

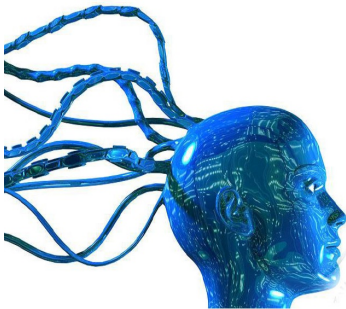
Artificial societies. 2013-2020

ISSN 2077-5180

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

All right reserved

Issue 1-4 Volume 5. 2010



A review of socio-economic agent-based models

N. Gizatov

Russian Federation, Ufa,

Abstract

What is the concept of agent-based modeling? Special types of agents, endowed with properties, methods and propensity to interact, are created to study a certain phenomenon. All processes occur in iterations, in discrete time intervals and are not determined. Autonomous computer becomes a major tool for demonstrating graphic and symbolic models to users.

Keywords list (en): agent-based models, socio-economic models, review of agent models

Date of publication: 01.12.2010

Citation link:

Gizatov N. A review of socio-economic agent-based models // Artificial societies. 2010. V. 5. Issue 1-4 [Electronic resource]. Access for registered users. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800000060-5-2/> (circulation date: 23.09.2020).

1 5 августа 2009г американские экономисты Дойн Фармер и Дункан Фоли опубликовали статью «The economy needs agent-based modeling», в которой авторы критикуют мировых лидеров за то, что они управляют экономикой, практически не сдвигаясь с мертвой точки. “Однако существует лучший способ помочь финансовой политике. В сегодняшнюю высокотехнологичную эпоху предполагается, что экономические советники президента США Барака Обамы и его международных коллег, используя сложные компьютерные модели, способны вывести нас из нынешнего экономического кризиса. Но это не так. Область экономических моделей остается открытой для новых разработок и концептуальных идей”. [1] Ключевым способом быстрого развития компьютерных моделей авторы считают агент-ориентированный подход.

2 В чем заключается концепция агент-ориентированного моделирования? Для изучения

конкретного феномена создаются специализированные типы агентов, наделенные свойствами, методами и склонностью к взаимодействию. Все процессы происходят итерационно, дискретными временными интервалами и не обладают свойством детерминированности. Основным способом донесения графических и символических моделей до отдельных пользователей является автономный компьютер. Например, графические трехмерные модели городов могут быть созданы в гео-информационной системе и открыты для других пользователей при помощи сервиса Google «Планета Земля».

3 Агент-ориентированные модели часто объединяются подобным образом. Например, можно создать модель в NetLogo и связать ее с другими через Интернет посредством сетевого приложения. Связь такой модели с пользователями можно реализовать через электронную почту, мгновенные сообщения и видеоконференции, такие как Skype. Аналогичные реалистичные агентные модели могут быть созданы в программных продуктах трехмерного моделирования или графических пакетах, таких как Quadstone Paramics или 3D Studio Max, в которых графические модели могут быть использованы в качестве фона для, например, моделирования движения, но в основном они предназначены для одиночного пользования. Большинство выводов подобных трехмерных моделей основано на анимационных роликах. На основе агент-ориентированного моделирования уже создаются виртуальные миры с огромным количеством пользователей, что дает возможность изучать социальное поведение предельно точно. По своей сути виртуальные миры, как правило, склонны к публичной визуализации. Это важно не только в отношении взаимодействия человека с компьютером, ведь визуализация является основным способом этого, точнее будет утверждать, что визуализация является самым эффективным способом связи выходной информации модели и исследователя с точки зрения АОМ (Норф и Мэкал 2007). Некоторые исследователи небезосновательно утверждают, что, когда модели делают визуальными, они становятся наиболее прозрачными (Бэтти 2007), ведь визуализация ключевых процессов моделей помогает передать модель четко и быстро (Корнхаузер и др. 2009). Сочетание так называемых графических и символических моделей в виртуальной среде позволяет создателям моделей и пользователям действительно наблюдать работу своей модели пошагово в реалистичной среде и оценивать ее эффективность. Особенно в агент-ориентированных моделях, в которых мы прогнозируем поведение человека, можно на собственном опыте ощутить насколько точна эмуляция.

4 1. Рассмотрим подробнее один из таких виртуальных миров на основе концепции агент-ориентирования, международный проект «Second Life». Это не только один из самых мощных визуальных и виртуальных миров, с доступным языком сценариев, позволяющим создавать такие объекты как копии реальных зданий, но он также является самой успешной социально-визуальной средой в Интернете. На момент написания статьи в Second Life было более 14 миллионов зарегистрированных пользователей с более чем 400 тысяч пользователей в неделю (Linden 2008). Появившаяся в 2003 году с немного большим, чем несколько километров моделируемого компьютерного пространства, теперь она охватывает более десяти тысяч квадратных километров. Инициированный Линденом Лэбсом, мир «Second Life» был создан почти в полном единстве с его пользователями. Например, жители тратят в общей сложности 23тысячи часов в день на создания объектов от предметов одежды до домов, таким образом, демонстрируя прекрасный пример коллективного создания кода (Howe 2008). Пользователи создали свою цифровую географию в ее чистейшем виде. Реки, долины, горы, деревни и города, занимающие все большее пространство, были созданы мало по малу миллионами пользователей. Каждая часть визуального пространства Second Life по-прежнему редактируема. Пользователи могут свободно войти в Second Life, обменяться сообщениями и начать изучать, а если кто-то захочет начать "строительство", то ему придется зарегистрироваться и купить землю. Игроки тратят в среднем 350000\$ в сутки, или 130\$ млн в год. Виртуальные миры все шире используются в качестве средства для социального

взаимодействия и работы, связанной с такой деятельностью, как преподавание. Например, многие компании, организации и академические институты приобрели земли в «Second Life», в том числе IBM, Sony-Ericsson, Оксфордский университет, если называть лишь некоторые из них. Строительство фасадов магазинов, виртуальных кампусов или штаб-квартир, где агенты-представители их служащих могут заниматься бизнесом или содействовать развитию науки (см. Nackathorn 2006). «Second Life» предоставляет богатую среду для преподавания, обучения и связи. Second Life – это всего лишь оболочка, в которой реализовано множество социально-экономических моделей.

5 2. Виртуальный мир «Second Life» можно считать трехмерной игрой, в которой действуют реальные экономические законы. Однако для решения некоторых конкретных локальных задач этот виртуальный мир не применим. Создание качественных моделей, целью которых является эмуляция процессов реального мира, является актуальной проблемой во многих областях. Не многие модели доступны для свободного скачивания и ознакомления, но некоторые реализованные модели тезисно описаны в зарубежных электронных изданиях, что дает нам возможность познакомиться с направлениями, по которым ведут работу западные коллеги.

6 Рассмотрим опыт европейских коллег, а именно «Расширенную модель рынка для зоны Евро» [2]. *Ключевыми словами модели являются:* Европейский валютный союз, макроэконометрическое моделирование зоны евро. Реализованная модель является ежеквартальной оценочной макроэкономической моделью для зоны евро. Она рассматривает зону евро как область единой экономики. Агентами выступают фирмы, производящие продукты, потребители и рабочие. По сути, это является моделью спроса и предложения, осложненной введением дополнительного агента – «рабочий». Модель рассчитана на долгосрочные равновесия в соответствии с неоклассической экономической теорией, в то время как в краткосрочной перспективе динамика ориентирована в основном на спрос. В долгосрочной перспективе фактор требования находится в соответствии с максимизацией прибыли фирм. В краткосрочной перспективе разница в объеме производства и разница между уровнями безработицы влияют на цену, заработную плату, и динамику издержек. Текущая версия модели остается похожей на предыдущие по интерфейсу и общей концепции, но уравнения для финансовых переменных регулярно усовершенствуются. То есть, эксперты со временем изменяют математический аппарат и поведение каждого агента, но конечному пользователю не нужно привыкать к новой версии модели, так как принцип работы остается неизменным. Качество оценки модели с момента создания возросло в связи с улучшением калибрования, основанного на конкретных локальных данных по безработице, фирмах-производителях и потребительском спросе. Модель можно эмулировать, проверяя различные гипотезы относительно фискальной и монетарной политики и ожидания агентов. Она используется для проведения политики прогнозирования общеевропейских задач.

7 3. Обратимся отдельно к одной из многих, ставших популярными, агент-ориентированных моделей для регионального прогнозирования - поквартальной модели для Бельгии [3], которая используется с мая 2007г. Поквартальная модель для Бельгии, построенная в Национальном банке Бельгии, может обеспечить количественный вклад в процессы анализа и проектирования политики в пределах рыночной структуры на микроуровне и симулирует потоки денежного обращения в стране. Оптимизация домашних хозяйств и фирм подчинена многочисленным издержкам регулирования. Важные характеристики модели: ценообразование на рынке, гибкие наценки и неполная передача, функции контрольной проверки производства, заработная плата с временной зависимостью, описанная в работах Дотси, Короля и Уоллмэна, многочисленные издержки регулирования как в Совете управления Федеральной резервной системой США. Спрос на деньги зависит от применения современных финансовых и банковских технологий, отлаженности всей системы

платежно-расчетного оборота. Например, данная модель демонстрирует, что спрос на деньги снизился после внедрения электронного способа перевода ценных бумаг от одного владельца к другому. Большинство уравнений математического аппарата модели, взятых отдельно, имеют приемлемые статистические свойства, и диагностические симуляции предполагают, что реакции агентов на экзогенные шоки вполне адекватны. Моделирования могут быть проведены также при альтернативных формированиях ожиданий потоков денежного обращения, не только для Бельгии и других стран зоны евро. **Ключевые слова:** эконометрическое моделирование; оценка рынка; многочленные издержки регулирования.

8 4. Разрабатывая социальные модели, нельзя не учитывать фактор старения и изменения продовольственных интересов. Работа «Старение населения и межвременное потребление: агент-ориентирование против социального планирования» [4] была опубликована в Австралии в июле 2007г. Реализованная в ходе ее модель рассматривает пути оптимального поведения потребителей с учетом старения населения. Считается, что старшие возрастные группы испытывают относительно большие потребности за счет, например, дополнительных расходов на здравоохранение. Эти различия приводят к концепции «эквивалентного количества людей», исходя из численности населения. Особый упор делается на разницу между средой, в которой участвуют представители в виде агентов и той, в которой планы принимаются социальным планировщиком. Точные условия, при которых происходит рост потребления, устанавливаются одинаковыми и для представителей-агентов, и для социального планирования. Эта эквивалентность устанавливается только в том случае, если в решениях социального планировщика люди рассматриваются как соответствующие уникальные единицы анализа. Существуют альтернативные предположения, в которых эквивалентные лица рассматриваются как соответствующие агрегированные группы людей, для которых подбираются различные оптимальные пути потребления. Численные примеры демонстрируют отношение величин к ряду параметров. Различия признаны потенциально важными. Выбор соответствующих потребителей - физических лиц или эквивалента человека - далеко не произволен, поскольку оно предполагает, возможно, несовместимые оценочные суждения. Этот выбор имеет последствия для политики, направленной на оптимальное управление уровнями сбережений, таких как политика пенсионного обеспечения и сбалансированности бюджета. Результаты сравнения опробованных социальных планировщиков и новых агент-ориентированных моделей, учитывающих старение агентов и взаимосвязь между возрастом и потребительскими нуждами в итоге оказались примерно равны. Авторы считают, что интеграция подобного модуля «учета старения» в существующие рыночные агент-ориентированные модели придаст им дополнительную степень достоверности. **Ключевые слова:** социальный планировщик; представитель - агент; межвременное планирование; старение населения.

9 5. Использование агент-ориентированного подхода становится нормой не только для США и Европы. Рассмотрим модель «Эффект образовательных субсидий в региональном экономическом росте Китая» [5], разработанную в Японии в 2010 году.

10 Эта работа рассматривает влияние образовательных субсидий на региональный экономический рост и различия между двумя китайскими регионами, Цзянсу и Ляонин, путем имитации их экономики за 6 перекрывающихся поколений модели, в которых люди решают насколько продолжительным должно быть их образование. Для того чтобы бюджетные средства, потраченные на подготовку специалистов в рамках государственного заказа, тратились по назначению, предлагается использовать механизм введения целевых образовательных субсидий только для тех специалистов, которые достигают достаточно хороших результатов в обучении. Это исследование оценивает долгосрочные темпы роста, то есть устойчивость тенденции роста региональной экономики на основе текущих субсидий в образование, а также анализирует их влияние на накопление человеческого капитала с точки

зрения экономического роста, учитывая повышение уровня образовательных субсидий. Как показывают результаты симуляции, так как большее количество государственных субсидий в области образования склоняет частных лиц к инвестированию в человеческий капитал, то оба региона повышают темпы экономического роста. Кроме того, из-за большого различия в производительности между регионами, разница в росте увеличивается равномерно с повышением ставки образовательных субсидий. **Ключевые слова:** перекрытие поколений; региональное неравенства, человеческий капитал, образовательные субсидии, экономический рост.

11 6. Работа «Оценка влияния Олимпийских игр 2004 года на греческую экономику: малая макроэконометрическая модель» [6] опубликована в Греции в июне 2008 года. Данная модель рассматривает влияние Олимпийских игр 2004 года в Афинах на греческую экономику. Используя ее, мы находим свидетельства в пользу того, что Олимпиада является событием, которое может успешно стимулировать экономику принимающего города путем создания преимуществ, которые покрывают расходы на подготовку. В соответствии с современной литературой в этой области, в то время как эффекты влияния достаточно сильны на этапе подготовки и в год Олимпийских игр, долгосрочный экономический эффект, как представляется, видится довольно скромным. Очевидно, что получаемые при симулировании результаты противоречат текущей экономической обстановке в Греции. Олимпийские объекты не были в полной мере востребованы после завершения игр. Во многом причиной тому стал мировой экономический кризис. Спортивные стадионы намеревались сдавать в аренду для проведения выставок, концертов и других массовых мероприятий, однако этого не случилось. Подобные ошибки неизбежны, если не учитывать сопутствующие факторы, часто исключаемые из модели для акцентирования конкретной проблемы. **Ключевые слова:** макроэконометрическая модель; прогнозирование, крупные спортивные мероприятия, Греция.

12 7. Агент-ориентированная модель «Как жизнь? Сочетание индивидуальных и национальных переменных для объяснения субъективного благополучия» [7]. Работа опубликована в Канаде в марте 2003 года.

13 Эта работа пытается объяснить международные тенденции и различия в субъективном благополучии по сравнению с последней пятилеткой двадцатого века. Это делается в несколько этапов. Главное новшество этой модели по сравнению с более ранними исследованиями субъективного благополучия заключается в использовании крупных международных выборок индивидуальных респондентов для калибровки, что позволяет одновременное определение на индивидуальном уровне и на уровне социальных детерминант благополучия. Это особенно полезно при определении прямых и косвенных связей между социальным капиталом и благополучием. Люди-агенты наделены многочисленными потенциальными потребностями, которые зависят от социального статуса, возраста и места проживания. Все факторы условно разделены на индивидуальные и общенациональные благополучия. Результаты демонстрируют причины для предоставления центральной роли субъективным мерам благосостояния, связь между социальным капиталом, образованием и благосостоянием. **Ключевые слова:** субъективное благополучие; социальный капитал; международные сравнения.

14 8. «Конкуренция как проверка гипотез: Моделирование рынка знаний. Создание процессов» [8]. Ключевые слова: концепция Хайека, конкуренция, знания, инновации, контроль за слияниями, концентрация, моделирование, эволюционная экономика.

15 Главная цель данной работы состоит в создании модели, основной на механизме обучения Хайека, который состоит из экспериментов взаимного обучения, а также задает для агентов скорости накопления знаний.

16 Основная идея эволюционной концепции конкуренции генерируемых знаний Хайека заключается в том, что конкуренцию на рынке следует рассматривать как параллельные процессы "проб и ошибок" при проведении экспериментов, в которых конкурирующие фирмы создают и проверяют новые гипотезы по поводу наилучших путей выполнения предпочтений клиентов на рынке.

17 В этой модели многоуровневой имитации на микроуровне фирмы создают новые гипотезы путем мутации. На макроуровне, на рынке, эти гипотезы встречаются и определяются лучшие фирмы. Все фирмы начинают подражать лучшей из фирм. В модели симулируется 100 периодов, которые состоят из инновационных и имитационных фаз. Предполагается, что децентрализация имеет решающее значение для осуществления процесса генерации знаний, поскольку большее число независимых инновационных фирм приводит к большему количеству экспериментов. Модель позволяет исследовать влияние концентрации компаний, влияние децентрализации фирм, а также влияние препятствий для подражания на темпы роста накопления знаний. Результаты моделирования показывают, что число фирм, положительно коррелирует с быстротой накопления знаний, предлагая новый аргумент для критической оценки политики слияний в области конкуренции.

18 9. Одной из важнейших проблем в Европе считается социальное прогнозирование. Работа «Моделирование решений об участии и продолжительности спортивной деятельности в Шотландии» [9] опубликована в Шотландии в ноябре 2009г.

19 Мотивация лиц к активному занятию физическими упражнениями из-за их благотворного воздействия на здоровье является неотъемлемой частью политики здравоохранения Шотландии. Нынешние шотландские исследования рекомендуют людям проявлять умеренную физическую активность в течение 30 минут по крайней мере пять раз в неделю. Индивидуально рассматриваются рекомендации в соответствии с заинтересованностью, интенсивностью, продолжительностью и кратностью занятий. Понимание различий каждого решения оказывает помощь в разработке методов воздействия на население для осуществления рекомендованной политики. Благодаря средним данным, полученным из шотландских медицинских исследовательских центров, была статистически откалибрована модель комбинированного процесса принятия решения. При принятии такого подхода, модель гибко ведет себя в любых статистических ассоциациях, которые могут существовать между компонентами решений. Таким образом, модель симулирует отношения между отдельными лицами, решающими принимать участие в спортивных мероприятиях, а среди тех, кто участвует, воссоздает продолжительность времени проведения избранной ими деятельности. Модель располагает различными инструментами управления, включая демографические факторы, такие как возраст и пол, экономические факторы, такие как уровень доходов и образования, образ жизни в таких факторах, как курение, употребление алкоголя, здоровое питание и медицинская история. Модель используется для сравнения влияния мероприятий, направленных на увеличение силы, борьбы с ожирением и просто для укрепления здоровья, а так же воссоздает социальные группы по общим интересам.
Ключевые слова: спорт, выборы; участие; продолжительность.

20 10. «Регионализация, государственные расходы и экономический рост: стилизованные модели хищный государств» [10], опубликовано во Франции в июне 2007 года.

21 В ходе данной работы разработана модель, анализирующая влияние "регионализации" на экономическую активность. В масштабах государства она должна быть направлена на упорядочение жизнедеятельности общества, на обеспечение целостности и устойчивости общенациональной хозяйственной системы, на повышение ее выживаемости по отношению к внешней агрессивной. Модель не привязана к какому-либо конкретному государству и демонстрирует, что пространственное разделение общественных полномочий может оказывать

влияние на темпы экономического роста в зависимости от эффективности выбора правительства: первичность преимущества для слабых уровней и ограничение децентрализации (сокращение регионального размера) из-за опасности недооценки государственных расходов органов местного самоуправления. **Ключевые слова:** Межбюджетные отношения; пространственная экономика; Государственные финансы и коррупция.

22 11. “Изучение методов анализа платежных систем, основанных на агент-ориентированном моделировании: Кризисная модель в StarLogo”. [11]

23 Целью данной работы является создание поисковой агент-ориентированной модели валовых расчетов платежной системы в реальном времени (RTGS). В качестве агентов в модели, реализованной в среде StarLogo, выступают банки (Рис.1). Агенты обмениваются платежными требованиями, а затем действуют в соответствии с набором простых правил. Модель имеет основные элементы системы реальной жизни, в том числе центральный банк, выступающий в качестве поставщика ликвидности, и упрощенный денежный рынок. Имитационная модель с использованием синтетических данных BI-REL (итальянский RTGS) предсказывает макроскопическое воздействие разрушительных событий на поток межбанковских платежей. В нашей уменьшенной системе после разрушительного явления возникают 3 гипотетических отдельные фазы:

- 24 1. создается эффект ликвидности раковины, и ожидания участников ликвидности оказываются чрезмерным,
2. следует иллюзорное расширение денежного рынка наряду с увеличением задержки платежей,
3. резко возрастает дефолт обязательств.

25 Возникают сценарии, в которых от центрального банка может понадобиться шаг в качестве поставщика ликвидности.

26



Рис.1. Моделируемый мир до и после критического события (одна секунда до (слева) и 140 секунд после (справа) критического события, которое ударило по агенту, обведенному кругом, и лишило его денежного потока.

27 Ключевые слова этой работы: агент-ориентированное моделирование, платежные системы, RTGS, ликвидность, моделирование кризиса. Исследования разработчиков этой

модели связаны с последними событиями в моделировании системы RTGS и направлены к созданию базы знаний и алгоритмических представлений основных правил поведения банков-участников. В ходе этой работы реализованы миниатюрные агентные рамки, которые, хотя и не являются исчерпывающими, но включают в себя все основные элементы реального мира. В связи с малым масштабом и ограничениями, выбран соответствующий программный инструментарий – StarLogo. Скорее, эту модель следует воспринимать как изучение потенциального агент-ориентированного метода, основанного на анализе платежных систем. По сравнению с предыдущими агентными упражнениями, главным новшеством модели является явное введение денежного рынка, которая играет фундаментальную роль в эволюции системы после кризисных событий в условиях ограничения деятельности участника.

28 12. Моделирование принципа Питера.

29 Итальянские ученые предложили способ победить закономерность, известную как принцип Питера. [12] Согласно этому принципу, в иерархической системе любой работник поднимается до уровня своей некомпетентности. Логическое обоснование принципа Питера заключается в следующем. В типичной организации, построенной по иерархическому принципу, начальство повышает тех сотрудников, которые лучшим образом проявляют себя на текущих позициях. Рано или поздно сотрудник оказывается в должности, с обязанностями которой он не в состоянии справиться. Причина заключается в следующем: успех работника на некоем посту не означает, что у него достаточно личных и профессиональных качеств для выполнения более сложных обязанностей.

30 Итогом действия принципа Питера является постепенное распространение некомпетентности по всем уровням в организации. Авторы данной работы рассмотрели другие способы назначения сотрудников на руководящие посты и сравнили итоговую эффективность функционирования организации. Одна из альтернатив заключается в последовательном повышении сначала наиболее, а затем наименее успешных сотрудников. Вторая подразумевает назначение на более высокие должности работников в случайном порядке. Согласно выводам ученых, оба метода дают лучшие результаты, чем существующая практика продвижения работников в организациях. Ученые решили смоделировать этот принцип, используя агентное моделирование и продукт NetLogo. Какова логика модели? Они представили компанию в виде иерархической структуры с шестью уровнями (Рис.2). [13] На каждом уровне организации находится определенное количество сотрудников с определенным уровнем компетенции и стажем работы. На каждом ходе модели с агентом может произойти следующее:

- 31 1. Агента увольняют, если его компетенция опустится ниже некоторого критического уровня компетенции или его возраст превзошел пенсионный; при увольнении агента его место освобождается и вакантная позиция окрашивается в желтый цвет.
2. Если какая-либо позиция вакантна, то на нее назначается согласно одной из трех стратегий самый лучший, самый худший или случайный сотрудник с предыдущего уровня.
3. Если позиция вакантна на самом низком уровне, то новый сотрудник нанимается извне с возрастом и компетенцией в пределах некоторого заданного уровня.

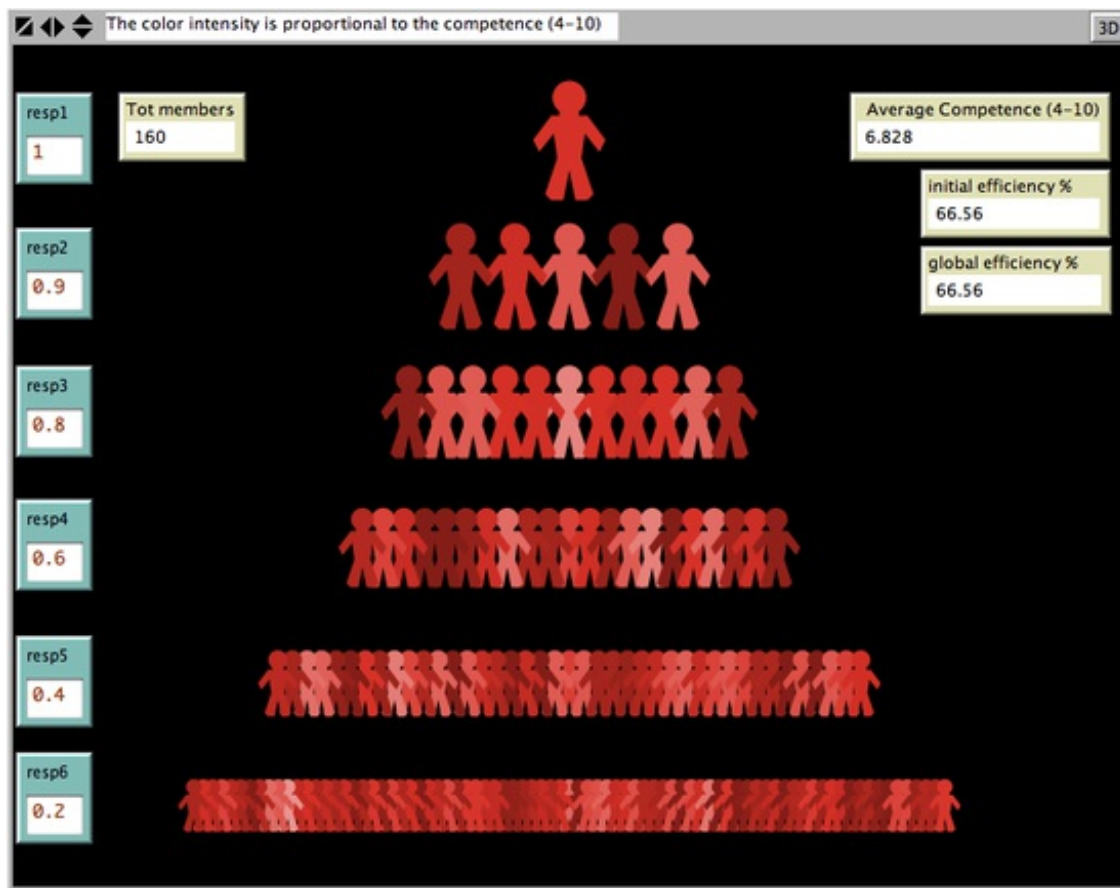


Рис.2. Моделирование иерархической лестницы в NetLogo.

33 При повышении сотрудника на новый уровень ученые рассмотрели 2 гипотезы о наследовании компетенций:

- 34 • общепризнанная – сотрудник наследует компетенции, которые у него были на предыдущем уровне, с некоторым “шумом”
- принцип Питера – компетенции сотрудника на новом уровне никак не зависят от компетенций на предыдущем.

35 В ходе моделирования ученые получили следующие результаты [13]:

- 36 • если гипотеза Питера верна, то для максимального общего уровня компетенции всех сотрудников необходимо повышать самых худших сотрудников;
- если верна общепризнанная гипотеза (компетенции наследуются), то необходимо продвигать самых лучших сотрудников;
 - но лучшей стратегией для обеих гипотез является повышение людей случайным образом, независимо от их компетенции (или случайную комбинацию принципа “самый лучший” и “самый худший”).

Обзор агент-ориентированных социально-экономических моделей

Гизатов Н. Р.

*Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН
Российская Федерация, Уфа,*

Аннотация

Ключевым способом быстрого развития компьютерных моделей считается агент-ориентированный подход. В чем заключается концепция агент-ориентированного моделирования? Для изучения конкретного феномена создаются специализированные типы агентов, наделенные свойствами, методами и склонностью к взаимодействию. Все процессы происходят итерационно, дискретными временными интервалами и не обладают свойством детерминированности. Основным способом донесения графических и символических моделей до отдельных пользователей является автономный компьютер.

Ключевые слова: агент-ориентированные модели, социально-экономические модели, обзор агентных моделей

Дата публикации: 01.12.2010

Ссылка для цитирования:

Гизатов Н. Р. Обзор агент-ориентированных социально-экономических моделей // Искусственные общества. 2010. Т. 5. Выпуск 1-4 [Электронный ресурс]. Доступ для зарегистрированных пользователей. URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800000060-5-2/> (дата обращения: 23.09.2020).