

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ
ИНВЕСТИЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ****Галина Ивановна ГОРЕМЫКИНА^{а*}, Ольга Владимировна КОНСТАНТИНОВА^б,
Ирина Николаевна МАСТЯЕВА^с**^а кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математических методов в экономике, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Российская Федерация
g_iv.05@mail.ru^б студентка магистратуры программы экономических рисков, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Российская Федерация
konstantinova93@yandex.ru^с кандидат технических наук, доцент кафедры математических методов в экономике, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Российская Федерация
imastyayeva@mail.ru

* Ответственный автор

История статьи:

Принята 21.11.2016

Принята в доработанном виде
18.12.2016

Одобрена 14.01.2017

Доступна онлайн 29.03.2017

УДК 330.46+51-77

JEL: C02, C65, D81, E22

Аннотация**Предмет.** Новая стратегия развития Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий требует до 2030 г. внедрения нового принципа перехода от оперативного реагирования к управлению рисками, профилактике и предупреждению крупномасштабных опасных факторов, рисков и угроз. Одним из условий успешной реализации государственных программ является активная инвестиционная политика государства. Инвестиционные проекты в системе МЧС России относятся к классу вложений в сфере нематериального производства и нерыночной отрасли, и, следовательно, использование традиционного научно-методологического аппарата управления инвестициями не может быть признано обоснованным. Именно поэтому увеличение объемов инвестиций, формирование и реализация эффективной стратегии инвестиционного развития требуют создания и внедрения в специфическую сферу деятельности МЧС России научно обоснованных моделей и методов управления инвестициями.**Цели.** Создание и компьютерная реализация математической модели системы поддержки принятия решений в управлении инвестиционными проектами по предупреждению чрезвычайных ситуаций**Методология.** В работе применена методология нечеткого моделирования.**Результаты.** Построена модель системы поддержки принятия решений в управлении инвестиционными проектами по предупреждению чрезвычайных ситуаций. В модели применена схема нечеткого логического вывода с помощью алгоритма Мамдани по экспертным нечетким базам знаний. Процесс разработки системы реализован в среде MatLab с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox. Данные количественных вариантов реализации построенной нечеткой системы были использованы для формирования модели множественной регрессии, позволившей получить функцию, связывающую эндогенную и экзогенные переменные. Проведены сравнительный анализ полученных моделей, сравнительная оценка инвестиционных проектов на основе разработанной системы, принято решение о приоритетности их финансирования.**Выводы.** Практическая значимость исследования заключается в возможности применения построенной системы в качестве универсального средства управления инвестиционными проектами по предупреждению чрезвычайных ситуаций.**Ключевые слова:**инвестиционный проект,
предупреждение чрезвычайных
ситуаций, оценка, управление,
нечеткое моделирование

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2016

Введение

Новая стратегия развития МЧС России до 2030 г. требует внедрения нового принципа перехода от оперативного реагирования к управлению рисками, профилактике и предупреждению крупномасштабных опасных факторов, рисков и угроз.

В настоящее время наблюдается тенденция роста количества разрушительных природных бедствий

и крупных техногенных катастроф. Наносимый ими ущерб приводит к тяжелым социально-экономическим и экологическим последствиям. Годовой экономический ущерб от чрезвычайных ситуаций (ЧС) может достигать 1,5–2% валового внутреннего продукта. В 2013 г. на территории России произошли 332 чрезвычайные ситуации, в результате которых погибли 631, пострадали 208 439 чел. При этом общий материальный ущерб составил 52 222,44 млн руб., что в 5,6 раз

превышает соответствующий показатель 2012 г.¹. В 2014 г. ситуация несколько изменилась – количество ЧС уменьшилось по сравнению с 2013 г. на 23,1% и составило 246. Заработали государственные программы, направленные на защиту населения и территории России от чрезвычайных ситуаций различного рода, снижение рисков их возникновения и смягчение последствий в случае наступления. Успешная реализация таких программ во многом обусловлена их соответствующим финансированием. В IV кв. 2015 г. общий объем созданных во всех субъектах РФ резервов финансовых ресурсов для предупреждения и ликвидации ЧС составил 52,53 млрд руб., что на 0,4% превышает показатель аналогичного периода 2014 г.².

Тем не менее наличие ассигнований еще не является гарантом результативности в вопросах совершенствования стратегии предупреждения ЧС и смягчения последствий в случае их наступления. Как отмечает Н.П. Тихомиров, одним из условий эффективного использования выделяемых денежных средств является разработка и внедрение научно обоснованных моделей и методов управления инвестициями [1]. Это обусловлено тем, что научно-методологический аппарат, применяемый для формирования и реализации эффективной стратегии инвестиционного развития, не может быть непосредственно использован в области управления инвестиционными проектами в МЧС России. По мнению А.Е. Загорюлько, причина этого кроется в том, что «сфера деятельности МЧС России относится к разряду *непроизводственных и нерыночных, следовательно, она не ориентирована на получение дохода или на удовлетворение потребностей населения в услугах, как результатов освоения инвестиций*»³.

Разработка целевых показателей, индикаторов и формирование баз знаний системы поддержки принятия решений (СППР) в управлении инвестиционными проектами (ИП) по предупреждению чрезвычайных ситуаций

¹ Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2013 году» // МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС(ФЦ), 2014. 344 с.

² Бюллетень о создании, наличии, использовании и восполнении резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций. 2015. IV кв. № 49. Официальный сайт МЧС. URL: <http://mchs.gov.ru>

³ Загорюлько А.Е., Гадышев В.А. Математические модели выбора проектов капиталовложений // Проблемы управления рисками в техносфере. 2012. № 1. С. 34–36.

осуществлялись совместно с группой экспертов под руководством начальника отдела ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), к.т.н. В.П. Авдотьиной. Применена схема нечеткого логического вывода по алгоритму Э. Мамдани по экспертным нечетким базам знаний [2, 3]:

$$\bigcup_{l=1}^{k_j} \left(\bigcap_{i=1}^n x_i = t_i^{jl} \text{ с весом } \omega_{jl} \right) \Rightarrow (y = d_j),$$

$$j = 1; \bar{m},$$

где (x_1, x_2, \dots, x_n) – вектор входных переменных;

t_i^{jl} – нечеткий терм, оценивающий переменную x_i в строке с номером jl ($l = 1; k_j$);

k_j – количество правил, определяющих значение выходной переменной $y = d_j$;

m – количество термов, используемых для лингвистической оценки выходного параметра y ;

ω_{jl} – вес правила с номером jl (если в записи jl -го правила вес ω_{jl} отсутствует, то это означает, что $\omega_{jl} = 1$);

\cup – нечеткая дизъюнкция;

\cap – нечеткая конъюнкция.

Процесс разработки системы реализован в среде MatLab 7.11.0 с помощью пакета Fuzzy Logic Toolbox и интерактивного модуля *fuzzy*. При использовании в качестве входных данных количественных вариантов реализации нечеткой системы построена и компьютерно реализована модель множественной регрессии системы оценки инвестиционного проекта. Расчет коэффициентов регрессии производился в вычислительной среде табличного процессора Microsoft Office Excel 2007.

Обоснование выбора предлагаемой модели

Модели систем поддержки принятия решений, основанные на скаляризации векторного критерия оценки при помощи весовых коэффициентов⁴, не отражают фактической схемы рассуждений, которыми пользуются эксперты. Приведем пример подобного рассуждения.

ЕСЛИ инвестиционный проект обладает высокой экономической эффективностью, полностью соответствует целям федеральных

⁴ Методика оценки эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения. URL: <https://rg.ru/2009/05/22/metodika-ocenki-dok.html>

государственных программ, имеет высокую степень безопасности реализации, способствует улучшению экологической ситуации, индуцирует создание новых рабочих мест, при этом имеются вся необходимая документация и персонал соответствующей квалификации для выполнения, ТО оценка проекта высокая и его следует финансировать.

Такие вербальные конструкции воспроизводят человеческий способ мышления и дают возможность построить модель системы нечеткого логического вывода по алгоритму Мамдани, позволяющей принимать решения о целесообразности финансирования инвестиционного проекта. Следует заметить, что указанная система, обладая измерительно-информационной функцией, позволит также прогнозировать принятие решений и выявлять узкие места, требующие применения управляющих воздействий.

Кроме того, при анализе инвестиционных проектов по предупреждению чрезвычайных ситуаций, как правило, преобладает качественная информация и недостаточно информации количественного характера, а имеющиеся управляемые переменные несут на себе высокую степень неопределенности. Основные причины неопределенности обуславливаются следующими факторами: непредсказуемым характером природно-климатических условий, чрезвычайных ситуаций; неполнотой и/или неточностью проектной информации о составе, значениях, взаимном влиянии и динамике наиболее существенных технических, технологических или экономических параметров объектов; ошибками в расчетах параметров проекта, обусловленных неправомерной экстраполяцией на будущее данных и зависимостей, имевших место в прошлом; ошибками в расчетах финансово-экономических параметров проекта, обусловленных упрощениями при моделировании сложных технических или организационно-экономических систем [4].

По этим причинам предлагается методология нечеткого моделирования, которую применяют при создании сложных слабоструктурированных и слабоформализованных систем [2, 5]. В качестве примера использования такого подхода можно привести нечеткое моделирование системы управления по результатам деятельности таможенных органов⁵ [6, 7]. Еще одним примером

⁵ Гуланова Ю.Е. Применение инструментария нечеткой логики в оценке качества таможенных услуг // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 1. С. 143–158.

служат исследования А.Л. Новосёлова и И.Ю. Новосёловой [8], в которых рассматривается выбор альтернатив использования ресурсов на основе нечетко-множественного подхода. Применимость нечетко-множественного подхода при моделировании систем управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций обоснована И.Я. Ямаловым [9] и авторами настоящей статьи [10].

Формирование показателей для модели системы оценки инвестиционного проекта

Основными целями любых мероприятий, направленных на предупреждение и ликвидацию чрезвычайных ситуаций, являются следующие:

- снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций;
- минимизация числа пострадавших от воздействия чрезвычайных ситуаций;
- уменьшение экономического ущерба от потери материальных ценностей и от вредного воздействия на окружающую среду;
- обеспечение необходимых условий для безопасной жизнедеятельности и устойчивого социально-экономического развития страны⁶.

Именно поэтому система оценки инвестиционного проекта в области предупреждения чрезвычайных ситуаций должна являться многокомпонентной и включать в себя оценки как его экономической эффективности и научно-технического уровня, так и оценку его общественной значимости. Заметим, что тенденция к увеличению размерности пространства показателей моделей экономических систем (процессов) за счет введения институциональных показателей прослеживается во многих исследованиях. Укажем, например, работы С.Ф. Викулова [11], Ю.Е. Гулановой [12], Е.Ю. Дорохиной [13, 14], М.Н. Дудина⁷, И.А. Киселёвой [15], Т.М. Тихомировой [16, 17], Е.Ю. Хрусталёва⁸ [11, 18].

Целевые показатели и индикаторы оценки ИП были разработаны с учетом постановления Правительства Российской Федерации «О порядке

⁶ О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (с изм. от 28.10.2002, 22.08.2004, 04.12.2006, 18.12.2006, 30.10.2007, 30.12.2008, 07.05.2009, 25.11.2009, 19.05.2010, 27.07.2010, 28.12.2010, 29.12.2010).

⁷ Дудин М.Н. Национальные приоритеты в сфере институционально-инвестиционного недропользования арктических территорий // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 8. С. 12–23.

отбора и координации реализации приоритетных инвестиционных проектов федеральных округов и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» от 03.08.2011 № 648 (в ред. постановлений Правительства РФ от 28.03.2014 № 242, от 23.09.2014 № 972, от 26.12.2014 № 1505, от 08.05.2015 № 454), а также нормативных правовых актов, определяющих сферу деятельности МЧС России. Показатели или их измеримые характеристики могут быть изменены в связи с появлением новых нормативно-правовых актов или в зависимости от изменения взглядов экспертов на ситуацию.

Под экономической эффективностью X инвестиционного проекта обычно понимают отношение предполагаемого экономического эффекта к затратам, которое показывает, сколько рублей предотвращенного ущерба приходится на каждый рубль, вложенный в проект:

$$X = E / K_0,$$

где E – экономический эффект; K_0 – величина капиталовложений.

Под экономическим эффектом ИП понимается предотвращенный ущерб населению, окружающей среде и объектам производственной и социальной инфраструктуры в результате возможных аварий. Именно поэтому на этапе оценки экономической эффективности проекта должна быть проведена оценка стоимости предусмотренных мероприятий по защите населения и территорий, а также дана комплексная оценка ущерба, который может быть нанесен населению и территориям при возникновении ЧС различного рода без проведения на объекте специальных защитных мероприятий. Согласно исследованиям А.Е. Загорюлько⁹, экономический эффект с учетом риска возникновения ЧС может быть определен на основании следующей формулы:

$$E = \frac{(UP - U^* P^*) + ((D^* (1 - P^*)) - D(1 - P)) + (VP - V^* P^*) + (WP - W^* P^*)}{K_0},$$

где U и U^* – прогнозируемые величины ущербов;

⁸ Хрусталёв Е.Ю., Рыбасова М.В. Роль государства в экономике: институционально-эволюционный анализ // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 21. С. 2–9.

⁹ Загорюлько А.Е., Гадышев В.А. Математические модели выбора проектов капиталовложений // Проблемы управления рисками в техносфере. 2012. № 1. С. 34–36.

D и D^* – количество совокупного произведенного продукта;

V и V^* – прогнозируемые размеры компенсационных выплат;

W и W^* – величины прогнозируемых затрат на мероприятия по восстановлению природы;

P и P^* – вероятности возникновения ЧС соответственно до и после реализации ИП.

При вычислении оценки научно-технического уровня инвестиционного проекта в качестве критерия отбора экспертами были выбраны показатели, приведенные в *табл. 1*. При оценке каждого из выбранных критериев экспертам необходимо указывать один из списка учитываемых факторов.

Для оценки общественной значимости инвестиционного проекта эксперты выбрали показатели, представленные в *табл. 2*.

Моделирование системы поддержки принятия решений в управлении ИП

Ядром указанной модели СППР является модель системы оценки инвестиционного проекта, представляющая собой функцию следующего вида:

$$\{(X, y_1, \dots, y_7, z_1, z_2, z_3)\} \rightarrow [0; 1],$$

где $(X, y_1, \dots, y_7, z_1, z_2, z_3)$ – вектор ключевых показателей оценки ИП;

X – экономическая эффективность;

y_1 – соответствие целям государственных программ;

y_2 – безопасность реализации;

y_3 – степень проработки;

y_4 – обоснованность необходимости реализации;

y_5 – экологичность проекта во время реализации;

y_6 – техническое обеспечение;

y_7 – обеспечение персоналом соответствующей квалификации;

z_1 – экологичность после реализации;

z_2 – масштаб проекта;

z_3 – влияние на социальную обстановку.

Количественной оценкой ИП является число, принадлежащее отрезку $[0; 1]$. Оценка используется для принятия одного из следующих решений: S_1 – отклонить ИП; S_2 – финансировать ИП после доработки; S_3 – финансировать ИП. Выбор стратегии действия осуществляется следующим образом.

Пусть $\|\theta\|_1$ и $\|\theta\|_2$ – количественные оценки инвестиционного проекта, разрабатываемые экспертами на основе эталонных значений по шкале от 0 до 1, с учетом нормативных правовых документов, определяющих сферу деятельности МЧС России. При этом выполняется следующее неравенство: $\|\theta\|_1 \leq \|\theta\|_2$. Указанные оценки выступают в роли индикаторов, на основе которых принимаются решения. Пусть $\|\theta\|$ – результат работы системы оценки инвестиционного проекта. Если $\|\theta\| \leq \|\theta\|_1$, то принимается решение S_1 . Если $\|\theta\|_1 < \|\theta\| \leq \|\theta\|_2$, то принимается решение S_2 . Если $\|\theta\| > \|\theta\|_2$, то принимается решение S_3 . В случае выбора альтернативных проектов P_1, \dots, P_n сравниваются соответственно количественные оценки $\|\theta_1\|, \dots, \|\theta_n\|$ каждого из них. В случае принятия решения S_3 для нескольких проектов, приоритетным признается тот проект, количественная оценка которого больше.

Структура нечеткой модели системы поддержки принятия решений по выбору стратегии действия представлена на рис. 1.

Для моделирования оценки ИП была применена каскадная структура нечетко-логического вывода, в которой выходная переменная одной базы знаний является входной переменной базы знаний следующего уровня.

Модель оценки научно-технического уровня проекта Y – функция вида: $\{(y_1, \dots, y_7)\} \rightarrow [0; 1]$; модель оценки организационного уровня проекта Y_1 – функция вида: $\{(y_1, \dots, y_4)\} \rightarrow [0; 1]$; модель оценки обеспеченности проекта силами МЧС Y_2 – функция вида: $\{(y_6, y_7)\} \rightarrow [0; 1]$. Модель оценки общественной значимости Z – функция вида: $\{(z_1, z_2, z_3)\} \rightarrow [0; 1]$.

Иерархическую взаимосвязь между входными переменными, классами входных переменных и выходной переменной представим в виде дерева логического вывода (рис. 2).

Элементы дерева интерпретируются следующим образом. Корень дерева $\|\theta\|$ – количественная оценка ИП; терминальные вершины $X, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, z_1, z_2, z_3$ – частные показатели; нетерминальные вершины f_{Y_1}, f_{Y_2}, f_Z – свертки частных показателей; нетерминальные вершины f_Y, f_Θ – свертки укрупненных показателей. Каждый частный, а также каждый укрупненный показатель рассматривается как лингвистическая переменная.

Моделирование иерархической системы оценки инвестиционного проекта было реализовано пятью системами нечеткого логического вывода. Рассмотрим построение системы, входными данными для которой служат значения оценок экономической эффективности X , научно-технического уровня Y , общественной значимости Z . Две последние являются результатами работы систем предыдущего иерархического уровня (см. рис. 1).

Построение нечеткой модели оценки экономической эффективности было произведено на основе четкой модели с помощью размывания параметров, то есть представления параметров нечеткими числами. Вводим лингвистическую переменную X – *Экономическая эффективность*. В качестве ее терм-множеств эксперты указали {низкая, средняя, высокая, очень высокая}, а значения параметров соответственно: (1; 1; 7), (5; 8; 11), (9; 12; 15; 15,3), (13,3; 20; 20) по шкале [1; 20] (единица измерения – рубль). Вводим лингвистические переменные $Y =$ *Научно-технический уровень ИП* и $Z =$ *Общественная значимость ИП*, имеющие треугольные функции принадлежности и единую шкалу качественных термов: {низкий(ая), средний(ая), высокий(ая)} и значения параметров (0; 0; 0,49), (0,1; 0,5; 0,9), (0,65; 1; 1) по шкале [0; 1] (единица измерения – действительное число).

Вводим лингвистическую переменную $q =$ *Оценка ИП* с треугольной функцией принадлежности и универсальным множеством [0; 1]. Терм-множество выходной переменной θ было задано экспертами следующим образом: {низкая, средняя, высокая}; значения параметров соответственно: (0; 0; 0,4), (0,1; 0,5; 0,9), (0,6; 1; 1).

В качестве нечеткой базы правил, являющейся носителем экспертной информации, были сформулированы логические правила, элементы antecedентов которых связаны одной логической операцией «И». Так как элементы antecedентов нечетких правил связаны одной логической операцией, то нечеткую базу правил удобно

представлять в виде таблицы. Нечеткая база знаний, соответствующая верхнему уровню иерархической системы оценки инвестиционного проекта и описываемая соотношением $\theta = f_{\theta}(X, Y, Z)$, состоит из 36 правил управления (10 из них представлены в *табл. 3*). С учетом всех уровней иерархии разработанная нечеткая база знаний состоит из 179 правил управления.

В качестве практического инструмента для разработки модели была выбрана среда MatLab с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox и интерактивного модуля *fuzzy*. Приведем пример компьютерной реализации модели, соответствующей соотношению $\theta = f_{\theta}(X, Y, Z)$.

На *рис. 3* приведено окно визуализации нечеткого логического вывода.

Средство просмотра правил вывода используется в целях диагностики. Оно позволяет отобразить процесс нечеткого логического вывода и получить результат. Как видно из *рис. 3*, при входном векторе $(X; Y; Z) = (15,31; 0,657; 0,283)$ результат составляет $\|\theta\| = 0,583$, что соответствует оценке инвестиционного проекта «средняя».

На *рис. 4* приведены трехмерные карты поверхности «входы – выход», соответствующие синтезированной нечетко-логической системе *Оценка ИП*.

При использовании в качестве исходных данных количественных вариантов реализации построенной нечеткой системы оценки инвестиционного проекта была построена соответствующая эконометрическая модель с проведением многофакторного регрессионного анализа. Так как вид функций принадлежности был выбран треугольным, то можно принять, что регрессионная зависимость является линейной. Расчет коэффициентов регрессии производился в вычислительной среде табличного процессора Microsoft Excel с использованием встроенного в него модуля *Анализ данных*.

На *рис. 5* представлены рассчитанные статистические показатели.

Было получено следующее уравнение регрессии:

$$\|\theta\| = 0,0678 + 0,0148\|\theta\| + 0,2752\|\theta\| + 0,306\|Z\|.$$

Для проверки его значимости применялся *F*-критерий Фишера, основанный на вычислении статистики:

$$F_{\text{набл}} = \frac{Q_R}{Q_{\text{ост}}} \cdot \frac{(n-k-1)}{k},$$

где Q_R и $Q_{\text{ост}}$ – суммы квадратов отклонений, обусловленных соответственно регрессией и остаточными, не включенными в модель факторами;

$k, n-k-1$ – степени свободы [19].

Согласно дисперсионному анализу, $F_{\text{набл}} = 212,3$. Критическое значение $F_{\text{кр}}$, представляющее собой значение *F*-распределения (распределение Фишера–Снедекора) со степенями свободы $k = 2, n - k - 1 = 36$ и уровнем значимости $\alpha = 0,05$, равно 2,866. Так как неравенство $F_{\text{набл}} > F_{\text{кр}}$ выполнено, то полученное регрессионное уравнение статистически значимо (с надежностью 0,95) описывает данные.

После установления значимости регрессионной связи была проведена проверка значимости ее коэффициентов, основанная на статистике, имеющей распределение Стьюдента с $n - k - 1$ степенями свободы. Критическое значение $t_{\text{кр}}$ для уровня значимости 0,05 и степени свободы 36, найденное с помощью статистической функции Microsoft Excel *СТБЮДРАСПОБР(вероятность; степень_свободы)*, оказалось равным 2,028, что меньше значения *t*-статистики для всех регрессионных коэффициентов. Значимость всех регрессионных коэффициентов подтверждается.

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,946$. Его, как правило, рассматривают в качестве основного показателя, отражающего меру качества регрессионной модели. Коэффициент детерминации показывает, какая доля вариации объясняемой переменной учтена в модели и обусловлена влиянием на нее факторов, включенных в модель. Заметим, что полученный коэффициент детерминации близок к 1. Это означает высокое качество регрессионной модели.

На *рис. 6* представлена визуальная интерпретация оценок инвестиционного проекта, рассчитанных по нечеткой модели (ряд 1) и по модели множественной регрессии (ряд 2).

Как видно из анализа данных *рис. 6*, несмотря на существование некоторых различий между рядами, оценку ИП можно определить достаточно уверенно по модели множественной регрессии. Имея только экспертные оценки относительно входных переменных, можно определить выходную переменную на основе установленной в регрессионном уравнении зависимости, учитывающей опыт экспертов. Однако этому шагу должен предшествовать нечеткий анализ

решаемой проблемы, так как при регрессионном анализе применяются результаты моделирования, полученные в системе нечеткого логического вывода.

Таким образом, на основе информации, полученной с помощью нечеткого моделирования, можно строить регрессионные модели, которые с достаточно большой точностью будут аналитически описывать связи выходной и входных переменных. Повышение точности нечеткой модели может быть осуществлено через настройку веса правил и функций принадлежности.

Иллюстративный пример

Определим стратегию выбора действия по финансированию инвестиционных проектов в области предупреждения ЧС, а также выявим проблемные стороны и возможные способы корректировки проектов. Даны следующие проекты.

Проект 1. Строительство противопаводковых и берегозащитных сооружений на территории автономного округа А.

Проект 2. Устройство минерализованных полос в целях защиты населенных пунктов от пожаров в области В.

Проект 3. Обновление устаревших производственных фондов на предприятии С, в составе которого имеются взрыво- и пожароопасные объекты.

Индикаторы $\|\theta\|_1 = 0,5$ и $\|\theta\|_2 = 0,8$, значения частных показателей каждого инвестиционного проекта определялись группой экспертов МЧС. Результаты работы приведены на *рис. 7*.

Из анализа данных *рис. 7* видно, что для первого проекта целесообразно принять решение о финансировании после корректировки, для второго и третьего проектов – принять решение о финансировании. Таким образом, приоритетными проектами для вложения инвестиций являются проект 2 и проект 3. Если стоит задача о выборе одного из нескольких конкурирующих проектов, для которых было принято решение о финансировании,

то необходимо выбрать тот проект, оценка $\|\theta\|$ которого больше. Из *рис. 7* видно, что следует выбрать проект 3.

Заметим, что предлагаемый подход к оценке ИП позволяет также определить проблемные стороны проектов и возможные способы их корректировки. Так, например, для увеличения оценки $\|\theta\|$ проекта 1 можно предложить следующие рекомендации: повысить уровень безопасности выполнения работ; улучшить экологичность мероприятий по реализации ИП, а также снизить до возможного минимума вред окружающей среде в процессе использования результатов ИП; повысить степень детализации проработки проекта; приобрести все необходимые ресурсы для выполнения работ по проекту; повысить уровень подготовки руководящего состава и работников РСЧС. Значение же показателя $X = \text{Экономическая эффективность}$ изменить нельзя, так как величина ущерба и затрат на осуществление проекта является фиксированной.

Заключение

В проведенном исследовании разработана концепция интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, в основу которой положен принцип управления знаниями. Указанная концепция включает разработку нечеткой базы знаний, что позволяет аккумулировать и использовать знания и опыт экспертов при управлении инвестиционными проектами в сфере деятельности МЧС России. Кроме того, было установлено, что на базе информации, полученной с помощью нечеткой технологии, можно строить регрессионные модели, которые с достаточно большой точностью будут описывать взаимосвязи входных и выходных переменных.

Представленные экономико-математические модели позволяют проводить качественную и количественную оценки инвестиционных проектов по рассматриваемым показателям. Разработанный инструментарий способен найти применение при управлении и контроле использования государственных капитальных вложений в системе МЧС России, уточнении объемов инвестиций и контроле реализации инвестиционных программ.

Таблица 1**Показатели для оценки научно-технического уровня инвестиционного проекта (ИП)****Table 1****Indicators to assess the S&T level of the investment project**

Показатель	Учитываемый фактор
Соответствие целей ИП целям федеральных государственных программ	Полностью соответствует. Частично соответствует. Не соответствует
Безопасность реализации	Высокая. Средняя. Низкая
Степень проработки	По предлагаемому проекту имеется: – вся необходимая документация; – проектно-сметная документация или бизнес-план; – только идея проекта
Обоснованность необходимости реализации	Обоснован в полной мере. Обоснована, но не в полной мере. Обоснован, но слабо
Экологичность во время реализации	Улучшит экологическую ситуацию. Не изменит экологической ситуации. Ухудшит экологическую ситуацию
Техническое обеспечение	Все необходимые ресурсы имеются. Большая часть необходимых ресурсов имеется. Меньшая часть необходимых ресурсов имеется
Наличие персонала соответствующей квалификации	Необходимое количество персонала имеется. Большая часть необходимого количества персонала имеется. Меньшая часть необходимого количества персонала имеется

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Показатели для оценки общественной значимости инвестиционного проекта (ИП)****Table 2****Indicators to assess the social significance of the investment project**

Показатель	Учитываемый фактор
Экологичность после реализации ИП	Улучшит экологическую ситуацию. Не изменит экологической ситуации. Ухудшит экологическую ситуацию
Масштаб проекта	Локальный. Крупномасштабный. Народнохозяйственный. Глобальный
Влияние на социальную обстановку	Улучшит (способствует созданию новых рабочих мест). Не изменит. Ухудшит (повлечет сокращение рабочих мест)

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3

Фрагмент нечеткой базы правил для моделирования системы оценки ИП

Table 3

A fragment of the fuzzy base of rules for modeling the investment project evaluation system

Номер правила	Антецеденты			Консеквент θ
	X	Y	Z	
1	Очень высокая	Средний	Низкая	Средняя
2	Очень высокая	Средний	Высокая	Высокая
3	Высокая	Средний	Средняя	Средняя
4	Средняя	Средний	Низкая	Средняя
5	Средняя	Высокий	Высокий	Высокая
6	Низкая	Средний	Средний	Низкая
7	Низкая	Высокий	Низкая	Низкая
8	Средняя	Высокий	Средняя	Средняя
9	Очень высокая	Низкий	Высокая	Высокая
10	Низкая	Средний	Высокая	Средняя

Примечание. X – экономическая эффективность; Y – научно-технический уровень; Z – общественная значимость; θ – оценка ИП.

Источник: авторская разработка

Note. X – economic efficiency; Y – scientific and technological level; Z – social significance; θ – investment project evaluation.

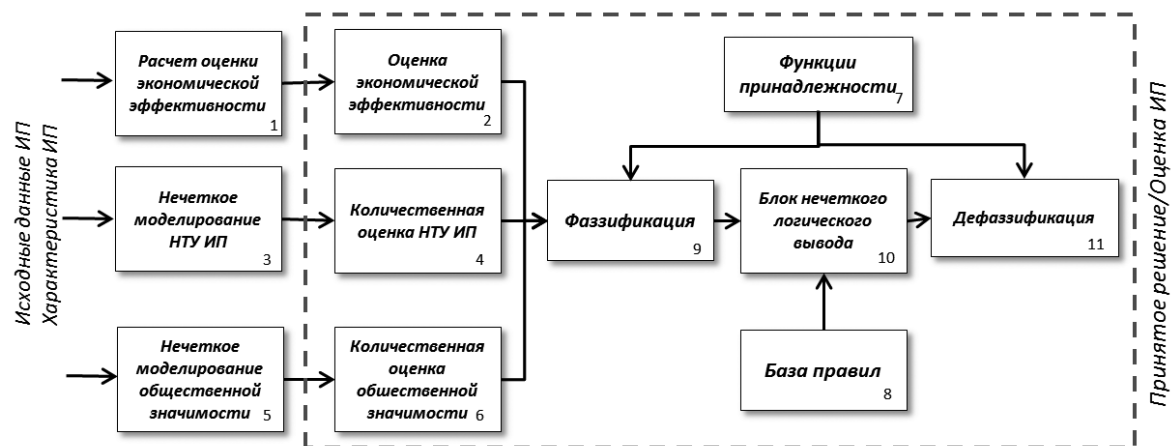
Source: Authoring

Рисунок 1

Общая схема нечеткой модели СППР в управлении ИП по предупреждению ЧС

Figure 1

General scheme of the fuzzy DSS model to manage the investment project for emergency prevention



Источник: авторская разработка

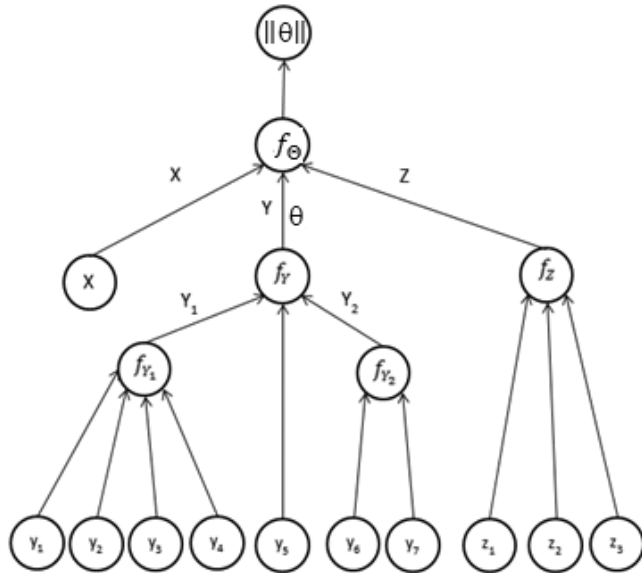
Source: Authoring

Рисунок 2

Иерархическая классификация переменных

Figure 2

Hierarchical classification of variables



Источник: авторская разработка

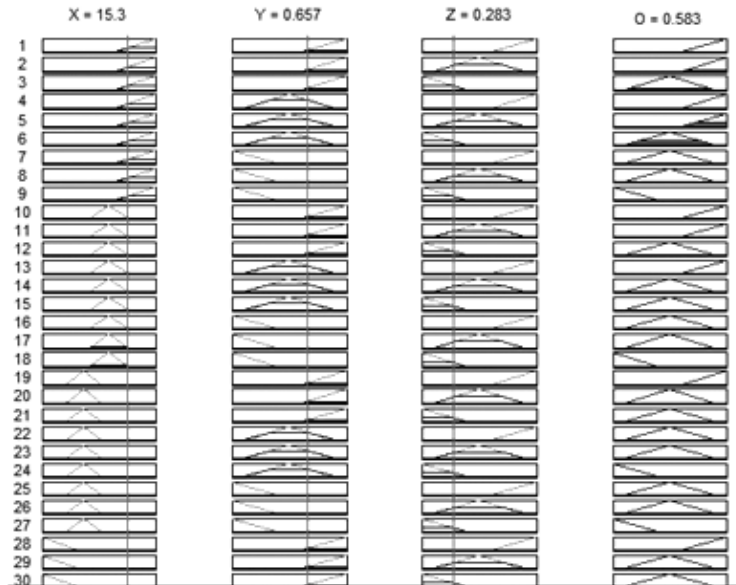
Source: Authoring

Рисунок 3

Окно средства просмотра правил вывода системы «Оценка ИП»

Figure 3

Viewer of inference rules of the Investment Project Evaluation system



Источник: авторская разработка

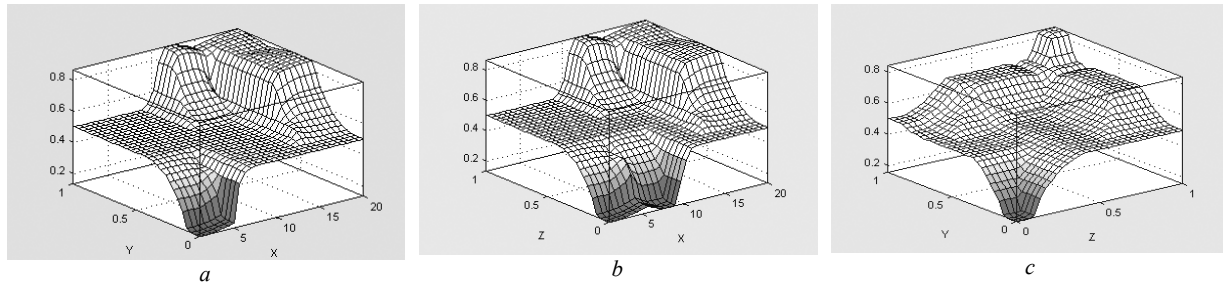
Source: Authoring

Рисунок 4

Отображение зависимости выхода системы от входов:
a – *Y* и *X*; *b* – *Z* и *X*; *c* – *Y* и *Z*

Figure 4

Visualization of the dependence of the system output on its input:
a – *Y* and *X*; *b* – *Z* and *X*; *c* – *Y* and *Z*



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 5

Результаты регрессионного анализа для моделирования оценки инвестиционного проекта

Figure 5

Regression analysis results to model the investment project evaluation

Регрессионная статистика								
Множественный	0,973	*						
R-квадрат	0,946							
Нормированный	0,942	**						
Стандартная ошибка	0,049	***						
Наблюдения	40							
Дисперсионный анализ								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	Значимость <i>F</i>			
Регрессия	3	1,5139	0,5046	212,259	6,1578E-23			
Остаток	36	0,0856	0,0024					
Итого	39	1,5995						
	Коэф.	Станд. ошибка	<i>t</i> -статистика	<i>P</i> -Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	0,0678	0,0214	3,1670	0,0031	0,0244	0,1113	0,0244	0,1113
X	0,0148	0,0014	10,6424	0,0000	0,0120	0,0176	0,0120	0,0176
Y	0,2752	0,0294	9,3671	0,0000	0,2156	0,3348	0,2156	0,3348
Z	0,3060	0,0280	10,9207	0,0000	0,2491	0,3628	0,2491	0,3628

Примечание. * множественный R; ** нормированный R-квадрат; *** стандартная ошибка.

Источник: авторская разработка

Note. * multiple R; ** normalized R-square; *** standard error.

Source: Authoring

Рисунок 6

Геометрическая интерпретация оценок инвестиционного проекта

Figure 6

Geometric interpretation of the investment project evaluation



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 7

Принятие решений о финансировании ИП

Figure 7

Decision-making on the investment project finance

Показатели	Проект 1	Проект 2	Проект 3
Экономическая эффективность X			
Соответствие целям государственных программ y_1			
Безопасность реализации y_2			
Степень проработки y_3			
Обоснованность необходимости реализации y_4			
Экологичность во время реализации y_5			
Техническое обеспечение y_6			
Обеспечение персоналом соответствующей квалификации y_7			
Экологичность после реализации z_1			
Масштаб проекта z_2			
Влияние на социальную обстановку, z_3			
Принятие решений	Финансировать после корректировки	Финансировать	Финансировать
$\ \Theta\ $	0,544	0,839	0,875

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. *Тихомиров Н.П.* Организационно-экономические механизмы управления чрезвычайными ситуациями: материалы международной научной конференции «Проблемы правовых и экономических способов предупреждения и минимизации ущерба, возникшего в условиях чрезвычайных ситуаций». М.: ИИЦ ВНИИ ГОЧС, 2000. С. 77–81.
2. *Zadeh L.A.* Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes // *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*. 1973. No. 3. P. 28–44.
3. *Mamdani E.H., Assilian S.* An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller // *International Journal of Man-Machine Studies*. 1975. Vol. 7. No. 1. P. 1–13. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2)
4. *Шишкин В.И., Небався А.С.* Учет факторов неопределенности и топологии при оценке природоохранных проектов по предотвращению чрезвычайных ситуаций // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. № 94. С. 49–55. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/63.pdf>.
5. *Пегат А.* Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.
6. *Горемыкина Г.И., Дмитриевская Н.А., Мастяева И.Н.* Экономико-математическое моделирование систем управления на основе нечеткой технологии: монография. М.: МЭСИ, 2014. 139 с.
7. *Гупанова Ю.Е.* Методология оценки эффективности управления качеством таможенных услуг // *Качество. Инновации. Образование*. 2015. № 7. С. 27–32.
8. *Новосёлов А.Л., Новосёлова И.Ю., Желтенков А.В.* Оптимизация использования альтернатив природных ресурсов в экономике региона // *Вестник Московского государственного областного университета. Сер. Экономика*. 2016. № 2. С. 104–114.
9. *Ямалов И.Я.* Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2013. 288 с.
10. *Авдотьин В.П., Горемыкина Г.И.* Моделирование системы управления резервом аварийно-спасательного оборудования и снаряжения для проведения крупномасштабных и поисково-спасательных операций в Арктической зоне Российской Федерации // *РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция*. 2015. № 4. С. 260–268.
11. *Викулов С.Ф., Хрусталёв Е.Ю.* Российский оборонно-промышленный комплекс: финансово-экономический и институциональный анализ // *Аудит и финансовый анализ*. 2010. № 1. С. 97–111.
12. *Гупанова Ю.Е.* Таможенные факторы развития инновационной экономики: материалы международной научно-практической конференции «Проблемы инновационной экономики, технологического развития и импортозамещения». Пенза: Приволжский Дом знаний, 2016. С. 44–47.
13. *Дорохина Е.Ю.* О некоторых проблемах моделирования показателей устойчивого развития. В кн.: *International Scientific and Practical Congress of Economists and Lawyers The Unification of Economists and Lawyers-is a Key to the new Stage of Development*. Женева: ISAE “Consilium”, 2013. С. 162–165.
14. *Дорохина Е.Ю.* О понимании природы в рамках концепции устойчивого развития // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 9-2. С. 272–275.
15. *Киселёва И.А., Симонович М.Е., Струков Г.Н.* Управление рисками с учетом влияния человеческого фактора // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2016. № 2. С. 280–286.
16. *Тихомирова Т.М.* Эконометрические модели оценки уровня безработицы в регионах Российской Федерации в ресурсно ориентированной экономике // *Экономика природопользования*. 2014. № 3. С. 4–25.

17. Тихомирова Т.М., Сукиасян А.Г. Сопоставительные оценки человеческого потенциала с учетом рисков социального неблагополучия // *Экономика природопользования*. 2015. № 1. С. 4–41.
18. Хрусталёв Е.Ю. Когнитивная модель развития банковской системы Российской Федерации // *Экономика и математические методы*. 2011. Т. 47. № 2. С. 117–127.
19. Бююль А., Цефель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. СПб: ДиаСофтЮП, 2005. 608 с.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

MODELING THE DECISION SUPPORT SYSTEM IN MANAGEMENT OF INVESTMENT PROJECTS FOR PREVENTION OF EMERGENCY SITUATIONS**Galina I. GOREMYKINA^{a,*}, Ol'ga V. KONSTANTINOVA^b, Irina N. MASTYAEVA^c**^a Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation
g_iv.05@mail.ru^b Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation
konstantinova93@yandex.ru^c Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation
imastyaeva@mail.ru

* Corresponding author

Article history:Received 21 November 2016
Received in revised form
18 December 2016
Accepted 14 January 2017
Available online 29 March 2017**JEL classification:** C02, C65,
D81, E22**Keywords:** investment project,
emergency prevention, evaluation,
management, fuzzy modeling**Abstract****Importance** A new development strategy of the EMERCOM of Russia requires a new approach set up by 2030 to shift from operational response towards risk management, prevention and elimination of large hazardous factors, risks and threats. Active investment policies of the State is one of the requirements for successful implementation of governmental programs. Growing volume of investment, formation and implementation of the effective strategy of investment development require to create and integrate scientifically proven investment management models and methods in the specific operations of the EMERCOM of Russia.**Objectives** The research creates and presents computer-assisted representation of the mathematical model for systemic support of decision-making in management of investment projects for emergency prevention.**Methods** The research involves the fuzzy modeling methodology.**Results** We set the Decision Support System model in investment project management for prevention of emergency situations. The model is based on the fuzzy inference scheme under the Mamdani algorithm. The system has been devised in MathLab using the Fuzzy Logic Toolbox package. We performed a comparative analysis of the models, investment projects on the basis of the system and prioritized their finance.**Conclusions and Relevance** The research has practical significance since the system can be used as a versatile method to manage investment projects for emergency prevention.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2016

References

1. Tikhomirov N.P. [Organizational and economic mechanisms for emergency management]. *Problemy pravovykh i ekonomicheskikh sposobov preduprezhdeniya i minimizatsii ushcherba, vznikshogo v usloviyakh chrezvychnykh situatsii: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii* [Proc. Sci. Conf. Issues of Legal and Economic Methods for Preventing and Mitigating Damage Arising from Emergency]. Moscow, VNI GOChS Publ., 2000, pp. 77–81.
2. Zadeh L.A. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, 1973, vol. 3, pp. 28–44.
3. Mamdani E.H., Assilian S. An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1975, vol. 7, no. 1, pp. 1–13. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7373\(75\)80002-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7373(75)80002-2)
4. Shishkin V.I., Nebavsyia A.S. [Considering factors of uncertainty and topology in evaluation of natural protection projects for prevention of emergency situations]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, no. 94, pp. 49–55. (In Russ.) Available at: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/63.pdf>.
5. Piegat A. *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie* [Fuzzy Modeling and Control]. Moscow, BINOM, Laboratoriya znaniy Publ., 2013, 798 p.
6. Goremykina G.I., Dmitrievskaya N.A., Mastyaeva I.N. *Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie sistem upravleniya na osnove nechetkoi tekhnologii: monografiya* [Economic and mathematical modeling

- of management systems on the basis of the fuzzy technology: a monograph]. Moscow, MESI Publ., 2014, 139 p.
7. Gupanova Yu.E. [The methodology for evaluating the efficiency of management of customs services quality]. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie = Quality. Innovation. Education*, 2015, no. 7, pp. 27–32. (In Russ.)
 8. Novoselov A.L., Novoselova I.Yu., Zheltenkov A.V. [Optimizing the use of alternatives to natural resources in the region's economy]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Ekonomika = Bulletin MSRU. Series Economy*, 2016, no. 2, pp. 104–114. (In Russ.)
 9. Yamalov I.Ya. *Modelirovanie protsessov upravleniya i prinyatiya reshenii v usloviyakh chrezvychaynykh situatsii* [Modeling the processes of decision-making and management in emergency situations]. Moscow, Laboratoriya Bazovykh Znanii Publ., 2013, 288 p.
 10. Avdot'in V.P., Goremykina G.I. [Modeling the system for managing the stock of emergency and rescue equipment and gear for major search-and-rescue operation in the Arctic zone of the Russian Federation]. *RISK: Resursy, informatsiya, snabzhenie, konkurentsya = RISK: Resources, Information, Procurement, Competition*, 2015, no. 4, pp. 260–268. (In Russ.)
 11. Vikulov S.F., Khrustalev E.Yu. [The Russian military-industrial complex: financial, economic and institutional analysis]. *Audit i finansovyi analiz = Audit and Financial Analysis*, 2010, no. 1, pp. 97–111. (In Russ.)
 12. Gupanova Yu.E. [Customs-related drivers of development of innovative economy]. *Problemy innovatsionnoi ekonomiki, tekhnologicheskogo razvitiya i importozameshcheniya: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. Sci. Conf. Issues of Innovative Economy, Technological Development and Import Substitution]. Penza, Privolzhskii Dom znaniy Publ., 2016, pp. 44–47.
 13. Dorokhina E.Yu. [On some issues of modeling sustainable development indicators]. Congress of Economists and Lawyers. The Unification of Economists and Lawyers is a Key to the New Stage of Development. Geneva, ISAE Consilium, 2013, pp. 162–165.
 14. Dorokhina E.Yu. [Understanding the nature in line with the concept of sustainable development]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International Journal of Applied and Basic Research*, 2016, no. 9-2, pp. 272–275. (In Russ.)
 15. Kiseleva I.A., Simonovich M.E., Strukov G.N. [Risk management in line with human factor]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technology*, 2016, no. 2, pp. 280–286. (In Russ.) doi: <http://dx.doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-280-286>
 16. Tikhomirova T.M., Nechetova A.Yu. [Econometric models for assessing the unemployment level in the regions of the Russian Federation in the resource-based economy]. *Ekonomika prirodopol'zovaniya = Economy of Natural Resource Use*, 2014, no. 3, pp. 4–25. (In Russ.)
 17. Tikhomirova T.M., Sukiasyan A.G. [Comparative evaluation of resources in line with welfare risks]. *Ekonomika prirodopol'zovaniya = Economy of Natural Resource Use*, 2015, no. 1, pp. 4–41. (In Russ.)
 18. Khrustalev E.Yu. [A cognitive model of the Russian banking system development]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 2011, vol. 47, no. 2, pp. 117–127. (In Russ.)
 19. Bühl A., Zöfel P. *SPSS: iskusstvo obrabotki informatsii. Analiz statisticheskikh dannykh i vosstanovlenie skrytykh zakonomernostei* [Erweiterte Datenanalyse mit SPSS. Statistik und Data Mining]. St. Petersburg, DiaSoftYuP Publ., 2005, 608 p.

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.