 2. № 3–4.
- Макаров В.Л., Житков В.А., Бахтизин А.Р.** (2009): Регулирование транспортных потоков в городе – проблемы и решения // *Экономика мегаполисов и регионов*. № 3.
- Московичи С.** (1996): Век толп. М.: Центр психологии и психотерапии (пер. с французского издания 1981 г.).
- Цетлин М.Л.** (1969): Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М.: Наука.
- Agent-Based Models (2012): Agent-Based Models of Geographical Systems / Heppenstall A., Crooks A., See L., Batty M. (eds.). Chapters 37. L., N.Y.: Springer Dordrecht Heidelberg.
- Alesina A., Spolaore E.** (1997): On the Number and Size of Nations // *The Quarterly J. of Econ.* Vol. CXII. № 4. November. P. 1027–1056.
- Bewley T.** (1981): A Critique of Tiebout’s Theory of Local Expenditure // *Econometrica*. Vol. 49. P. 713–741.
- Buchanan J.M.** (1965): An Economic Theory of Clubs // *Economica*. Vol. 32. № 125. P. 1–14.
- Caplin A., Nalebuff B.** (1997): Competition among Institutions // *J. of Econ. Theory*. Vol. 72. № 2. February. P. 306–342.
- Castronova E.** (2005): Synthetic Worlds. Business and culture of online games. Chicago: The University of Chicago Press.
- Collman K., Miller J.H., Scott E.P.** (1997): Political Institutions and Sorting in a Tiebout model // *American Econ. Rev.* Vol. 87. P. 977–992.
- Conway J.** (1970): The Game of Life // *Scientific American*. Vol. 223. October.
- Epstein J.M., Axtell R.** (1996): Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up. Washington DC.: Brooking Institution Press and MIT Press.
- Gershenson C.G.** (2001): Artificial Societies of Intelligent Agents. Thesis presented to Fundacion Arturo Rosenblueth.
- Hu B., Debing Zhang** (2007): Cellular – Automata Based Qualitative Simulation for Nonprofit Group Behavior // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. Vol. 10. № 1.
- Lansing S.** (2005): Artificial Societies and Social Science. SEI Working Paper (Santa Fe Institute).
- Makarov V.L.** (2010): Artificial Societies: A powerful Tool to study Economics and Related Systems // *Искусственные общества*. Т. 5. № 1–4.
- Nelson R.R., Winter S.G.** (1982): An Evolutionary Theory of Economic Change. (Перевод: **Нельсон Р.Р., Уинтер С.Дж.** (2002): Эволюция теорий экономических изменений. М.: Дело.)

**Persson T., Roland G., Tabellini G.** (2000): *Political Economics – Explaining Economic Policy*. Cambridge, MA: MIT Press.

**Samuelson P.A.** (1954): The Pure Theory of Public Expenditure // *Rev. of Econ. and Statistics*. Vol. 37. № 4.

**Tiebout Ch.M.** (1956): A Pure Theory of Local Expenditures // *J. of Political Econ.* Vol. 64. № 5. P. 416–424.

Поступила в редакцию  
16.03.2012 г.

## **Artificial Societies**

**V.L. Makarov**

The methodology of artificial societies, coming from the sophisticated development of so called agent based models, is going to be a breakthrough in social sciences. In the paper we try to show it using the examples of mathematical economics and related topics. The growing complexity of mathematical models can be overcome by the construction of artificial worlds and following computer experiments. The first nontrivial results are in place. Some intriguing questions and problems are formulated, answers on which one can expect after the application of the new methodology.

**Keywords:** artificial societies, agent based models, complexity of mathematical models.