

УДК 338.45:519.876.2

РЕАЛИЗАЦИЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ МОДЕЛИ «СТАРТАП – ИНВЕСТОР – КОРПОРАЦИЯ И ГОСУДАРСТВО»

Титов В.А., Вейнберг Р.Р., Савинова В.М.

*ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва,
e-mail: vtitov213@yandex.ru, veynberg@gmail.com, savinovavm@gmail.com*

В статье разработана модель многоагентной системы с формализацией классов агентов, параметрами и алгоритмами индивидуального поведения агентов типа: «стартап», «венчурный инвестор» и «корпорация», а также описанием их взаимоотношений. Модель позволяет формализовать инвестиционные взаимоотношения субъектов рынка инновационного предпринимательства. В отличие от других работ, в данной модели вводится пространственно-временной компонент, имитирующий распространение инноваций в пространстве и времени за счет случайной миграции агентов. Практическая значимость исследования заключается в разработке комплекса рекомендаций по применению результатов, полученных в ходе имитации, которые могут быть использованы в изучении поведения инновационной экосистемы органами государственной власти при разработке концепции инновационного развития на долгосрочную перспективу. Статья будет интересна преподавателям вузов, аспирантам и всем интересующимся моделированием динамических экономических систем.

Ключевые слова: мультиагентная модель, модель «Хищник – Жертва», инвестор, государство, корпорация, агенты, симуляция

IMPLEMENTATION OF MULTI-AGENT MODEL «START-UP – CORPORATION – INVESTOR AND STATE»

Titov V.A., Veynberg R.R., Savinova V.M.

*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: vtitov213@yandex.ru,
veynberg@gmail.com, savinovavm@gmail.com*

The article developed a model of a multi-agent system with formalization of agent classes, parameters and algorithms of individual behavior of specific type agents: «startup», «venture investor», «corporation» and description of their relationships. The model allows formalizing investment mutual relations of subjects of the innovative entrepreneurship market. Unlike other models, this model includes a space-time component that simulates spread of innovations in space and time due to the random migration of agents. The practical significance of the study is to develop a set of recommendations during the simulation, which can be used to study the behavior of the innovation ecosystem by state authorities when creating concept of innovative development for long-term period. The article will be interesting to university teachers, postgraduate students and all interested in modeling of dynamic economic systems.

Keywords: multi-agent model, model «Predator – Prey», investor, state, corporation, agents, simulation

Одной из задач экономического развития региона является увеличение доли малого инновационного предпринимательства. Однако, независимо от того, насколько инновационные идеи или технологии выведутся на рынок, выживаемость стартапов в настоящее время невысока. Одними из ключевых проблем являются отсутствие необходимого объема капитала и отсутствие практического опыта ведения бизнеса.

Для успешного ведения бизнеса в современной экономике предприятиям необходимо наращивать конкурентные преимущества на рынке. Для достижения данной цели существует необходимость использования новых технологий и инновационных решений. Однако процесс вывода на рынок инновационной идеи или технологии сопровождается рядом негативных факторов, которые могут привести к снижению темпов, а затем и к остановке ее развития.

В связи с этим возникла идея создания имитационной модели «стартап – инвестор – корпорация». В рамках представленной модели были выделены основные показатели, которые являются регуляторами исследуемой среды. Они воздействуют на ее поведение в зависимости от изменения этих параметров. Были изучены различные методы максимизации и минимизации целевых функций, каждый из которых обладает рядом различных преимуществ. Из приведенных методов для каждого региона может быть выбран наиболее эффективный с учетом сложившихся условий на рынке, в том числе, с учетом объема необходимых ресурсов.

В настоящее время разработан программный продукт, который реализует описанную выше имитационную модель «стартап – инвестор – корпорация» [1]. Данное программное обеспечение позволяет задавать критерии для каждого типа агента, а также глобальные параметры самой модели (рис. 1).

Настройки

Стартапы

Капитал от 5000 до 50000

Сотрудники от 1 до 5

Mean -0.4

a_sigma 1

gamma от -0.1 до 0.1

delta от -0.2 до 0.2

beta_lambda 1.5

Изменение delta 0.95

Количество новых стартапов в год 1

Деньг для IPO от 5000000 до 6000000

Ограничение 150

Норма прибыли 10000

Min dx, dy 3

Max dx, dy 15

Ангелы

Капитал от 1000000 до 30000000

Радиус от 50 до 150

Min dx, dy 3

Max dx, dy 15

Доля от 0.1 до 0.35

Инвестиции от 0.05 до 0.10

Корпорация

Капитал от 50000000 до 500000000

Радиус от 50 до 150

delta от -0.2 до 0.2

Mean 0.2

a_sigma 1

Изменение delta 0.95

Ограничение 30

Норма прибыли 100000

Min dx, dy 3

Max dx, dy 15

Доля от 0.1 до 0.35

Инвестиции от 0.05 до 0.1

Начальная популяция

Стартапы 20

Ангелы 8

Корпорации 3

Государство

Налоги корпораций 0.2

Налоги стартапов 0.15

Потолок дотаций 10000

Налоги под дотации 0.007

Применить

Рис. 1. Задание значений параметров разработанной модели

В результате работы представленной программной среды существует возможность рассмотрения взаимодействия всех категорий агентов: их случайное перемещение в «поле жизни», «поле зрения» инвесторов, процесс инвестирования, поглощения одной компании другой, процесс первичного размещения акций компаний на фондовой бирже [2]. Корпорации обозначены на диаграмме имитационной модели в виде квадратов розового цвета, бизнес-ангелы – синего, «стартапы» – круги зеленого цвета (на этапе семени), круги синего цвета (получившие «посевные» инвестиции или инвестиции 2-го раунда от «ангелов» и венчурных фондов) и красные круги (получившие инвестиции 3-го раунда от «корпораций») [3]. В случае первичного размещения акций на фондовой бирже агенты «стартапы» переходят в класс «корпорация» и принимают вид розового квадрата, а в случае поглощения – переходят в состав корпорации, сами при этом уничтожаясь [4]. Взаимодействие данных агентов представлено в виде анимации (рис. 2).

Основные показатели модели наглядно представлены в виде графиков, что позволяет проводить многогранный анализ результатов моделирования (рис. 3): попу-

ляции агентов, совокупный капитал каждого вида агента, сумма налоговых сборов с «корпораций» и «стартапов» в каждом периоде, количество инвестиций ангелов, корпораций, поглощений и первичных размещений акций за каждый период, а также количество умерших «стартапов» за период, обладавших положительным инновационным потенциалом, но не получивших инвестиции.

Были подобраны параметры, которые могут регулироваться в реальной экономике с позиции государства. Это позволит найти наиболее эффективный характер поведения представленной стохастической модели (таблица).

Настраиваемые показатели модели

Показатель	Переменная в модели
Налоговая ставка для «стартапов»	TS
Налоговая ставка для корпораций	TC
Интенсивность прироста «стартапов»	Θ
Дотационная ставка	Dn
Поле видения инвесторов	R

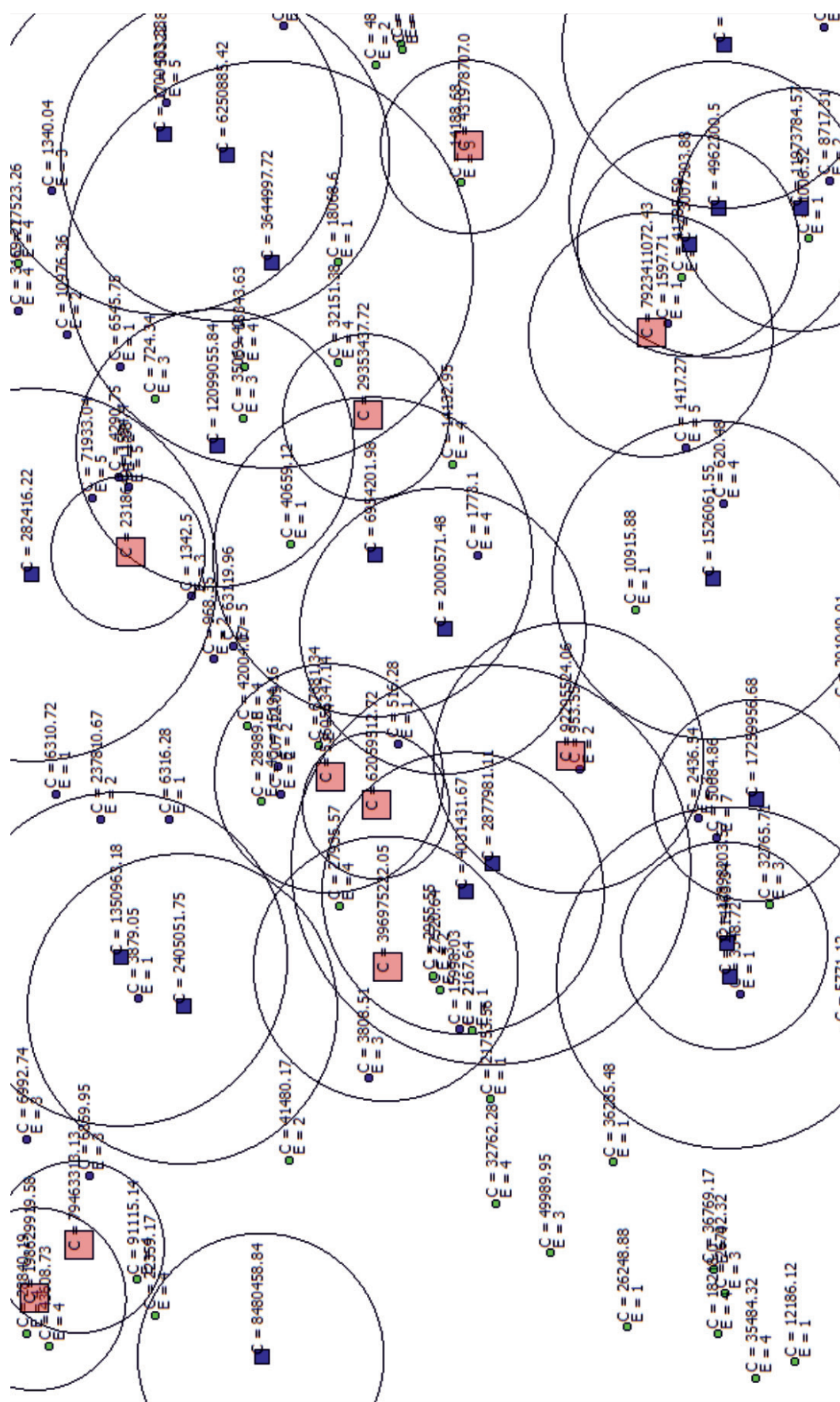


Рис. 2. Демонстрация анимации имитационной модели

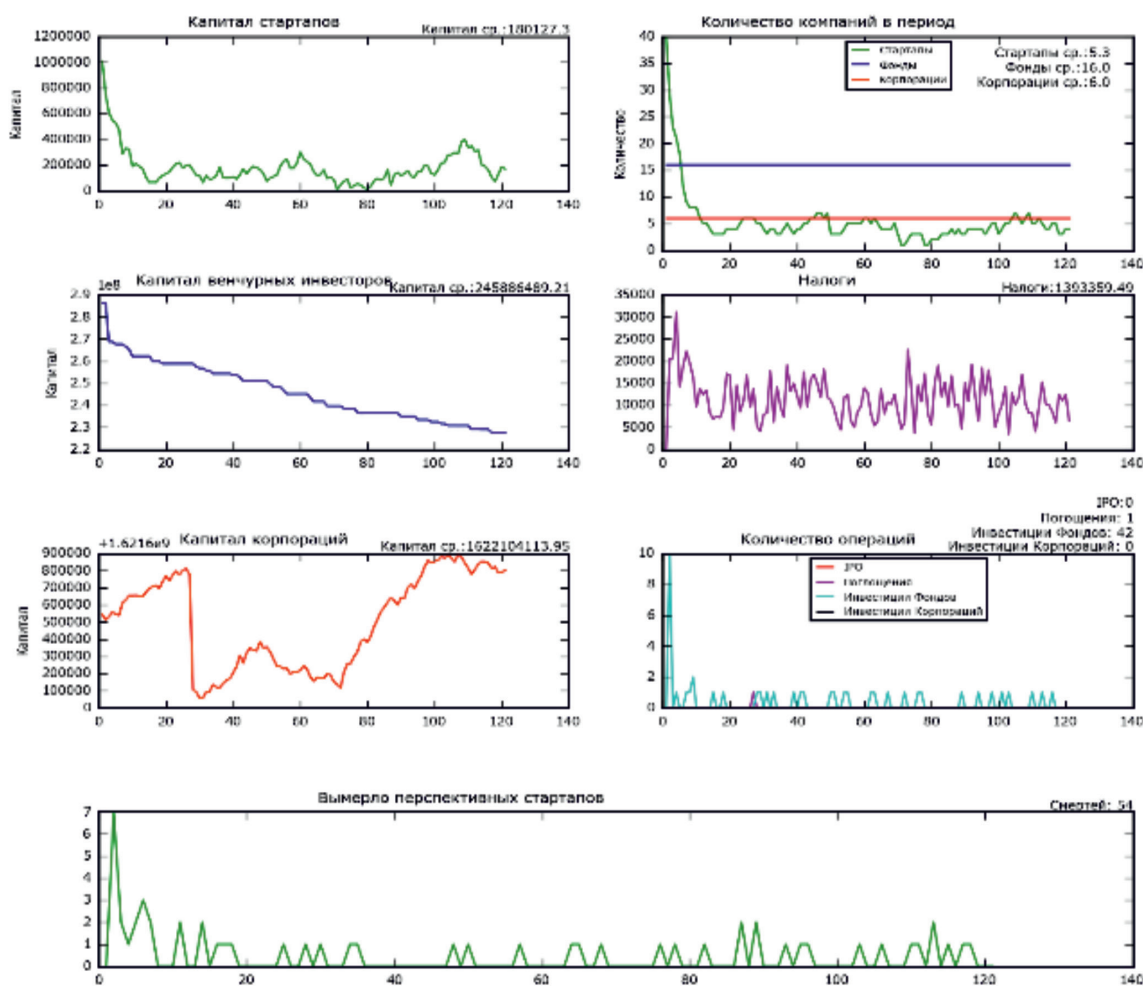


Рис. 3. Графический вывод результатов взаимодействия агентов

Также были приведены показатели, которые представляли собой целевую функцию:

1) накопленные налоги за все периоды моделирования (максимизировать) – Taxsum;

2) средний объем совокупного капитала корпораций и «стартапов» за каждый период (максимизировать) – CapSmean и CapCmean;

3) показатель количества вымерших перспективных «стартапов» (минимизировать) – dRatep;

На основе данной модели был проведен ряд экспериментов, в каждом из которых были заданы различные параметры, при этом количество периодов составляло 120, где длительность каждого периода составляла 1 месяц. В рамках компьютерного эксперимента было проведено по 5 репликаций с одинаковыми значениями параметров для каждого режима, чтобы учесть наличие

в модели большого числа случайных вероятностных событий.

Гистограмма, представленная на рис. 4, наглядно демонстрирует результаты эксперимента.

Из рис. 4 можно сделать вывод о том, что результаты расчетов целевых функций различны в зависимости от типа вмешательства в виртуальную экономическую систему.

Было получено, что результаты расчетов модели инновационной экосистемы с каждой новой итерацией улучшались в зависимости от изменений параметров-регуляторов, которые были представлены ранее в таблице. Из приведенных результатов можно сделать вывод о том, что различные методы позволяют получить более эффективные значения каждой целевой функции:

а) вследствие прироста стартапов в каждом периоде с 6% до 18% значение прироста

ста накопленных налогов за 120 периодов моделирования;

б) дифференциация налоговой ставки: для стартапов снижена с 15 % до 10 % и для корпораций увеличена с 20 % до 25 %. Вдобавок прирост совокупного капитала корпораций составил 13 %, т.е. было достигнуто малозначительное увеличение данного показателя, однако при первоначальных настройках модели уровень накопленных налогов оказался выше;

в) при увеличении дотационной ставки для стартапов: несмотря на то, что бюджетные ассигнования для стартапов были увеличены в 7 раз, превышение накопленного уровня налога над изначальной суммой составило 8 %, совокупного капитала корпораций – 28 %, совокупного капитала стартапов – 57 % при одинаковом количестве смертей;

г) при введении центра координации стартапов и инвесторов (увеличении поля зрения инвесторов и корпораций до 40–60 %) увеличился совокупный капитал корпораций на 24 %, при этом показатель смертей инновационных проектов, обладающих высоким потенциалом, сократился на 32 %;

д) при увеличении инвестиционной прозрачности до уровня абсолютного видения достигнуто увеличение среднего совокупного капитала корпораций на 35 % при неизменности остальных показателей;

е) увеличение привлекательности идеи стартапов: прирост накопленных налогов – 61 %, прирост среднего совокупного капитала стартапов – 162 %, прирост среднего

совокупного капитала корпораций – 7 %, количество смертей сократилось на 40 %.

Была разработана имитационная модель многоагентной системы «стартап – инвестор – корпорация» с описанием взаимоотношений фирм-агентов: стартапов, венчурных инвесторов и корпораций с детальным описанием их параметров, функций, состояний [5]. Модель позволила формализовать инвестиционные взаимоотношения субъектов рынка инновационного предпринимательства, куда также введена пространственно-временная компонента, выражающая вероятность встречи инвестора с объектом инвестирования в пространстве и времени, а также то, что эта вероятность может меняться в зависимости от информированности агентов об окружающем информационном пространстве [6].

Данная имитационная модель была реализована в качестве программного продукта, написанного на языке программирования Python. Данное программное обеспечение позволяет не только интуитивно задавать и изменять значения большинства глобальных параметров, но и параметров агентов, а также возможность визуализации взаимоотношений агентов в режиме реального времени с отображением их на информационной плоскости, передвижением в информационном пространстве, полем видения агентов, результатами инвестиций или поглощений, а также отображением статистической информации, собираемой по результатам взаимодействия этих агентов [7].

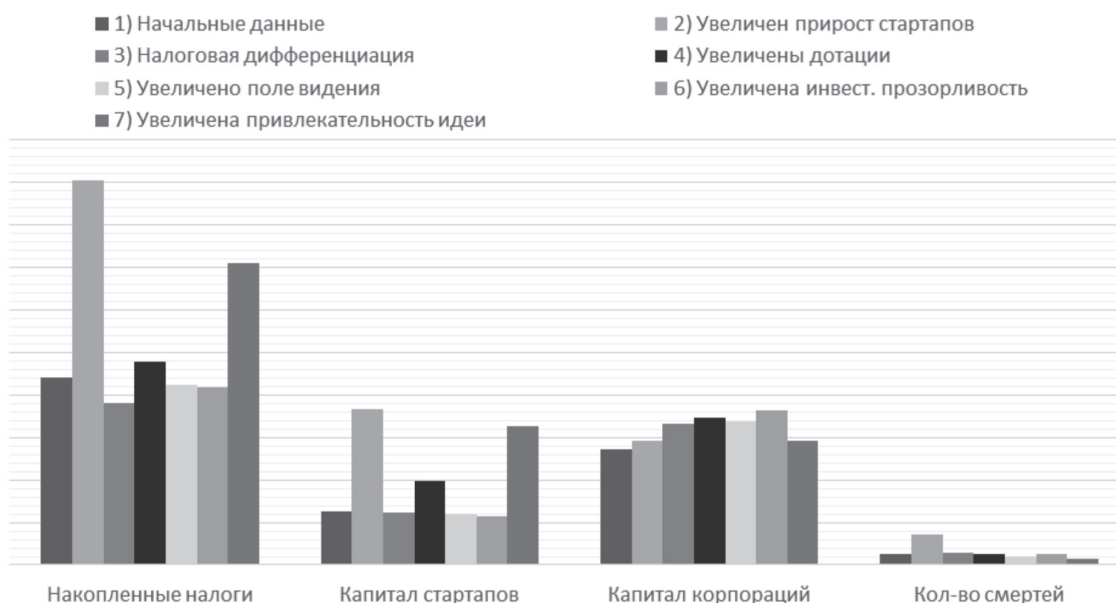


Рис. 4. Результаты экспериментов

В данной работе были представлены результаты вычислительных экспериментов на базе разработанного программного обеспечения. Эксперименты показали, что в настоящий момент дотационная поддержка правительства г. Москвы недостаточно эффективна, увеличение доли дотаций из годового бюджета с 0,7% до 5% может дать не только более высокую выживаемость стартапов, но и дальнейшее увеличение поступлений в бюджет за счет роста экономики. Модельные эксперименты, давшие положительные результаты при увеличении поля зрения агентов в модельном информационном пространстве, показали необходимость создания электронных систем кооперации инвесторов, корпораций и стартапов [8, 9].

Таким образом, государство, по мнению авторов, должно занять роль тонкого регулятора процессов инновационного развития. С одной стороны, оно должно создавать площадки для взаимодействия стартапов, инвесторов и корпораций для того, чтобы позволить рынку самому развиваться и дать возможность силе спроса и предложения отрегулировать процессы инновационного развития, где основополагающими являются процессы венчурного инвестирования и сделки по слияниям и поглощениям. С другой стороны, государство является основным выгодоприобретателем роста экономики за счет инновационной составляющей, поэтому оно должно заботиться о создании благоприятной среды для развития стартапов, обеспечивая их дотационной поддержкой, бизнес-обучению новоиспеченных предпринимателей, таким образом обеспечивая поддержку стартапов на всех этапах их развития.

Статья подготовлена при поддержке внутреннего гранта ФГБОУ «РЭУ им. Г.В. Плеханова» по теме «Разработка моделей и информационно-аналитических технологий повышения эффективности государственного и корпоративного управления в условиях цифровой экономики» (2017).

Список литературы

1. Ахмадеев Б.А. Моделирование эффективного взаимодействия «стартапов», инвесторов и корпораций // Креативная экономика. – 2015. – Т. 9, № 6. – С. 659–682.
2. Коршунова Е.Д., Смирнов С.Д. Стартап-проекты: проблемы, механизм взаимодействия участников, стратегии развития // Международная конференция «Инновационные подходы к решению технико-экономических проблем» сборник трудов. – 2014. – С. 96–103.
3. Титов В.А., Вейнберг Р.Р. Экономические и биологические системы в инновационной экономике // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7–3. – С. 518–519.
4. Титов В.А., Вейнберг Р.Р. Обзор модели взаимодействия агентов: «стартап-инвестор-корпорация» // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7–3. – С. 518.
5. Bruton G.D., Rubanik Y. Resources of the firm, Russian high-technology startups, and firm growth // Journal of Business Venturing. – 2002. – № 17(6). – P. 553–576.
6. Boyarinov Yu.G., Borisov V.V., Dli M.I. Design and using method of fuzzy semi-Markov models to analyse complex systems // Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya [IT for modeling and management]. – 2011. – № 1 (66). – P. 43–55.
7. Романов В.П., Ахмадеев Б.А. Моделирование инновационной экосистемы на основе модели «хищник-жертва» // Бизнес-информатика. – 2015. – № 1 (31). – С. 7–17.
8. Akhmadeev B., Manakhov S. Effective and sustainable cooperation between start-ups, venture investors, and corporations // Journal of security and sustainability issues. – 2015. – Vol. 5, № 2. – P. 269–284.
9. Савинова В.М. Анализ рынка информационно-аналитических систем, используемых в ситуационных центрах глав регионов РФ // Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении (ИТИММ-2017). Сборник научных статей. – 2017. – С. 61–64.