

КРЕАТИВНАЯ ЭКОНОМИКА
Том 13 ● Номер 4 ● апрель 2019
ISSN 1994-6929
Journal of Creative Economy

издательство
Креативная экономика

Применение математического моделирования в инновационной деятельности

Соловьев Д.Б. [1, 2], *Кузора С.С.* [1]

[1] Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
[2] Владивостокский филиал Российской таможенной академии, Владивосток, Россия

АННОТАЦИЯ:

В статье рассматривается математическое моделирование как инструмент, способный обосновать управленческие решения в инновационной деятельности, его преимущества и недостатки применения в современной экономике. На основе существующих проблем организации мероприятий инновационной деятельности, предложено сосредоточиться на проведении агитации потенциальных участников. В работе определено соотношение критерий/вес по которому определяется эффективность агитации. Выполнено исследование по применению математического моделирования с целью прогнозирования количества участников для привлечения в инновационную детальность. Продемонстрирован успешный опыт апробации разработанной математической модели на мероприятиях Дальневосточного представительства фонда «Сколково». Проведенное исследование может заинтересовать специалистов, задействованных в организации инновационной деятельности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оценка инновационной деятельности, математическое моделирование, инновационные процессы, прогнозирование инновационной деятельности.

Application of mathematical modeling in innovative activity

Solovev D.B. [1, 2], *Kuzora S.S.* [1]

[1] Far Eastern Federal University, Russia
[2] Vladivostok branch of the Russian customs Academy, Russia

Введение

В современной экономике математическое моделирование является важнейшим инструментом исследования и прогнозирования при решении практических и теоретических задач. Часто, методы математического моделирования являются единственно возможными вариантами исследования тех или иных процессов, их результативности, эффектов, условий протекания. Благодаря математическому моделированию появилась возможность на логической основе подходить к решению многих проблем из различных сфер человеческой деятельности. Такой подход позволяет значительно снизить затраты на проведение экспериментов, после чего успешно осуществить практическое применение полученных результатов исследования.

Математическое моделирование – это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на математическом языке, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических формул [1] *(Shterenzon, 2010)*.

Использование математических методов и моделей открывает кардинально новые возможности для изучения рынка как на уровне деятельности фирмы, так и на макроэкономическом уровне. С помощью формализации основных особенностей функционирования экономических объектов осуществляется оценка возможных последствий и использование полученных результатов в управлении, а именно в прогнозировании будущего поведения объекта при изменении каких-либо параметров. Развитие экономики всегда базируется на внедрении и использовании новых технологий и услуг, тем самым инновации являются неотъемлемыми элементами современной конкурентоспособной экономики. Обеспечение роста производительных сил, создание условий для эффективного развития производства происходит благодаря внедрению инноваций в производственную и управленческую деятельность [2] *(Kuznetsov, Kraynyukov, 2007)*.

В отличие от других экономических процессов, инновационная деятельность сопряжена с повышенным уровнем риска и значительным объемом инвестиционных ресурсов. Это обуславливает тот факт, что принятие эффективных управленческих решений невозможно без моделирования инновационного процесса, которое позволит учесть его специфику и влияние на систему управления экономическими процес-

ABSTRACT:

The article deals with mathematical modeling as a tool that can justify management decisions in innovation, its advantages and disadvantages of application in the modern economy. On the basis of the existing problems of organization of innovative activities, it is proposed to focus on campaigning potential participants. We determined the ratio of criterion/weight which is determined by the efficiency of agitation. A study on the use of mathematical modeling to predict the number of participants to attract innovative detail was conducted. The successful experience of testing the developed mathematical model at the events of the Far Eastern representative office of the SKOLKOVO Foundation is demonstrated. The study may be of interest to specialists involved in the organization of innovation.

KEYWORDS: assessment of innovation, mathematical modeling, innovative processes, forecasting of innovative activity

JEL Classification: O31, O32, O33 **Received: 14.01.2019 / Published: 30.04.2019**

© Author(s) / Publication: CREATIVE ECONOMY Publishers
For correspondence: Solovev D.B. (solovev.db@dvfu.ru)

CITATION:

Solovev D.B., Kuzora S.S. (2019) Primenenie matematicheskogo modelirovaniya v innovatsionnoy deyatelnosti [Application of mathematical modeling in innovative activity]. Kreativnaya ekonomika. 13. (4). – 701-712. doi: 10.18334/ce.13.4.40529

сами производства [3–5] *(Dynkin, Ivanova i dr., 2004; Solovev, Kuzora, Merkusheva, 2018; Solovev, Kuzora, Merkusheva, 2018).*

Математическое моделирование в сфере инновационной деятельности имеет следующие преимущества [6] *(Sergeev, Alekseenkova, Nechaev, 2008):*

1) экономичность (сбережение имеющихся ресурсов и управление получаемыми инвестициями с целью активизации инновационного потенциала);

2) возможность реализации режимов рисковых инновационных проектов (предвидение результатов разработки и внедрения инновации: затрат на производство инновационного продукта, спроса на него и сроков окупаемости);

3) большая прогностическая сила вследствие возможности выявления общих закономерностей и принятие управленческих решений на основе выявленной специфике проекта;

4) универсальность технического и программного обеспечения проводимых исследований для различных инновационных процессов.

Также, математическое моделирование имеет свои недостатки. В условиях реализации инновационного проекта построение достоверной математической модели в реальной обстановке и в долгосрочной перспективе затруднено наличием неопределенностей всех уровней инновационной деятельности. Кроме того, сложность использования алгоритмов математического моделирования обусловлена тем, что моделирование не позволяет «обнаружить качественно новые явления» инновационной деятельности, так как модельный анализ сужает горизонт возможных объяснений: моделирование говорит об инновационном проекте ровно столько, сколько исходных данных было в него заложено изначально.

В связи с перечисленными трудностями, возникающими при изучении математического моделирования, с каждым днем увеличивается число методов моделирования и программных продуктов, усовершенствование которых, позволяет получить максимально достоверные сведения об изучаемом объекте на практике.

Возвращаясь к области инновационной деятельности, отметим, что управление инновационными проектами можно рассматривать с трех позиций: как систему функций, как процесс принятия управленческих решений и как организационную систему. В ходе проводимого исследования, управление инновационными проектами рассматривается как выполнение определенной последовательности взаимосвязанных этапов.

ОБ АВТОРАХ:

Соловьев Денис Борисович, доцент кафедры инноватики, качества, стандартизации и сертификации, кандидат технических наук, доцент кафедры таможенного дела (solovev.db@dvfu.ru)
Кузора Станислав Сергеевич, аспирант (webkuzora@mail.ru)

ЦИТИРОВАТЬ СТАТЬЮ:

Соловьев Д.Б., Кузора С.С. Применение математического моделирования в инновационной деятельности // Креативная экономика. – 2019. – Том 13. – № 4. – С. 701-712. doi: 10.18334/ce.13.4.40529

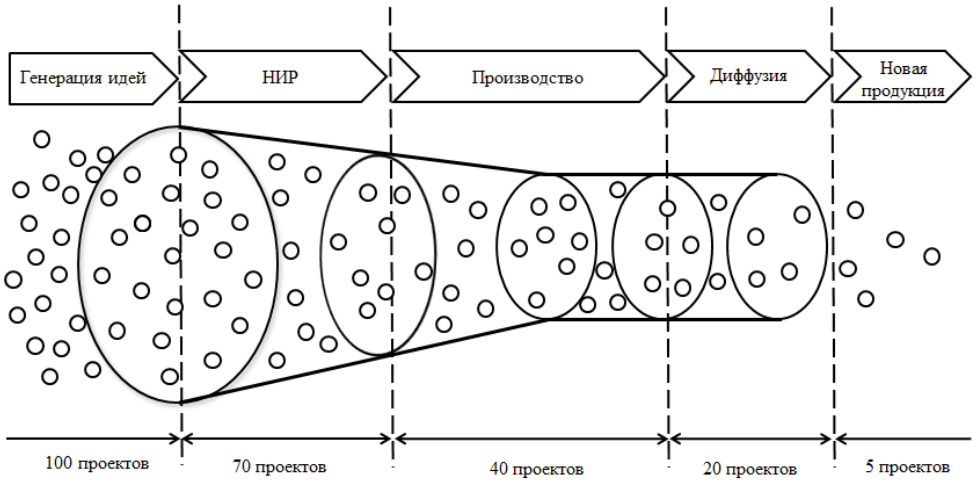


Рисунок 1. Модель инновационного процесса, протекающего внутри воронки
Источник: составлено автором

Существует термин «инновационная воронка» [7–10] *(Hakkarainen, 2014; Bonazzi, Zilber, 2014; Coenen, Ranaivoson, Ballon, 2010; Bris, Yannou, Attias, 2013)*, под которым понимается процесс нововведения, включающий в себя зарождение и фильтрацию новаций на всей протяженности жизненного цикла инновационного проекта, позволяющий наглядно представить последовательность и полноту инновационных процессов. Инновационная воронка представлена на *рисунке 1*.

Представленный рисунок позволяет увидеть, как с каждым этапом количество инновационных проектов уменьшается в силу различной проработанности, готовности к переходу на следующий уровень развития.

Разделение продиктовано профессиональной самостоятельностью и однородностью этапов инновационного проекта. В теории процесс не представляется сложным, но при его прохождении обнаруживается множество проблемных ситуаций на каждом этапе. Подробнее остановимся на входном этапе, а именно на способах и методах привлечения инновационных проектов в воронку.

В настоящее время для привлечения предпринимателей в инновационную деятельность проводятся массовые мероприятия (форумы, конференции, конкурсы и т.д.), направленные на представление проектов. Стоит заметить, что с увеличением количества проводимых мероприятий наблюдается тенденция к снижению спроса со стороны лиц, привлекаемых к инновационной деятельности.

Наряду с вышесказанным, существуют проблемы организации мероприятий по привлечению предпринимателей с инновационными проектами, представленными на *рисунке 2*.



Рисунок 2. Существующие проблемы организации мероприятий
Источник: составлено автором

Исходя из *рисунка 2*, в центре под номером 1 указана наиболее важная проблема, далее, по часовой стрелке, начиная с ячейки под номером 2 и заканчивая ячейкой под номером 7, представлены проблемы по мере важности.

Вышеназванные проблемы показывают, что при организации мероприятий необходимо сосредоточиться на проведении агитации с целью обеспечения потока идей для инновационных проектов. Предлагаемая структура проведения такой агитации базируется на распространении информации о конкретном инновационном мероприятии путем представления электронного материала и печатного, в виде полиграфических и сувенирных изделий.

Изучение литературных источников об инновационных процессах [11–18] *(Zverev, 2008; Schepina, 2012; Shatunova, 2008; Itskovits, 2011; Dezhina, Kiseleva, 2008; Kozlova, 2011; Melnikov, Shuvalov, 2009; Leonenkov, 2005)* и углубленное рассмотрение способов привлечения предпринимателей в инновационную деятельность, позволило выявить основные критерии, по которым можно оценить эффективность агитации.

В *таблице 1* представлено соотношение критерий/вес для определения эффективности агитации.

Таблица 1

Эффективность агитации

Критерий / Вес	Количественный показатель		Качественный показатель	
	Количество разосланных электронных писем потенциальным участникам инновационной воронки	Количество социальных сетей, в которых было упомянуто о проведении мероприятия	Компетентность задействованных лиц	Использование полиграфической, сувенирной продукции
0,33	1000 писем	1	низкий уровень	Листовки/буклеты
0,66	2000 писем	2	средний уровень	Листовки/буклеты и (или) справочные материалы/ журналы
1	3000 писем	3	высокий уровень	Листовки/буклеты и (или) справочные материалы/ журналы, и (или) сувенирные изделия

Источник: составлено автором [24, 25]

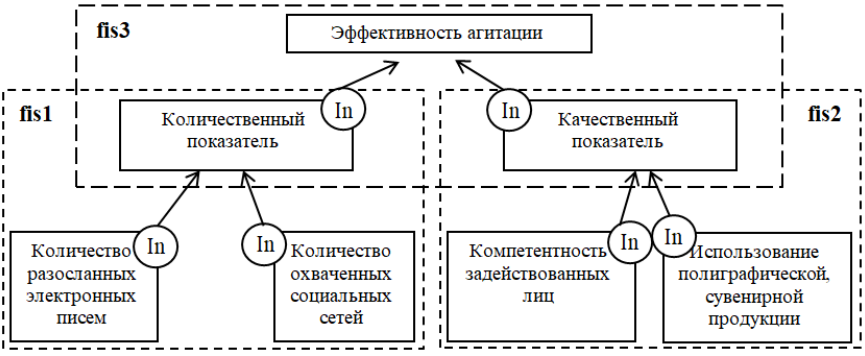


Рисунок 3. Иерархическая экспертная система «Эффективность агитации»
Источник: составлено автором

Представленные критерии образуют иерархическую экспертную систему (*рис. 3*), где входными лингвистическими переменными являются «Количественный показатель» и «Качественный показатель», а выходной – «Эффективность агитации».

Таким образом, иерархическая система состоит из трех элементарных (одноуровневых) подсистем: fis1, fis2, fis3.

В качестве среды реализации использовался программный продукт MATLAB (сокращенно от «Matrix Laboratory»), содержащий пакет прикладных программ Fuzzy

Logic Toolbox (далее – FLT) [19, 20] *(Laecio Carvalho de Barros, Rodney, Weldon Lodwick., 2016; Sodiya, Onashoga, Oladunjoye, 2007)*. FLT содержит инструменты для проектирования систем нечеткой логики. Пакет позволит создавать экспертные системы на основе нечеткой логики, представить результаты исследований визуально в виде трехмерного графика, проводить кластеризацию нечеткими алгоритмами, а также проектировать нечеткие нейронные сети [21–23] *(Zade, 1976; Gorkavyy, Gorkavyy, 2016; Andina, Fukushima, 2018)*.

Предполагается, что все входные переменные количественно оцениваемы. Диапазон универсальных множеств для всех переменных системы примем от 0 до 1, где 1 означает максимальную степень оценки переменной, а 0, соответственно, минимальную. В ходе исследования была сформирована база правил и заданы соответствующие параметры (*табл. 1*) для каждой лингвистической переменной.

Визуализировать данные можно для каждой подсистемы (fis1, fis2, fis3) изменяя параметры в соответствии с объектом наблюдения, что приводит к гибкости математической модели с возможностью подбора оптимального сочетания задействованных элементов.

В процессе исследования были рассмотрены всевозможные комбинации лингвистических переменных существующих подсистем. В целях экономии рабочего пространства, в качестве примера на *рисунке 4* представлен результат моделирования подсистемы fis3 «Эффективность агитации».

Как видно из *рисунка 4,* лингвистические переменные «**Количественный** показатель» и «**Качественный** показатель» имеют одинаковый вес в виду заданных параме-

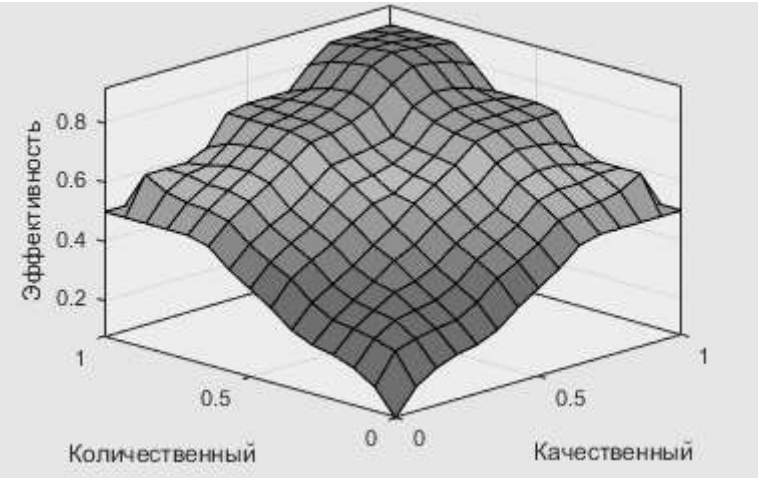


Рисунок 4. Результат моделирования подсистемы «Эффективность агитации»
Источник: составлено автором

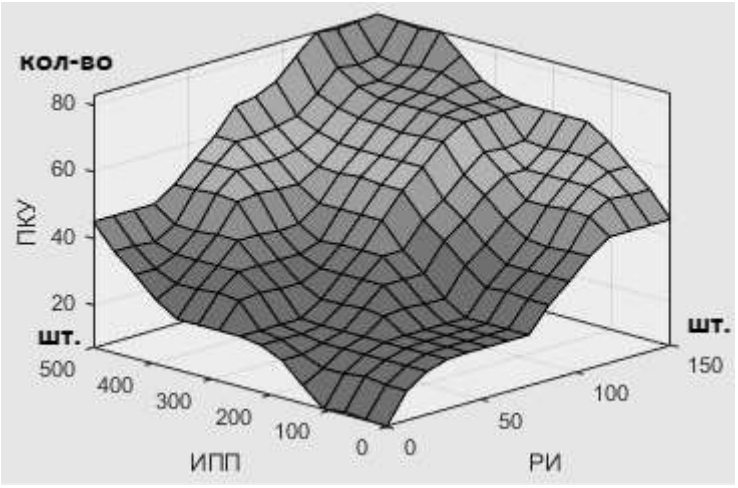


Рисунок 5. Результат прогнозирования количества участников мероприятия Клуб друзей
Источник: составлено автором

тров в процессе определения эффективности агитации. Поскольку график мат. модели является эталонным, следует полагать, что при внесении реальных значений поведение графика будет меняться. Максимальная польза сочетания выбранных для оценки критериев, достигается при условии оценивания в 1 балл обоих критериев.

С целью апробации разработанной системы, основанной на математическом моделировании, был проведен анализ мероприятий для предпринимателей с инновационными проектами, организованный Дальневосточным представительством фонда «Сколково» (далее – ДВП) [24] на площадках Дальневосточного федерального университета (далее – ДВФУ) [25]. Основными ежегодными мероприятиями, направленными на формирование сообщества предпринимателей и информационного пространства на Дальнем Востоке являются: «Клуб друзей фонда «Сколково» на Дальнем Востоке», сезонные школы «Открытого университета Сколково», «Дальневосточные патентные школы», проводимые совместно с Центром интеллектуальной собственности фонда «Сколково» при поддержке Фонда содействия инновациям.

Для прогнозирования количества участников (на *рисунке 5* – ПКУ) «Клуба друзей фонда «Сколково» на Дальнем Востоке: встреча с бизнес-сообществом» (далее – Клуб друзей), прошедшего в ноябре 2017 года, была применена разработанная модель на основе анализа проведенной работы при подготовке мероприятия. В ходе организации Клуба друзей проводилась агитация сотрудниками ДВП по двум основным направлениям: использование полиграфической продукции (на *рисунке 5* – ИПП) и рассылка информации в социальных сетях (на *рисунке 5* – РИ). Информационная поддержка осуществлялась через Facebook и Вконтакте.

Поскольку для агитации участников Клуба друзей было использовано примерно 400 ед. полиграфической продукции, а также сделана рассылка информации по 2 социальным сетям примерно 100 потенциальным участникам, применение разработанной математической модели позволило спрогнозировать количество участников в 60 человек.

На *рисунке 5* изображен трехмерный график, полученный при сопоставлении лингвистических переменных «Использование полиграфической продукции» и «Рассылка информации в социальных сетях».

Заключение

Таким образом, использование математического моделирования позволило сотрудникам ДВП «Сколково», при организации Клуба друзей, рационально распределить имеющиеся ресурсы для запланированного количества участников в 60 человек. По итогу, мероприятие посетило 58 человек, заинтересованных в инновационной деятельности.

В 2018 году разработанная математическая модель получила подтверждение своей эффективности в ходе организации мероприятий ДВП «Сколково»: Форум о внедрении инноваций на Дальнем Востоке и Конкурс инновационных проектов Амурской области и города ХейХе (Китай).

ИСТОЧНИКИ:

1. Штерензон В.А. Моделирование технологических процессов. / конспект лекций. - Екатеринбург : Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. – 66 с.
2. Кузнецов В.В., Крайнюков А Н. Концепции инновационного развития на базе системного подхода // Инновационная деятельность. – 2007. – № 4.
3. Дынкин А.А., Иванова Н.И. и др. Инновационная экономика. / 2-е издание. Монография. - М.: Наука, 2004. – 352 с.
4. Соловьев Д.Б., Кузора С.С., Меркушева А.Е. Математическая модель оценки эффективности инновационного хаба // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2018. – № 3. – с. 3-10.
5. Соловьев Д.Б., Кузора С.С., Меркушева А Е. Использование алгоритмов нечеткого вывода для предварительной оценки участников при кластерном подходе // Инновации. – 2018. – № 5(235). – с. 77-81.
6. Сергеев В.М., Алексеенкова Е.С., Нечаев В.Д. Типология моделей инновационного развития // Полития: анализ. Хроника. Прогноз (журнал политической философии и социологии политики). – 2008. – № 4. – с. 6-22.
7. Hakkarainen K. The innovation funnel fallacy // International Journal of Innovation Science. – 2014.
8. Bonazzi F., Zilber M. Innovation and business model: a case study about integration of innovation funnel and business model canvas // Review of business management. – 2014. – № 53. – p. 616-637.

9. Coenen T., Ranaivoson H., Ballon P. Tool support for the Open Business Model Innovative funnel // Conference Paper. – 2010. – № 1.
10. Bris G., Yannou B., Attias D. A categorization of innovation funnels of companies as a way to better make conscious agility and permeability // Conference Paper. – 2013.
11. Зверев А.В. Государственная поддержка инновационной деятельности // Вестник Финансового университета. – 2008. – № 4.
12. Щепина И.Н. Инновационная деятельность на региональном уровне : типы поведения регионов и их устойчивость. / Монография. - Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университет, 2012. – 162 с.
13. Шатунова Ю.В. Государственное регулирование инновационной деятельности. , 2008.
14. Ицковиц Г.В. Модель тройной спирали // Инновационная Россия. – 2011. – № 4.
15. Дежина И.Г., Киселева В.В. Институт экономики переходного периода // Государство, наука и бизнес в инновационной системе России. – 2008.
16. Козлова Ж.М. Проблемы становления национальной инновационной системы в России // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2011. – № 2(20). – с. 17-21.
17. Мельников О.Н., Шувалов В.Н. Инновационная активность как фактор повышения конкурентоспособности предприятия // Российское предпринимательство. – 2009. – № 9.
18. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
19. Laecio Carvalho de Barros, Rodney C.B., Weldon Lodwick. Studies in Fuzziness and Soft Computing. , 2016.
20. Sodiya A.S., Onashoga S.A., Oladunjoye B.A. Threat modeling using fuzzy logic paradigm // Informing Science. – 2007. – № 4.
21. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976. – 166 с.
22. Горькавый М.А., Горькавый А.И. Интеллектуальные системы в задачах управления техническими и организационно-технологическими процессами. / Учебное пособие. - Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 117 с.
23. Andina D., Fukushima K. Neuroengineering: from Neurosciences to Computations // International Journal of Neural Systems. – 2018. – № 5. – doi: 10.1142/s0129065718030016.
24. Дальневосточное представительство фонда «Сколково». [Электронный ресурс]. URL: http://sk.ru/foundation/fareast.
25. Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ). [Электронный ресурс]. URL: https://www.dvfu.ru.

REFERENCES:

Andina D., Fukushima K. (2018). *Neuroengineering: from Neurosciences to Computations International Journal of Neural Systems. 28* (5). doi: 10.1142/s0129065718030016.

Bonazzi F., Zilber M. (2014). *Innovation and business model: a case study about integration of innovation funnel and business model canvas Review of business management. 16* (53). 616-637.

Bris G., Yannou B., Attias D. (2013). *A categorization of innovation funnels of companies as a way to better make conscious agility and permeability Conference Paper.*

Coenen T., Ranaivoson H., Ballon P. (2010). *Tool support for the Open Business Model Innovative funnelConference Paper.* (1).

Dezhina I.G., Kiseleva V.V. (2008). *Institut ekonomiki perekhodnogo perioda* [Institute for the economy in transition]. *Gosudarstvo, nauka i biznes v innovatsionnoy sisteme Rossii.* (in Russian).

Dynkin A.A., Ivanova N.I. i dr. (2004). *Innovatsionnaya ekonomika* [Innovative economy] M.: Nauka. (in Russian).

Gorkavyy M.A., Gorkavyy A.I. (2016). *Intellektualnye sistemy v zadachakh upravleniya tekhnicheskimi i organizatsionno-tekhnologicheskimi protsessami* [Intelligent systems in control problems in technical, organizational, and technological processes] Komsomolsk-on-Amur: FGBOU VO «KnAGTU». (in Russian).

Hakkarainen K. (2014). *The innovation funnel fallacy International Journal of Innovation Science. 6*

Itskovits G.V. (2011). *Model troynoy spirali* [The triple helix model]. *Innovatsionnaya Rossiya.* (4). (in Russian).

Kozlova Zh.M. (2011). *Problemy stanovleniya natsionalnoy innovatsionnoy sistemy v Rossii* [Problems of formation of national innovative system in Russia]. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava.* (2(20)). 17-21. (in Russian).

Kuznetsov V.V., Kraynyukov A N. (2007). *Kontseptsii innovatsionnogo razvitiya na baze sistemnogo podkhoda*[The concept of innovative development on the basis of the system approach]. *Innovation activity.* (4). (in Russian).

Laecio Carvalho de Barros, Rodney C.B., Weldon Lodwick. (2016). *Studies in Fuzziness and Soft Computing*

Leonenkov A.V. (2005). *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH* [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH] SPb.: BKhV-Peterburg. (in Russian).

Melnikov O.N., Shuvalov V.N. (2009). *Innovatsionnaya aktivnost kak faktor povysheniya konkurentosposobnosti predpriyatiya* [Innovative activity as factor of increase of competitiveness of the enterprise]. *Russian Journal of Entrepreneurship.* (9). (in Russian).

Schepina I.N. (2012). *Innovatsionnaya deyatelnost na regionalnom urovne : tipy povedeniya regionov i ikh ustoychivost* [Innovative activities at the regional level : the behavior of regions and their stability]Voronezh: Izdatelsko-poligraficheskiy tsentr Voronezhskogo gosudarstvennogo universitet. (in Russian).

Sergeev V.M., Alekseenkova E.S., Nechaev V.D. (2008). *Tipologiya modeley innovatsionnogo razvitiya*[Typology of models of innovative development]. *Politia: analysis. chronicle. forecast (journal of political philosophy and sociology of politics)*. (4). 6-22. (in Russian).

Shatunova Yu.V. (2008). *Gosudarstvennoe regulirovanie innovatsionnoy deyatelnosti* [State regulation of innovation activities] KGSKhA im.prof. I. I. Ivanova. (in Russian).

Shterenzon V.A. (2010). *Modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov* [Modeling of technological processes]Yekaterinburg: Izd-vo Ros. gos. prof.-ped. un-ta. (in Russian).

Sodiya A.S., Onashoga S.A., Oladunjoye B.A. (2007). *Threat modeling using fuzzy logic paradigm Informing Science*. (4).

Solovev D.B., Kuzora S.S., Merkusheva A E. (2018). *Ispolzovanie algoritmov nechetkogo vyvoda dlya predvaritelnoy otsenki uchastnikov pri klasternom podkhode* [Use of algorithms of an indistinct conclusion for preliminary estimate of participants at cluster approach]. *Innovations*. (5(235)). 77-81. (in Russian).

Solovev D.B., Kuzora S.S., Merkusheva A.E. (2018). *Matematicheskaya model otsenki effektivnosti innovatsionnogo khaba* [The mathematical model of evaluating the effectiveness of the innovation hub].*Economics and management: problems, solutions (Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya nauchno-prakticheskiy zhurnal). 1* (3). 3-10. (in Russian).

Zade L. (1976). *Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennyh resheniy*[The concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions] M.: Mir. (in Russian).

Zverev A.V. (2008). *Gosudarstvennaya podderzhka innovatsionnoy deyatelnosti* [The state support of innovative activities]. *Bulletin of the Financial University*. (4). (in Russian).