

УДК 005: 330.4

АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПОЯВЛЕНИЯ, ОТБОРА И РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ИДЕЙ

Н.В. Фролова, к. физ.-мат. наук, доц. кафедры информационных систем и математических методов в экономике

Электронный адрес: nvf_psu@mail.ru

А.В. Селянинов, соиск. кафедры информационных систем и математических методов в экономике

Электронный адрес: selianinov@yandex.ru

Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

В статье представлены основные результаты разработки агент-ориентированной модели инновационного процесса появления, отбора и реализации инновационных проектов. Приведено концептуальное описание механизма работы модели. Предложен новый подход к моделированию и исследованию проблем инновационного развития, позволяющий получить как качественные, так и количественные оценки эффекта воздействия на инновационную систему.

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование; инновации; инновационная воронка; имитационное моделирование; моделирование сложных систем.

1. Введение

Моделирование инновационной системы как совокупности субъектов и объектов инновационной деятельности, взаимодействующих в процессе создания и реализации инновационной продукции и осуществляющих свою деятельность в рамках проводимой государственной инновационной политики, является слабо структурированной проблемой: на процессы в инновационной системе влияет множество факторов, как управляемых, так и неуправляемых.

Необходимость их полноценного учета для построения правдоподобной экономической модели и повышения эффективности управления инновационной системой стимулирует поиск новых способов моделирования экономической реальности. Основное требование, предъявляемое к компьютерным технологиям и моделям будущего, – максимально точное, но в то же время интуитивно понятное моделирование инновационной системы, учитывающее ее особенности как сложной системы.

Возможности исследования сложных, динамически развивающихся в условиях неопределенности систем предоставляет агент-ориентированное моделирование (АОМ), реализованное в современных инструментальных средствах, например, в среде AnyLogic. Субъекты инновационной системы рассматриваются как агенты, наделенные определенными свойствами, взаимодействующие с другими агентами и

находящиеся в каждый момент времени в определенном состоянии.

В отличие от широко известных подходов к моделированию агент-ориентированные модели (АОМ) имеют ряд преимуществ:

– устраняют одностороннее понимание сущности инновационных процессов, возникающее в рамках идеализации большинства традиционных подходов, непосредственно моделируя взаимодействующих агентов;

– позволяют проводить сценарные имитационные расчеты развития инновационных процессов при различных экономических условиях и выбирать оптимальные пути решения существующих проблем;

– являются гибким модульным инструментом, предоставляющим исследователям и лицам, принимающим решения, удобный интерфейс для модификации отдельных логических частей модели, визуализации экспериментов и проведения сценарного анализа;

– не используют сложные математические абстракции, предполагая непосредственное проецирование зависимостей и свойств экономической реальности в искусственное общество агентов.

Построению АОМ в области инноватики посвящено достаточно большое количество работ зарубежных авторов, краткий обзор которых приведен в статье Давида Герберта [10]. Ежегодно проводится мировой конгресс по соци-

альному моделированию. В американском университете George Mason University создан специальный факультет, занимающийся агент-ориентированным моделированием. В России подобное направление экономического моделирования почти не разработано; исследователей, занимающихся хотя бы смежными проблемами, не говоря уже об АОМ в их общепринятом понимании, очень мало. Среди российских достижений следует отметить АОМ научного потенциала России, разработанную в ЦЭМИ РАН под руководством академика В.Л.Макарова [1, с. 223–227], программу AnyLogic, созданную компанией XJ Technologies [7]. На кафедре математического обеспечения вычислительных систем ПГНИУ также разрабатывается система для построения АОМ «Агент-07» [2].

Однако большинство имеющихся АОМ зарубежных и отечественных исследователей носят иллюстративный характер, и только небольшая часть имеет отношение к прикладной экономической науке и инноватике [8].

Поэтому при разработке агент-ориентированной модели инновационной системы мы поставили перед собой следующие цели.

1. Полное соответствие основным принципам мультиагентного подхода.
2. Построение модели, ориентированной на получение результатов, имеющих прикладное значение.

2. Описание модели

Инновационная система в разработанной модели рассматривается в качестве «инновационной воронки», т. е. основное внимание уделяется процессам отбора и преобразования идей в конечный продукт, появления и выбытия этих идей на различных стадиях инновационного процесса.

В процессе разработки АОМ инновационной системы рассматривались четыре взаимосвязанных уровня экономической реальности:

- реальная инновационная система;
- агент-ориентированный уровень инновационной системы;
- логико-математический уровень инновационной системы;
- виртуальная реальность, в которой осуществляются целенаправленные вычислительные эксперименты.

В статье основное внимание уделено описанию агент-ориентированного уровня модели инновационной системы, поскольку именно применение агентного подхода позволяет исследователям формализовать моделируемые объекты с полным сохранением их логической структуры и поведенческих особенностей. Агент-ориентированная модель инновационной

системы может быть представлена в виде формализованной совокупности трех множеств:

$$\langle A, S, E \rangle,$$

где: $A = A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup A_4$ – множество агентов модели;

$S = S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_N$ – множество отношений в модели;

$$E = E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_M$$

– множество созданных вариантов экспериментов.

Таким образом, каждое из трех множеств представлено как пересечение конечного числа конечных подмножеств, соответствующих конкретным типам агентов, отношений или вариантам экспериментов.

Рассмотрим детально описанные выше составляющие АОМ.

В качестве экономических агентов в модели рассматриваются технологические брокеры, авторы инновационных разработок, инвесторы и правительство. Все экономические агенты, за исключением правительства, являются реплицируемыми, что позволяет регулировать их количество при помощи параметров, добавлять и удалять агентов во время симуляции, управляя следующими классами агентов.

Экономический агент № 1 – технологический брокер. Эффективным методом трансфера новых технологий является предоставление услуг технологических брокеров, являющихся связующими звеньями между авторами инновационных проектов, как генераторами знаний и идей, и инвесторами, как источниками внешнего финансирования. Функции технологических брокеров могут выполнять бизнес-инкубаторы, центры коммерциализации технологий, нанотехнологические центры, ежегодные студенческие конкурсы инновационных проектов и др.

Экономический агент № 2 – автор инновационных разработок. Каждый из авторов инновационных разработок отождествляется в модели с каким-либо инновационным проектом. Инновационные идеи могут возникнуть практически у любого жителя региона, однако наиболее интенсивно процесс генерации идей осуществляется талантливой молодежью, студентами, аспирантами, сотрудниками вузов, НИИ, инновационных предприятий. Для коммерциализации своих разработок экономический агент № 2 ищет экономического агента № 1. Во-первых, автор разработок хочет получить профессиональную помощь в доработке своего инновационного проекта или идеи. Во-вторых, внедрить в производство имеющиеся технологии и знания собственными силами он, как правило, не в состоянии и нуждается в посреднических услугах по коммерциализации проекта.

Экономический агент № 3 – инвестор. В равной степени и инвесторы, которые хотят

вложить средства в высокотехнологичный бизнес, и производственные компании, занимающиеся внедрением новых технологий для повышения своей конкурентоспособности, ведут поиск новых технологий по всей стране. Поэтому под инвесторами в модели мы будем понимать всех экономических агентов, готовых вложить определенную сумму средств в высокорисковые, но предлагающие высокий доход в ближайшей перспективе инновационные проекты экономических агентов № 2. При этом у инвесторов чаще всего нет времени и навыков для проведения поиска инноваций, а у авторов инновационных разработок не хватает финансовых ресурсов. Решение этой проблемы, объективно возникающей на рынке инновационных технологий, возлагается на технологических брокеров [4,5].

Экономический агент № 4 – правительство. Этот агент отождествляется с пользователем модели и управляет параметрами, учитываемыми перед запуском или во время осуществления имитационного эксперимента. В частности, правительство задает и может в процессе симуляций изменять планируемый уровень расходов на высшее профессиональное и послевузовское образование, число технологических брокеров, как инфраструктурную составляющую инновационной системы, и ставку рефинансирования.

Для формализации каждого типа агента и отношений между ними используются комбинации различных инструментов. Для задания статических характеристик используются *параметры*, для моделирования задержек и таймаутов применяются *события*, для моделирования изменяющихся характеристик используются *переменные*, для определения функциональных зависимостей используются *различные типы функций* и т.д.

Например, для определения зависимости числа генерируемых в обществе инновационных идей и расходов бюджета на образование применяется аппарат регрессионного анализа [10].

Ежегодно в социуме возникают сотни и тысячи инновационных проектов, идей, новых подходов к использованию и управлению ресур-

сами. Их количество можно аппроксимировать числом поданных патентных заявок на изобретение [3], при этом следует понимать, что при таком подходе число реально возникающих идей может быть занижено. Тем не менее число патентов отражает реально оформившиеся идеи в искусственном обществе агентов. Поток экономических агентов № 2 становится более интенсивным при увеличении расходов государства на высшее и послевузовское профессиональное образование. Формирование и повышение качества человеческого потенциала, осуществляемые в период обучения в вузе и при получении послевузовского образования, в значительной мере формирует прослойку квалифицированных специалистов, способных к генерации знаний.

Поэтому в качестве объясняющих переменной рассматривались фактические доли расходов федерального бюджета на образование в общей сумме расходов в текущий и предыдущий финансовые годы (x_t и x_{t-1} соответственно), в качестве объясняемой переменной – количество поданных патентных заявок на изобретения в текущем году (y). В результате оценки параметров регрессии в статистическом пакете STATISTICA 6.0 была получена эконометрическая модель, которая использовалась при задании зависимостей между генерируемыми в обществе идеями и расходами бюджета на образование:

$$F_t = 14146,25 + 1803,16 \cdot x_t + 4967,78 \cdot x_{t-1}. \quad (1)$$

Поскольку F_t по экономическому смыслу может принимать только целые значения, при построении виртуальной реальности в AnyLogic для округления использовалась специальная функция *round()*. Анализ качества модели, основанный на вычислении статистических критериев, позволяет говорить о достаточно точной аппроксимации описанных выше зависимостей.

Однако основной конструкцией, формализующей поведение агентов, является *диаграмма состояний* (рис.1).

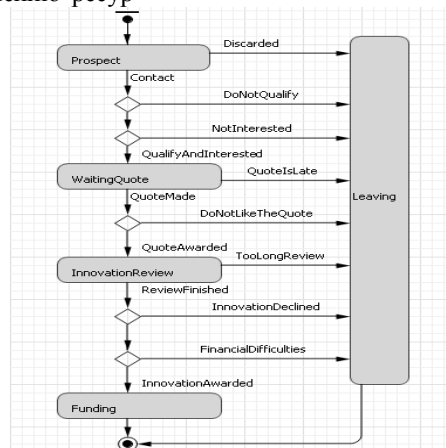


Рис.1. Диаграмма состояний автора-разработчика инновационного проекта

Диаграмма состояний позволяет задать пространство состояний агента № 2, а также события, которые являются причинами срабатывания переходов из одних состояний в другие, и действия, происходящие при смене состояний. Рассмотрим последовательность исполнения диаграммы состояния разработчиков инновационных проектов.

В результате мониторинга информации о возникающих в обществе идеях и проектах, оперативность которого зависит от уровня профессионализма технологического брокера, может произойти контакт брокера с инноватором. Однако если в течение двух-трех лет автор идеи не нашел технологического брокера, то он, как правило, покидает национальную инновационную систему (пытается реализовать свои разработки за рубежом или теряет интерес к их реализации).

Если автор новой технологии, продукта или услуги нашел технологического брокера, готового включить в процесс продвижения идеи, то экономические агенты № 1 и № 2 становятся связанными. Технологический брокер проводит профессиональную экспертизу проекта, оценивает проект с точки зрения возможности коммерциализации. Если инновационный проект бесперспективен и не имеет потенциала для коммерциализации, то он отклоняется брокером. Например, по мнению директора Центра инновационного бизнеса, расположенного в городе Монпелье, из 230 поданных заявок шансы пройти отбор имеют в лучшем случае 30-35 инновационных идей, т.е. 13-15% их общего числа [6].

В случае положительной оценки проекта технологический брокер ищет компанию, заинтересованную во внедрении и доведении разработки исследователя до производства готовой продукции. На этом этапе возможна также доработка инновационного проекта до необходимого уровня при согласованном взаимодействии брокера и автора разработок. Если в течение двух-трех лет подходящая компания не была найдена, то автор разработки также уходит из национальной инновационной системы, пытаясь реализовать свои интеллектуальные разработки за ее пределами. Время поиска инвестора технологическим брокером в значительной мере зависит от профессионализма технологического брокера.

После того, как авторы проекта при помощи технологического брокера нашли нужную компанию для реализации своих разработок, начинается процесс обсуждения условий его реализации. На совместных переговорах с участием автора, представителей технологического брокера, компании-инвестора обсуждаются финансовые вопросы, интеллектуальные права на изобретение, целевой рынок и т.д. Если при обсуждении не возникло принципиальных разногласий по поводу этих вопросов, агенты подписывают соглашение и переходят к следующему этапу – реализации инновационного проекта и опытному производству. В противном случае по истечении 2-3 лет поиска инвестора автор идеи покидает инновационную систему России.

Наконец, на этапе реализации и опытного производства автор идеи также может вследствие ряда неблагоприятных факторов (недостаток финансовых ресурсов компании при реализации проекта, низкий спрос на новую продукцию и др.) покинуть инновационную систему. И только в случае успешного прохождения этого этапа происходит выпуск инновационного продукта.

По истечении некоторого промежутка времени продукт перестает быть инновационным. На рынке появляются аналогичные товары, выпускаемый продукт становится привычным для общества и покидает инновационную систему.

Описанный механизм, реализованный при помощи диаграммы состояний, свидетельствует о том, что на протяжении всего инновационного процесса существуют моменты, когда проект может покинуть национальную инновационную систему по той или иной причине.

На характер процессов, протекающих в «инновационной воронке», может оказывать влияние общее состояние рыночной конъюнктуры. В первую очередь состояние экономики оказывает влияние на активность инвесторов, которая значительно снижается во время кризиса. Этот аспект был также учтен в модели путем введения специального параметра Crisis, изменяющегося от 0 (кризис, глубокая рецессия) до 1 (нет кризиса, подъем) и оказывающего влияние на поведение агентов.

Полный перечень параметров и функций, связанных с конкретными агентами и моделью в целом, представлен в табл. 1, 2.

Таблица 1

Основные параметры и функции сбора статистики, используемые в модели

Параметр	Описание
EduGovSpending[t]	доля расходов федерального бюджета на высшее профессиональное образование в общем объеме расходов в текущий финансовый год
EduGovSpending[t-1]	доля расходов федерального бюджета на высшее профессиональное образование в общем объеме расходов в предыдущий финансовый год
ES	расходы федерального бюджета на высшее профессиональное образование в стоимостном выражении
ProspectsPerDay	число идей, ежегодно возникающих в регионе
NumberOfSalesmen	начальное число технологических брокеров
NumberOfInvestors	начальное число инвесторов
SkillLevel	эффективность работы технологического брокера
customers.market()	число инновационных продуктов на рынке в данный момент времени

Окончание табл. 1

Параметр	Описание
investors.Investment()	затраты инвесторов в текущем году
salesmen.Cost()	затраты технологических брокеров в текущем году
customers.Value()	показатель, характеризующий общий эффект валоризации знаний и технологий инновационных проектов в текущем году
IntrestRate	ставка рефинансирования ЦБ РФ
CustomersMax	максимальное число инноваторов, с которым одновременно может работать технологический брокер
InnovationMax	максимальное число инновационных проектов, которые одновременно может финансировать инвестор
InvestorEfficiency	эффективность работы инвестора с инноваторами
Crisis	общее состояние экономической конъюнктуры
profit	разность между стоимостным выражением полезного эффекта инноваций и суммарными затратами на их реализацию (затраты на генерацию идей, на работу технологических брокеров, на инвестиции)
efficiency	отношение стоимостного выражения полезного эффекта инноваций к суммарным затратам на их реализацию (затраты на генерацию идей, на работу технологических брокеров, на инвестиции)



Таблица 2


Основные функции поведения агентов, используемые в модели

Функция	Характеристика
free	освобождает технологического брокера от покинувшего инновационную систему инноватора, ищет технологическому брокеру новый проект
free	освобождает инвестора от покинувшего инновационную систему инноватора, ищет инвестору новый проект
resetStats	обнуляет переменные, содержащие количество находящихся на разных стадиях и отклоненных проектов
assighSalesman	моделирует контакт технологического брокера с автором инновационной идеи
assighInvestor	моделирует контакт инвестора с автором инновационной идеи

3. Компьютерная реализация

Компьютерная реализация модели «инновационной воронки» позволяет исследователям без привлечения дополнительной информации и специального программного обеспечения воспроизводить результаты компьютерных симуляций на большинстве современных платформ. Удаленные пользователи могут запускать интерактивную модель в веб-браузере в режиме полной функциональности без необходимости устанавливать AnyLogic или какое-либо другое программное обеспечение. Работа пользователя осуществляется с экранными формами, содержащими объекты управления, диаграммы, анимированные агенты.

Для представления анимированных агентов используются специальные пиктограммы. Инновационные проекты представлены точками , двигающимися в «инновационной воронке» в соответствии с переходом из одной стадии в другую. Для брокера использовалась пиктограмма в виде человечка ,

инвесторы отображаются в форме завода . Для примера связи одного из технологических брокеров и одного инвестора с их текущими инновационными проектами отображаются в виде пунктирной линии.

При помощи управляющих кнопок в модели предусмотрено переключение между начальным окном презентации модели, окном анимации (внешний вид представлен на рис.2), окном секторной диаграммы покинувших инновационную систему проектов, окном управления расходами на высшее и послевузовское профессиональное образование и окном управления числом технологических брокеров.

АОМ эффективно и наглядно демонстрирует поведение участников инновационного процесса, позволяет в ходе вычислительных экспериментов проследить взаимосвязи агентов и оценить эффективность функционирования инновационной системы любого уровня с различных позиций.

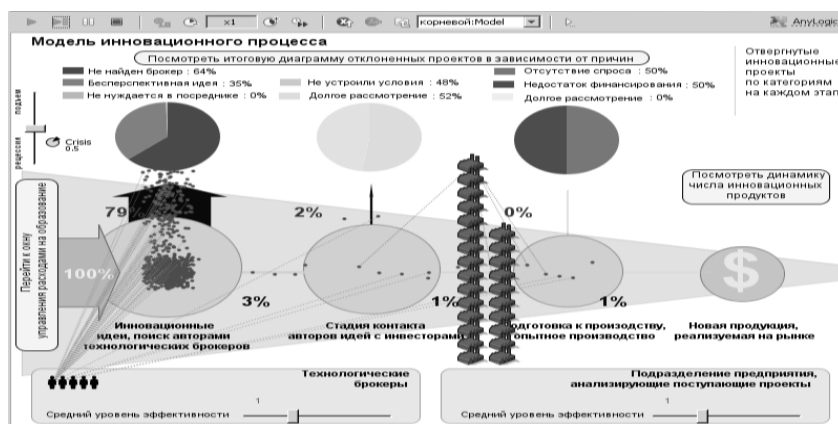


Рис.2. Внешний вид окна анимации модели «инновационной воронки»

Традиционно под эффективностью экономической системы понимают отношение полезных конечных результатов ее функционирования к затраченным ресурсам. С учетом этого эффективность инновационной системы можно определить как соотношение полезного результата, выражающегося в выпуске готовой инновационной продукции, и совокупности затрат ресурсов реализуемого процесса. В рассматриваемой модели к таким затратам относятся затраты на высшее и послевузовское профессиональное образование, финансирование технологических брокеров, средства инвесторов.

Для оценки эффективности в модели были введены параметры $profit$ и $efficiency$, значение которых динамически пересчитывалось каждый год по следующим формулам:

$$profit = profit + customers.Value() - investors.Investment() - salesmen.Cost() - ES \quad (2)$$

$$Value = Value + customers.Value() \quad (3)$$

$$Cost = Cost + investors.Investment() + salesmen.Cost() + ES \quad (4)$$

$$efficiency = \frac{Value}{Cost} \quad (5)$$

где $investors.Investment()$ – затраты инвесторов в текущем году;

$salesmen.Cost()$ – затраты технологических брокеров в текущем году;

ES – расходы на высшее и послевузовское профессиональное образование в текущем году;

$customers.Value()$ – показатель, характеризующий общий эффект валоризации знаний

и технологий инновационного проекта¹ в текущем году;

$Value$ – накопленная стоимость валоризации знаний и технологий (за период расчета модели);

$Cost$ – накопленная сумма затрат, возникших в процессе появления, отбора и реализации инновационных идей (за период расчета модели).

Значения всех стоимостных показателей в модели являются приведенными величинами. В качестве ставки дисконтирования используется ставка рефинансирования Центрального банка. Кроме того, поскольку значения всех показателей в модели у различных агентов различны, используется инструмент сбора агрегированной статистики по реплицированным агентам.

Значение параметра $profit$ выражает абсолютную величину чистых выгод, возникших в связи с созданием инновации, и может принимать как отрицательные, так и положительные значения. Параметр $efficiency$ может изменяться в диапазоне от нуля до бесконечности; нулевое значение параметра свидетельствует о неэффективной инновационной системе. Эффективной инновационную систему следует признать только при значении этого параметра больше или равном 1.

Эффективность «инновационной воронки» можно оценить также с точки зрения оценки деятельности агентов. В этом случае эффективность складывается как интегральный синергетический показатель результативности работы агентов на разных этапах инновационного процесса и является итоговой характеристикой функционирования инновационной экономики.

В эффективном управлении воронкой для инновационной системы любого уровня су-

¹ Валоризация знаний (технологий) – трансформация знаний (технологий) в экономические и социальные выгоды на основе целенаправленных воздействий, как правило, с помощью государственной поддержки (государственных интервенций) [4].

ществуют две важнейшие проблемы: расширить вход воронки и до необходимого размера сузить ее горловину. Иными словами, необходимо увеличивать генерацию идей о новых продуктах, процессах и технологиях, организуя при этом эффективный процесс их отбора. При этом следует организовывать инновационный процесс так, чтобы была минимальной доля отклоненных проектов по причине отсутствия свободных технологических брокеров, разногласий при обсуждении условия контракта с инвестором и др.

В идеале авторы разработок не должны покидать инновационную систему по этим причинам, и, соответственно, доля проектов отклоненных в связи с их бесперспективностью будет стремиться к 100%.

С помощью предложенной модели и ее компьютерной реализации можно рассчитать последствия:

- изменения числа технологических брокеров;
- повышения профессионализма в работе технологических брокеров;
- изменения общеэкономической ситуации;
- изменения доли расходов на высшее профессиональное образование в общем объеме расходов федерального бюджета и других факторов.

4. Результаты экспериментов

Для демонстрации возможностей использования построенной модели рассмотрим некоторые результаты проведенных имитационных экспериментов, которые позволяют проиллюстрировать выявленные закономерности.

Так, в ходе экспериментов был обнаружен синергетический эффект, который проявляется как возникновение своеобразной устойчивой структуры «автор разработки – технологический брокер – инвестор», определяющей принципы и внутренние взаимосвязи в модели.

Один из экспериментов состоял в изменении эффективности работы технологических брокеров и инвесторов при их неизменном количестве, но при изменяющихся условиях рыночной среды. Если между инвесторами и авторами инновационных разработок организовано тесное взаимодействие (эффективная работа технологического брокера), то самоорганизация инновационной системы, ее устойчивость доминируют над внешним воздействием (государственным вмешательством, ухудшением экономической ситуации). Если же взаимодействие между агентами в системе налажено слабо, то поведение системы чувствительно к таким внешним воздействиям.

При осуществлении другого эксперимента в искусственном обществе в определенный момент времени увеличивалось число технологических брокеров. Например, в действительности это может происходить при создании в иннова-

ционной системе дополнительных центров коммерциализации технологий, бизнес-инкубаторов, организации ежегодных конкурсов инновационных проектов. Модель показала, что такие изменения не всегда приводят к структурным сдвигам в инновационной системе и не всегда влияют на увеличение количества ежегодно реализуемых инноваций. Критическое значение имеет наличие в обществе необходимого объема идей для отбора, а также качество работы технологических брокеров и другие факторы.

Таким образом, если агенты живут в информационном обществе с высокой степенью доверия друг к другу, с развитой правовой, институциональной инфраструктурой, позволяющей осуществлять трансфер новых технологий, продуктов или услуг, процесс распространения инноваций будет идти гораздо быстрее.

С помощью разработанной агент-ориентированной модели «инновационной воронки» можно получить как качественные, так и количественные оценки эффекта воздействия на инновационную систему. Количественные оценки могут быть получены в процессе расчета параметров efficiency и profit, при анализе изменения числа инновационных продуктов, реализуемых на рынке, и т.д. Качественные оценки могут базироваться, например, на анализе причин скопления инновационных идей на некоторой стадии отбора.

Проведенные эксперименты показали, что модель и ее компьютерная реализация позволяют достаточно точно описывать реальные процессы инновационной системы, поэтому представляется целесообразным использование модели для выработки управленческих решений.

Список литературы

1. *Горизонты инновационной экономики в России: Право, институты, модели* / общ.ред. В.Л.Макарова. М.: ЛЕНАНД, 2010. 240 с.
2. *Замятина Е.Б., Чудинов Г.В.* Разработка и использование программных средств для построения и исследования агентных имитационных моделей // Вестн. Перм. ун-та. Сер.: Математика. Механика. Информатика. 2010. Вып. 2(2). С.80-84.
3. *Индикаторы инновационной деятельности.* 2009: стат. сб. М.: ГУ ВШЭ, 2009. 488 с.
4. *Методическая поддержка центров коммерциализации технологий: практ. руководство* / под ред. О.Лукши, П.Сушкова, А.Яновского. М.: ЦИПРАН РАН, 2006. Ч. 1. 392 с.
5. *Методическая поддержка центров коммерциализации технологий: практ. руководство* / под ред. А.Бретта, О.Лукши. М.: ЦИПРАН РАН, 2006. Ч. 2. 368 с.

6. Миндич Д. Хорошо выдержанные инновации // Эксперт. 2011. № 41. С.71-75.
7. Официальный сайт компании XJ Technologies. URL: <http://www.xjtek.com/> (дата обращения: 30.01.12).
8. Полтерович В.М., Хенкин А.А. Диффузия технологий и экономический рост. М.: Экономика, 1988. 189 с.
9. Шишукова Т.Г., Колесень Е.В. Оценка финансового потенциала инновационных предприятий и групп компаний с применением многокритериальной оптимизации // Вестник Пермского университета. Сер. Экономика. 2012. Вып. 3(14). С. 39-49.
10. Herbert D. Agent-Based Models of Innovation and Technological Change // Handbook of Computational Economics / K. L. Judd and L. Tesfatsion, edit.; Elsevier. 2005. Vol. 2. P.1235-1272.