

Поддержка принятия решений в условиях риска чрезвычайных ситуаций на основе анализа неструктурированных данных

А.Ю. Лабинский, Ю.Д. Моторыгин, А.В. Шестаков

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург

Аннотация: Часто возникает необходимость анализа неструктурированных данных при оценке риска возникновения чрезвычайных ситуаций. Традиционные методы анализа могут не учитывать нечеткость информации, что делает их недостаточно эффективными для оценки рисков. В статье предложено применение модифицированного метода анализа иерархий с использованием нечеткой логики, что позволяет более эффективно учитывать неопределенности и субъективные оценки в процессе анализа рисков чрезвычайных ситуаций. Кроме того, такие методы позволяют учитывать не только количественные показатели, но и качественные. Это, в свою очередь, может привести к более обоснованным решениям в области управления рисками и повышению готовности к различным ситуациям. Интеграция технологий работы с неструктурированными данными в процессе оценки рисков чрезвычайных ситуаций не только повышает точность прогнозирования, но и позволяет адаптировать стратегии управления под изменяющиеся условия.

Ключевые слова: неструктурированные данные, оценка риска, классический метод анализа иерархий, модифицированный метод анализа иерархий, система нечеткого логического вывода.

Введение

Проблема принятия решений в условиях неструктурированных данных в контексте оценки рисков чрезвычайных ситуаций (ЧС) является достаточно сложной задачей. Неструктурированные данные не соответствуют какой-либо заданной определенной модели данных, представленной и обрабатываемой в системах управления базами данных (реляционная модель, сетевая модель, иерархическая модель). Необходимость анализа неструктурированных данных возникает при решении задач, связанных с оценкой риска возникновения ЧС. Неструктурированные данные могут включать текстовые документы, изображения, аудио и видеофайлы, которые не имеют четко определенной структуры, что затрудняет их комплексный анализ и обработку.

Традиционные методы анализа могут не учитывать нечеткость информации, что делает их недостаточно эффективными для оценки рисков.

Развитие современных технологий привело к тому, что системы искусственного интеллекта (ИИ) способны решать широкий спектр сложных задач, которые традиционно требовали участия человека. Сегодня можно выделить два основных подхода к поддержке принятия решений при использовании искусственных интеллектуальных систем:

- создание экспертных систем, баз знаний и систем логического вывода, имитирующих когнитивные процессы;
- создание нейронных сетей и генетических алгоритмов, моделирующих когнитивные процессы [1, 2].

Метод анализа иерархий является популярным инструментом для принятия решений, особенно когда речь идет о многокритериальных задачах [3]. Этот метод помогает структурировать проблему и проводить сравнительный анализ различных альтернатив по нескольким критериям. Однако в реальной жизни при оценке рисков ЧС часто приходится сталкиваться с нечеткой информацией [4] и субъективными оценками, что приводит к невозможности использования классического метода анализа иерархий.

Целью настоящего исследования является разработка компьютерных моделей, реализующих модифицированный метод анализа иерархий при использовании системы нечеткого логического вывода для оценки техногенных рисков.

Методы исследования

Риск часто определяется как вероятность нежелательного исхода. Такой подход используется для прогнозирования различных ситуаций. При анализе риска существуют следующие методы оценки риска: качественный, полуколичественный и количественный [5]. Качественный метод оценки риска наиболее прост и позволяет получить информацию в общей форме, в виде дерева решений. Полуколичественный метод оценки риска

производится путем ранжирования на три уровня риска (высокий, средний, малый) на основе экспертной оценки. Количественный метод оценки риска наиболее информативен, однако может быть затруднен при наличии неполных или неточных данных.

Указанные методы оценки риска могут реализовываться одновременно с целью дополнения и уточнения друг друга и являются информационным обеспечением процесса принятия управленческих решений.

Метод анализа иерархий (МАИ) реализует системный подход к проблеме принятия решений. МАИ отличается высокой универсальностью в процессе решения различных задач, от анализа сценариев развития различных ситуаций до распределения ресурсов. При этом решение принимается в процессе выбора наилучшего варианта из множества альтернатив [6].

Сформулируем постановку задачи оценки риска: имеется несколько вариантов решений (альтернатив) – высокий, средний и низкий риск. Для каждой альтернативы имеется список критериев. Нужно определить степень риска развития рассматриваемой ЧС.

Качественная оценка риска может быть представлена в виде дерева решений (рисунок 1).

Использование МАИ в процессе оценки риска предполагает наличие следующих этапов:

1. Предварительное ранжирование критериев в порядке убывания значимости.
 2. Парное сравнение критериев по значимости с формированием матрицы.
 3. Проверка согласованности локальных приоритетов.
 4. Парное сравнение степеней риска по каждому критерию.
 5. Определение общего критерия для каждой степени риска.
-

6. Определение наилучшего решения с проверкой его достоверности.

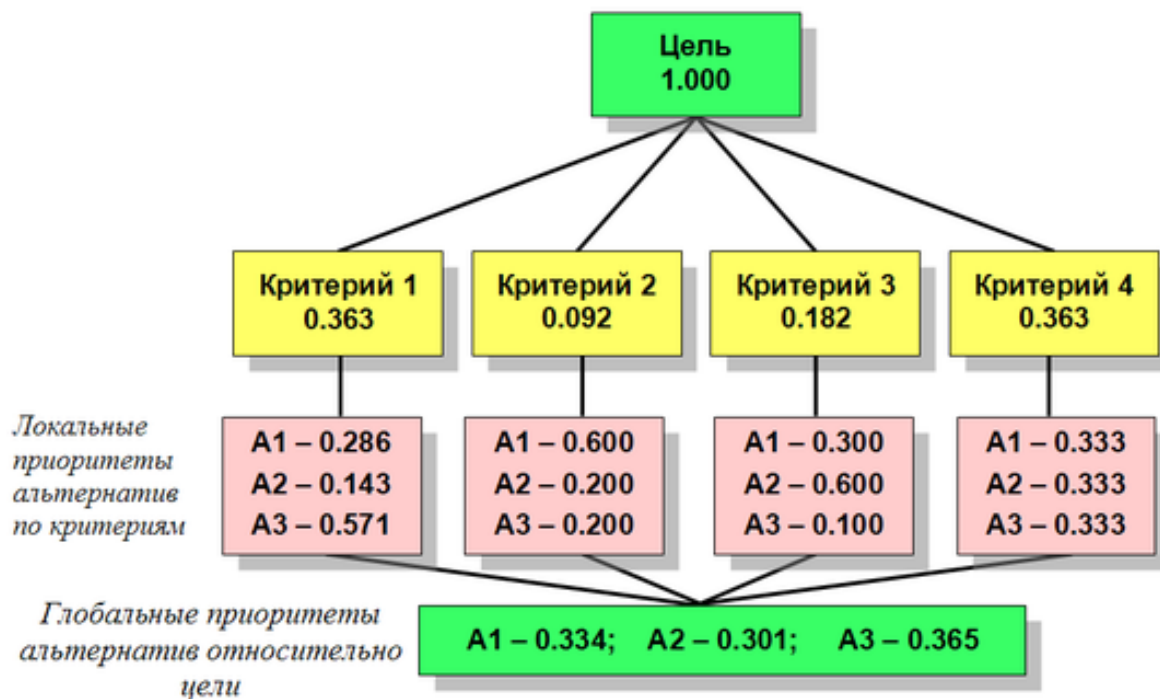


Рис. 1. – Качественная оценка риска в виде дерева решений

Матрица сравнения критериев K_i имеет следующий вид (табл. 1).

Таблица № 1

Матрица сравнения критериев

Критерии	K_1	K_2	.....	K_n
K_1	1	k_1/k_2	.....	k_1/k_n
K_2	k_2/k_1	1	.....	k_n/k_n
.....	.....	.....	1	.....
K_n	k_n/k_1	k_n/k_2	.....	1

Матрица сравнения альтернатив A_j по критерию K_i имеет следующий вид (табл. 2)

Таблица № 2

Матрица сравнения альтернатив

Альтернативы	A_1	A_2	.....	A_n
A_1	1	a_1/a_2	.....	a_1/a_n
A_2	a_2/a_1	1	.....	a_n/a_n
.....	.....	.....	1	.....
A_n	a_n/a_1	a_n/a_2	.....	1

Матрица парных сравнений является обратно симметричной матрицей. В результате обработки матриц парных сравнений определяется множество векторов приоритетов элементов для элементов каждого уровня.

Интерфейс программы для ЭВМ [7], реализующих классический МАИ, представлен на рисунке 2.

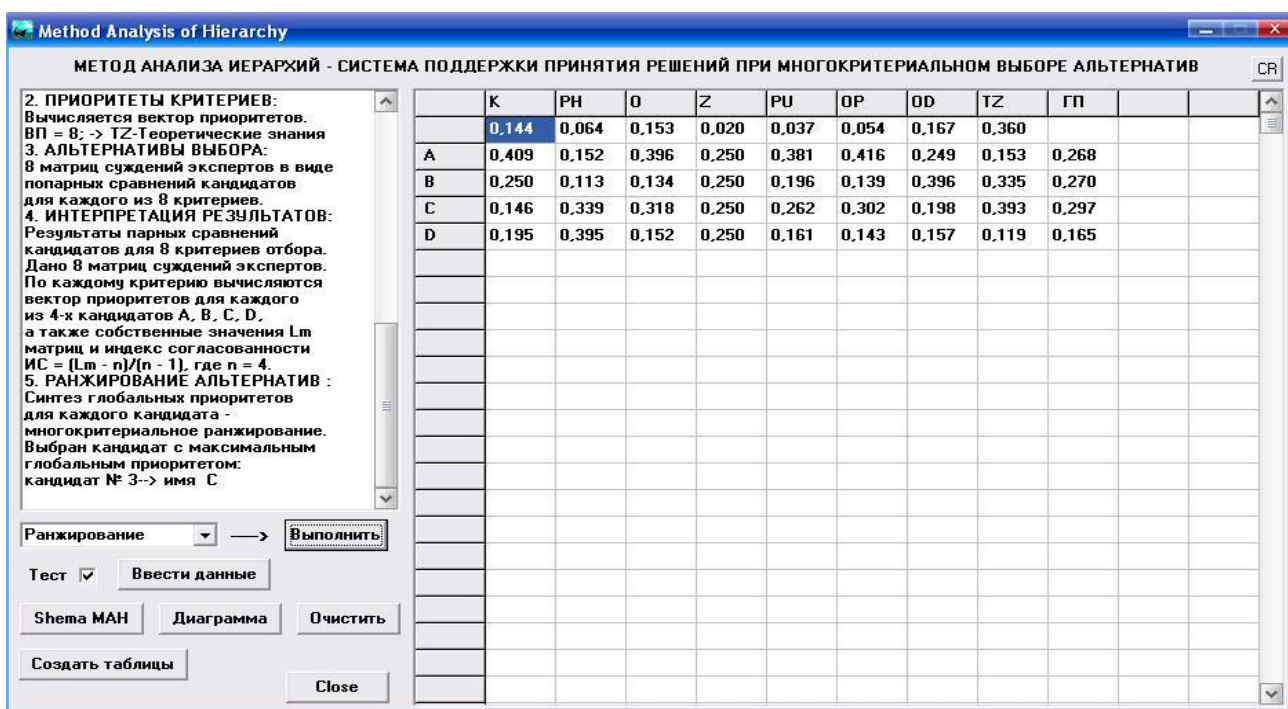


Рис. 2. – Интерфейс программы для ЭВМ, реализующих классический МАИ

Использование классического МАИ для оценки риска возможно при наличии точечных оценок экспертов. Решение практических задач

осуществляется в условиях наличия неопределенности и неполной информации об исследуемых процессах и объектах. В этих условиях использование классического МАИ затруднительно.

Наличие неполных или неточных исходных данных обычно представляется в виде интервальных оценок без распределения вероятностей. При этом использование интервальных и нечетких методов получения вектора приоритетов предполагает модификацию классического метода МАИ, работающего на основе нечетких экспертных оценок [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Нечеткий МАИ, в отличие от классического МАИ, на этапе формирования матриц попарных сравнений формирует нечеткие матрицы [9, 10], использует модифицированные методы получения вектора приоритетов и модифицированные методы синтеза наилучшего решения с помощью арифметики нечетких чисел. При этом компоненты нечеткого вектора приоритетов выбранного критерия умножаются на компоненты нечеткого вектора приоритетов альтернативы по критерию.

Интерфейс программы для ЭВМ [11], реализующий систему нечеткого логического вывода, представлен на рисунке 3.

Оценка риска с использованием нечеткого анализа иерархий

Рассмотрим использование нечеткого МАИ по оценке риска применительно к следующей задаче. Необходимо определить риск возникновения ЧС применительно к трем предприятиям, осуществляющим переработку и хранение опасного химического вещества: А, В и С. Существует три критерия, которые определяют выбор предприятия с точки зрения возникновения ЧС: надежность системы безопасности (X1), условия хранения (X2), степень нанесения вреда (X3).

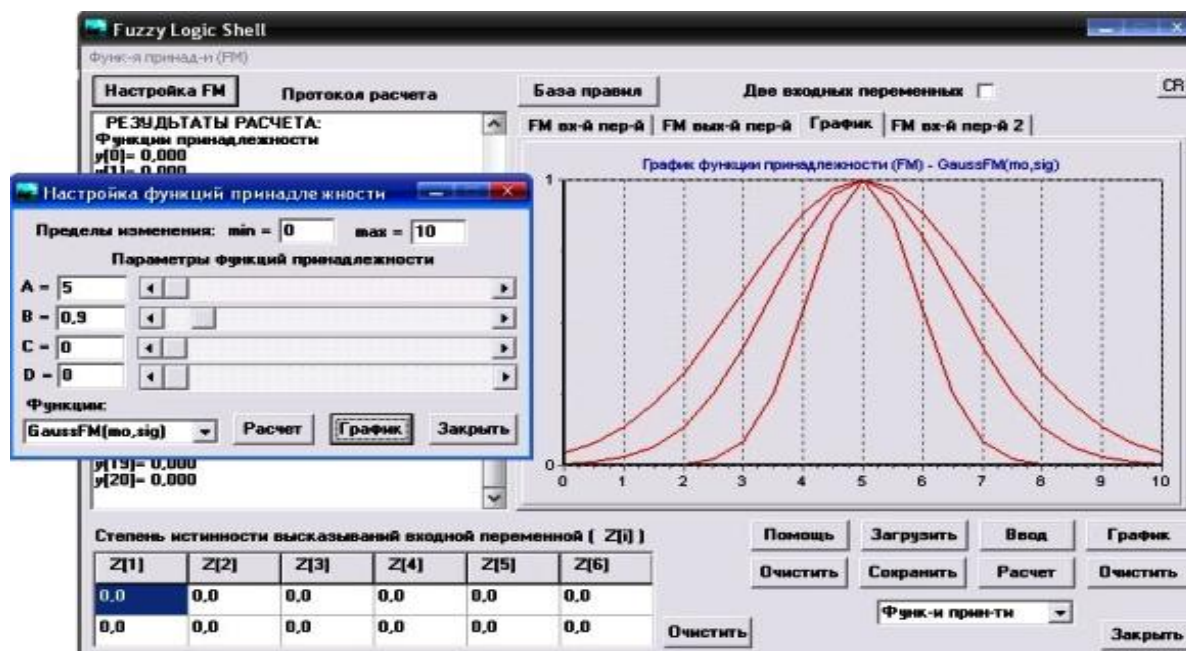


Рис. 3. – Интерфейс программы для ЭВМ, реализующей систему нечеткого логического вывода

Ранжирование критериев происходило по 5 вариантам экспертных оценок показателей: категория 1 (очень низкая), 2 (низкая), 3 (средняя), 4(высокая) и 5 (очень высокая). Оценка риска также происходила с учетом принадлежности к 5 вариантам риска (Y): 1 (очень низкий), 2 (низкий), 3(средний), 4(высокий), 5 (очень высокий).

Использование системы нечеткого логического вывода с нечеткими функциями принадлежности позволяет произвести количественную оценку риска для неполных и нечетких исходных данных. Зависимости величины риска от нечетких входных переменных X_1 (надежность системы безопасности) и X_2 (условия хранения) представлены на рисунках 4 и 5.

Заключение

Искусственные интеллектуальные системы способны производить обработку неструктурированных данных. Интеллектуальная система обработки неструктурированных данных использует модифицированный

метод анализа иерархий, работающий на основе нечетких экспертных оценок, что подразумевает применение нечеткого логического вывода с нечеткими функциями принадлежности. Рассматриваемая ИИС используется для оценки техногенного риска.

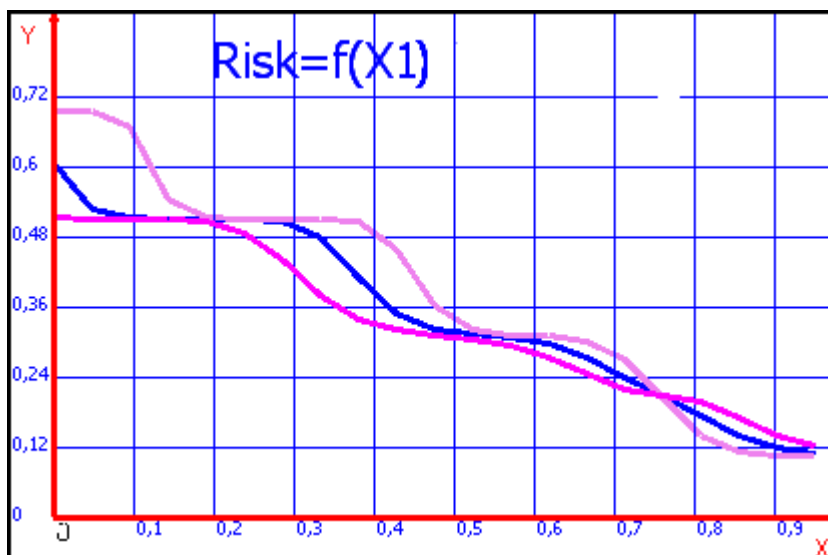


Рис. 4. – Зависимость уровня риска от критерия X1

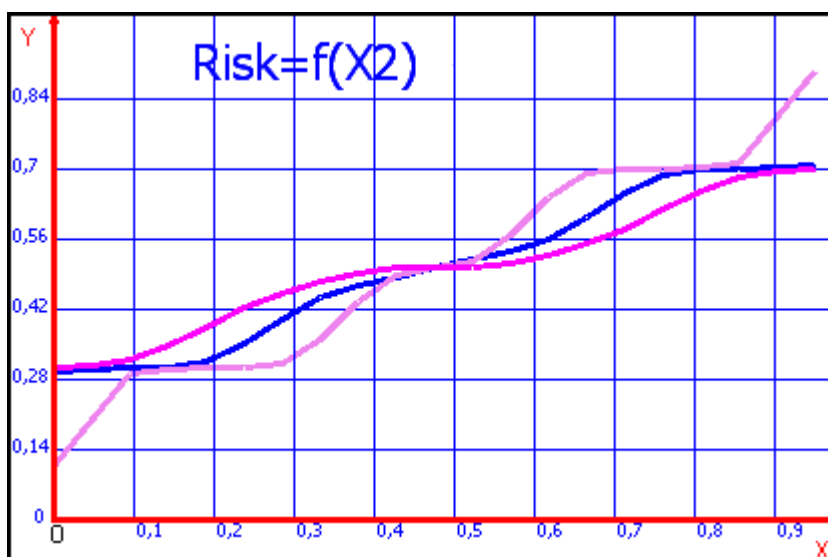


Рис. 5. – Зависимость уровня риска от критерия X2

Таким образом, использование нечеткого метода анализа иерархий является эффективной стратегией для работы с неструктурированной и

неопределенной информацией. Он помогает получить более обоснованные решения при учете неопределенности в данных.

Основными достоинствами предлагаемого подхода являются [12,13]:

1. *Гибкость и адаптивность.* Нечеткий метод анализа иерархий позволяет учитывать качество информации при наличии неполноты данных или когда информация имеет вероятностный характер (например, мнение экспертов).

2. *Учет субъективных мнений.* Хорошо подходит для учета субъективных мнений и предпочтений, часто встречающихся в экспертных оценках.

3. *Широкое применение.* Метод может успешно применяться в различных областях, включая, стратегическое планирование и другие сферы, где необходимо принимать сложные решения.

Реализация предлагаемого подхода является важным шагом в области оценки и управления рисками в ЧС.

Таким образом, обработка неструктурированных данных представляет собой мощный инструмент для оценки рисков возникновения ЧС. Эффективное использование современных технологий позволит значительно повысить уровень готовности и безопасности в условиях неопределенности и быстроменяющихся факторов рисков ЧС.

Литература

1. Максимов А.В. Методы поддержки принятия решений в оперативном управлении при чрезвычайных ситуациях: обзор исследований // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2023. № 2(42). С. 91-102. DOI 10.37468/2307-1400-2023-2-91-102.

2. Бутырский Е.Ю., Матвеев А.В. Математическое моделирование систем и процессов. СПб: Информационный издательский учебно-научный



центр "Стратегия будущего", 2022. 733 с. ISBN 978-5-4268-0064-9. DOI 10.37468/book_011222.

3. Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process // International journal of services sciences. 2008. V. 1. No. 1. P. 83-98. DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590

4. Лабинский А.Ю., Бородушко И.В., Таранцев А.А. Поддержка принятия управленческих решений при рисках чрезвычайных ситуаций на основе применения методов анализа многомерных статистических данных // Инженерный вестник Дона. 2023. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8745.

5. Матвеев А.В., Богданова Е.М. Классификация методов прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2018. № 4(24). С. 61-70. EDN YTPZYL.

6. Мощенко И.Н., Пирогов Е.В. Метод факторного анализа иерархий // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4736.

7. Лабинский А.Ю. Информационные технологии как средство поддержки принятия решений // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". 2020. № 2. С. 24-31. EDN RBJNFT.

8. Прилипко В.А., Карпов В.Я., Красовский В.Е. Модификация метода анализа иерархий для задач проектирования аппаратных средств АСУТП // Вопросы радиоэлектроники. 2009. Т. 4, № 3. С. 168-175. EDN OBQXWN.

9. Пупенцова С.В., Поняева И.И. Оценка рисков инновационного проекта, основанная на синтезе методов нечетких множеств и анализа иерархий // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 6. С. 66-78. DOI 10.18721/JE.13606. EDN BZOCUM.

10. Shapiro A. F., Koissi M. C. Fuzzy logic modifications of the analytic hierarchy process // Insurance: Mathematics and Economics. 2017. V. 75. P. 189-202. DOI: 10.1016/j.insmatheco.2017.05.003

11. Лабинский А.Ю. Моделирование системы нечеткого вывода // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 2(18). С. 5-10. EDN WKBI EJ.

12. Singh A., Beg I., Kumar S. Analytic hierarchy process for hesitant probabilistic fuzzy linguistic set with applications to multi-criteria group decision-making method // International Journal of Fuzzy Systems. 2020. V. 22. P. 1596-1606. DOI: 10.1007/s40815-020-00874-1

13. Skvortsova M., Terekhov V., Grout V. A hybrid intelligent system for risk assessment based on unstructured data // 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). IEEE, 2017. P. 560-564. DOI: 10.1109/EIConRus.2017.7910616

References

1. Maksimov A.V. Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2023. № 2(42). pp. 91-102. DOI 10.37468/2307-1400-2023-2-91-102.

2. Buty`rskij E.Yu., Matveev A.V. Matematicheskoe modelirovanie sistem i processov [Mathematical modeling of systems and processes]. SPb: Informacionny`j izdatel`skij uchebno-nauchny`j centr "Strategiya budushhego", 2022. 733 p. ISBN 978-5-4268-0064-9. DOI 10.37468/book_011222. 3. Saaty T.L. International journal of services sciences. 2008. V. 1. №1. pp. 83-98. DOI: 10.1504/IJSSCI.2008.017590

4. Labinskij A.Yu., Borodushko I.V., Tarancev A.A. Inzhenerny`j vestnik Dona. 2023. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8745.

5. Matveev A.V., Bogdanova E.M. Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2018. № 4(24). pp. 61-70.



6. Moshhenko I.N., Pirogov E.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2017. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4736.

7. Labinskij A.Yu. Nauchno-analiticheskij zhurnal "Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby` MChS Rossii". 2020. № 2. pp. 24-31.

8. Prilipko V.A., Karpov V.Ya., Krasovskij V.E. Voprosy` radioe`lektroniki. 2009. T. 4, № 3. pp. 168-175.

9. Pupenczova S.V., Ponyaeva I.I. Nauchno-texnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politexnicheskogo universiteta. E`konomicheskie nauki. 2020. T. 13, № 6. pp. 66-78. DOI 10.18721/JE.13606. EDN BZOCUM.

10. Shapiro A. F., Koissi M. C. Insurance: Mathematics and Economics. 2017. V. 75. pp. 189-202. DOI: 10.1016/j.insmatheco.2017.05.003

11. Labinskij A.Yu. Prirodny`e i texnogenny`e riski (fiziko-matematicheskie i prikladny`e aspekty`). 2016. № 2(18). pp. 5-10.

12. Singh A., Beg I., Kumar S. International Journal of Fuzzy Systems. 2020. V. 22. pp. 1596-1606. DOI: 10.1007/s40815-020-00874-1

13. Skvortsova M., Terekhov V., Grout V. 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). IEEE, 2017. pp. 560-564. DOI: 10.1109/EIConRus.2017.7910616

Дата поступления: 15.09.2024

Дата публикации: 20.10.2024