

УДК 51-75

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы экономики (физико-математические науки, экономические науки)

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ

Карманова Анна Валентиновна
Кандидат педагогических наук, доцент
кафедры высшей математики
RSCI SPIN-code: 3361-8905
avkarm@mail.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

Елецков Олег Сергеевич
Магистрант факультета прикладной информатики,
olegeleckov@mail.ru
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

Красюк Полина Сергеевна
Магистрант факультета прикладной информатики
pooliinaa.chkaa@gmail.com
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

Статья посвящена цифровизации такого направления экономики, как управление рисками. При этом точные и своевременные результаты расчетов оказывают влияние на эффективность принятия решений в финансовых и страховых организациях. Они основаны на современных методах оценки рисков в условиях частичной неопределенности, одним из которых является использование биномиальной математической модели распределения вероятностей. В статье обоснована необходимость создания на основе этой модели интерактивного веб-инструмента. Простого в освоении, доступного в использовании, представляющего распределение рисков в понятной визуальной форме. Сформулированы требования к указанной информационной системе, которая должна усовершенствовать процесс оценки страховых рисков для малых и средних страховых компаний. В статье подробно описывается создание такой информационной системы в виде веб-приложения, ее основные метрики и особенности, функционал системы. Представлены элементы интерфейса. Проведен

UDC 51-75

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods of economics (physical and mathematical sciences, economic sciences)

VISUALIZATION OF A PROBABILISTIC ECONOMIC MODEL OF RISK MANAGEMENT IN A WEB APPLICATION

Karmanova Anna Valentinovna
Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor of the Department of
Higher Mathematics
RSCI SPIN-code: 3361-8905
avkarm@mail.ru
FSAU Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Yeletskov Oleg Sergeevich
Master's student at the
Faculty of Applied
Informatics
olegeleckov@mail.ru
FSAU Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Krasyuk Polina Sergeevna
Master's student at the
Faculty of Applied
Informatics
pooliinaa.chkaa@gmail.com
FSAU Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

This article focuses on the digitalization of risk management, an economic area where accurate and timely calculation results impact decision-making efficiency in financial and insurance organizations. They are based on modern methods of risk assessment under conditions of partial uncertainty, one of which is the use of a binomial mathematical model of probability distribution. The article substantiates the need to create an interactive web tool based on this model. It is easy to learn, accessible, and presents risk distribution in a visually understandable format. Requirements have been formulated for the specified information system, which should improve the process of assessing insurance risks for small and medium-sized insurance companies. This article describes in detail the creation of such an information system as a web application, its key metrics and features, and the system's functionality. Interface elements are also presented. An analysis and calculation of the system's implementation effectiveness was conducted. The versatility of the developed web application in the educational environment is highlighted. Its didactic properties are described

анализ и расчет эффективности внедрения системы. Указано на многоплановость применения разработанного веб-приложения и в образовательной среде. Описаны ее дидактические свойства

Ключевые слова: СОЗДАНИЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ, СТРАХОВЫЕ РИСКИ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ, БИНОМИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Keywords: WEB APPLICATION DEVELOPMENT, INSURANCE RISKS, PROBABILITY DISTRIBUTION, BINOMIAL MODEL

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-217-019>

Введение.

В настоящее время можно констатировать все возрастающие ожидания бизнеса и общества по внедрению электронных помощников в различные сферы человеческой деятельности. Возможности цифровых технологий активно реализуются в работе финансовых организаций. Для последних, вследствие различных экономических процессов, усиления конкуренции на рынках, возможность правильно управлять рисками является неоспоримым преимуществом. В том числе и в страховой отрасли, которая считается одним из стратегических секторов экономики и фундаментальной основой экономической стабильности в обществе в целом. В настоящий момент в финансовых организациях и на рынке страхования активно используются следующие цифровые технологии и средства: 1) технологии больших дат (BigData) – анализ поведения клиентов и прогнозирования потенциальных рисков; 2) онлайн-платформы и мобильные приложения для взаимодействия с клиентом; 3) использование блокчейн среды для обеспечения безопасности данных; 4) интернет вещей (IoT) – отслеживание состояния страховых объектов; 5) алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ) – расчеты ущерба и выплат [1].

Рассматривая сферу управления рисками в финансовых организациях, отметим исследование Назарова Д.Р. и Глотова И.И., где акцентируется внимание на факторах потери финансовой устойчивости и

<http://ej.kubagro.ru/2026/03/pdf/19.pdf>

различных инструментах управления рисками [2]. В исследовании Жутаева Е.Н., Серебрякова Е.А. и Сизова Е.И. обосновывают эффективность принятия решений на основе актуарных расчетов в страховой отрасли [3].

Обоснование актуальности исследования.

В условиях частичной неопределенности прогноз деятельности компаний имеет вероятностный характер [4]. Оценки страховых рисков, как объект математического моделирования, основывается на таких фундаментальных понятиях теории вероятностей, как закон больших чисел, математическое ожидание, дисперсия, распределение вероятностей. В настоящее время существуют мощные программные комплексы, позволяющие в процессе анализа данных выстраивать вероятностные модели [5]. Но такой цифровой инструментарий требует большой объем ресурсов и специально подготовленных специалистов, что часто недоступно для малого и среднего бизнеса. Здесь обратимся к следующей аналогии. При наличии мощных математических программных комплексов, огромной востребованностью по-прежнему пользуются обычные онлайн калькуляторы или расчетные приложения, как доступные приспособления для простых вычислений. Так и в небольших финансовых компаниях или расчетах частных лиц востребованным является использование интуитивно понятных инструментов для анализа рисков, которые можно установить в качестве приложения. Отметим, что применение табличных процессоров, например, MS Excel, в подобного рода расчетах имеет ряд существенных ограничений, таких как: риск ошибок и сложность верификации, отсутствие интерактивности, сопряженное с ручным обновлением диаграмм, отсутствие предметной ориентации.

Для неопытных специалистов особенно важно представлять вероятностные модели не точечно, а объемно, в доступной форме на

интуитивно понятном уровне. Визуально наблюдать, как меняется распределение вероятностей при каждом исходе для сложившейся ситуации.

Решить проблему может использование интерактивной визуализации, с помощью которой сотрудники смогут в режиме реального времени наблюдать за изменением параметров страхового портфеля, который в свою очередь является основополагающим при распределении рисков. Эффективность визуального представления информации указана в [6]. Актуальность и результативность внедрения интерактивных методик при восприятии информации рассматривали в своих работах Е.Я. Фебенчукова [7]. Кузьмичева Т.Г. и Кузьмичева М.Е. [8].

Постановка задачи.

В компаниях малого и среднего бизнеса процесс оценки страховых рисков с использованием математических методов включает в себя:

- статический анализ страховых случаев;
- расчет точечных оценок вероятности дефолта;
- определение объема резервных фондов;
- моделирование сценариев устойчивости страхового портфеля.

Проведение вышеперечисленных расчетов вручную крайне нецелесообразно. Временные затраты могут составлять до 4-х часов. При этом могут сформироваться систематические ошибки. Неточные данные по распределению рисков приведут к принятию неверных решений по управлению бизнесом. Отсутствие наглядного представления не позволит состояться качественной оценки распределения рисков при моделировании множества сценариев.

Исходя из вышеизложенного, целью работы является разработка интерактивного веб-приложения для визуализации страховых рисков и сценарного моделирования на основе биномиальной модели распределения вероятностей.

Функциональные требования к разрабатываемой системе:

1. Возможность в режиме реального времени изменять параметры страхового портфеля (где p – вероятность страхового случая, n – размер портфеля).
2. Возможность расчета вероятности сценариев, на основе алгоритма биномиального распределения по схеме Бернулли, используемого для нахождения вероятности повторных испытаний.
3. Наглядное представление распределения количества страховых случаев в портфеле.
4. Проведение расчета ключевых метрик риска (дисперсии, математического ожидания, Value at Risk (VaR)).

На рисунке 1 представлена схема работы предлагаемого веб-приложения.

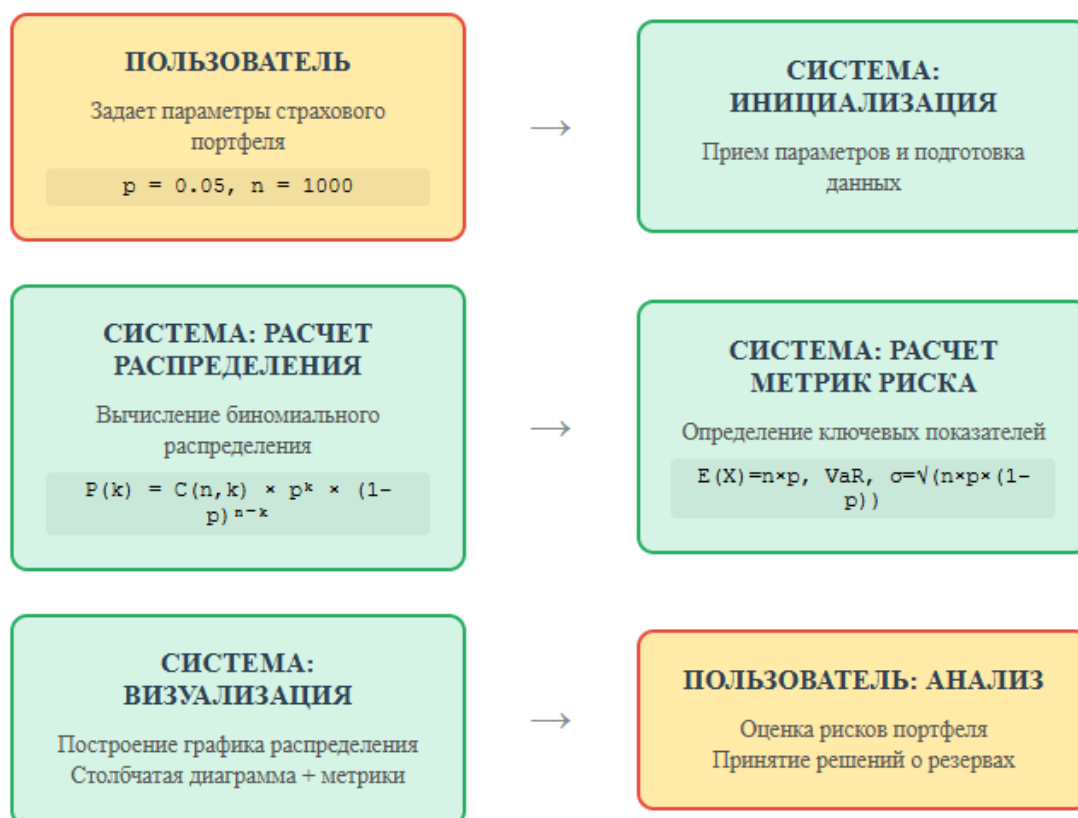


Рисунок 1 – Схема работы системы оценки страховых рисков

На данной схеме представлено взаимодействие пользователя с системой оценки страховых рисков при использовании указанной вероятностной модели с такими параметрами как: p – вероятность страхового случая, n – размер страхового портфеля, k – количество случаев, $P(k)$ – вероятность наступления страховых случаев, VaR.

Методы и результаты исследования.

Согласно указанным требованиям и алгоритмам взаимодействия была разработана система оценки рисков в виде веб-приложения. Она имеет клиент-серверную архитектуру и реализована с использованием таких технологий как: язык разметки HTML5, язык стилей CSS, язык программирования JavaScript, а также Chart.js – библиотеки для создания интерактивных графиков.

Следуя конструкции биномиальной модели, веб приложения позволяет рассчитывается вероятность наступления страховых случаев (k) из (n) договоров страхования с условием, что вероятность p – постоянная переменная. Функция расчета биномиального распределения представлена на рисунке 2.

```
function binomialProbability(n, k, p) {  
    return combination(n, k) * Math.pow(p, k) * Math.pow(1-p, n-k);  
}
```

Рисунок 2 – Функция расчета биномиального распределения

Также функция расчета основных ранее перечисленных метрик риска представлена на рисунке 3.

```
function calculateRiskMetrics(n, p) {  
    const expectedValue = n * p;  
    const variance = n * p * (1 - p);  
    const stdDeviation = Math.sqrt(variance);  
    const VaR = expectedValue + 1.96 * stdDeviation; // 95% доверительный уровень  
    return { expectedValue, variance, stdDeviation, VaR };  
}
```

Рисунок 3 – Функция расчета основных метрик

После реализации программного кода в Visual Studio Code, получаем готовое интерактивное веб-приложение для оценки страховых рисков. Его интерфейс разделен на две части. В левой части интерфейса располагаются параметры страхового портфеля, такие как вероятность страхового случая и размер портфеля, с интерактивным ползунком, которым пользователь выбирает процент страхования и количество договоров. После изменения параметров система автоматически считает все ключевые метрики риска и сообщает о его уровне (низкий, средний, высокий).

Интерфейс приложения представлен на рисунке 4.

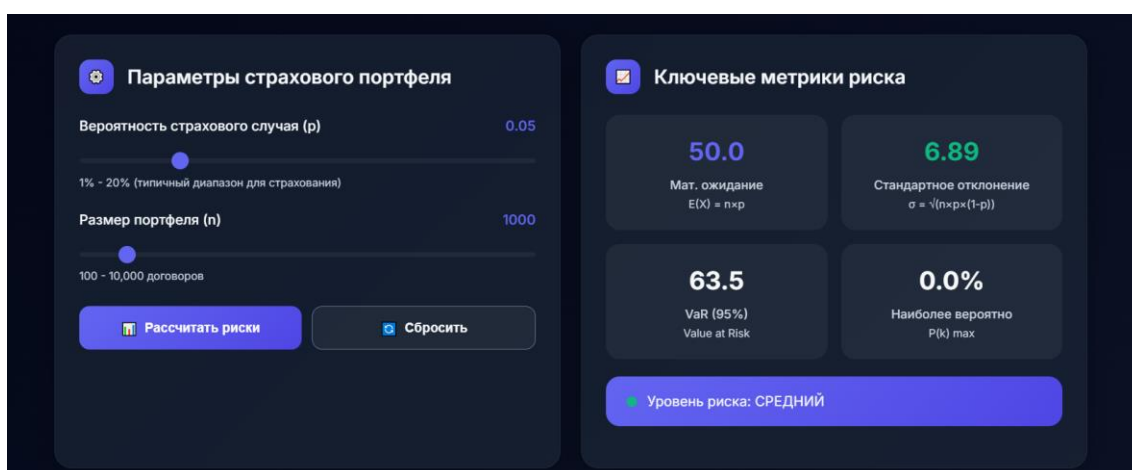


Рисунок 4 – Интерфейс системы оценки страховых рисков

Визуализация распределения вероятностей страховых случаев реализована в виде такого графического способа представления информации, как гистограмма (столбчатая диаграмма). Она наиболее наглядно отображает вероятности различных сценариев, а также показывает математическое ожидание количества страховых случаев. Интерфейс с диаграммой представлен на рисунке 5.

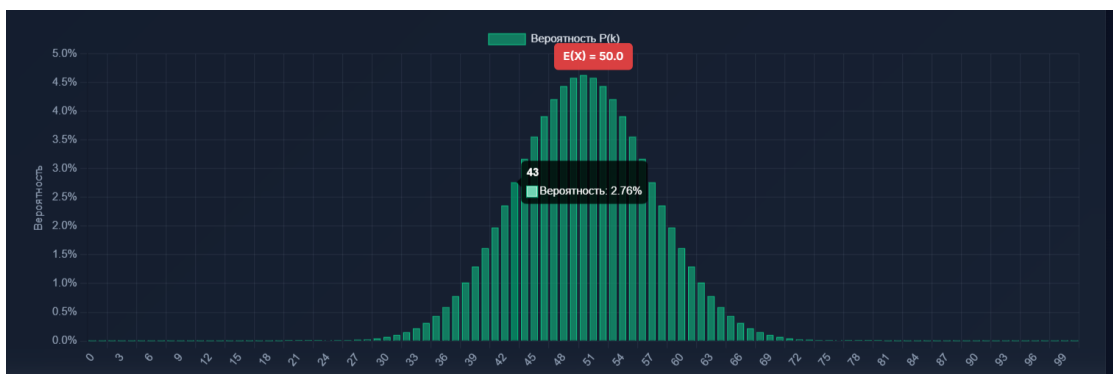


Рисунок 5 – Диаграмма распределения страховых случаев в портфеле

В нижней части интерфейса показаны расчетные метрики риска, а именно, вероятностные показатели до 50 случаев, представление накопленных вероятностей, индикатор уровня риска и расчет размера резерва, основанный на VaR (рисунок 6).

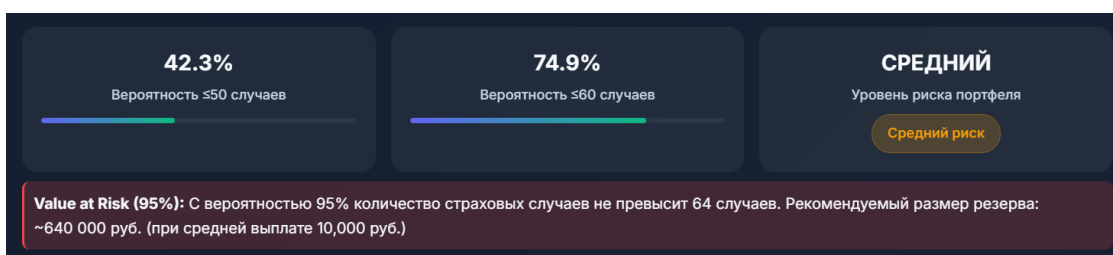


Рисунок 6 – Расчетные метрики риска

Чтобы убедиться в необходимости внедрения системы и ее практической значимости, был проведен сравнительный анализ работы специалистов страховой компании без использования разработанной системы и при ее внедрении в работу. Расчет оценки временных затрат на аналитические задачи в страховой компании был проведен по формуле:

$$P_j = \frac{\Delta T_j}{F_j - \Delta T_j} \times 100\%, \quad (1)$$

где P_j – повышение эффективности по j -му виду деятельности (%), ΔT_j – экономия времени по j -му виду задач (мин), F_j – время выполнения задач

без использования системы. В таблице 1 представлены результаты расчетов по формуле (1).

Таблица 1 – Результаты расчетов

Задача	Время выполнения до внедрения (мин)	Время выполнения после внедрения (мин)	Экономия времени (мин)	Повышение эффективности (%)
Анализ рисков	45	15	30	200
Расчет резерва	35	10	25	250
Моделирование сценариев	40	15	25	166.7
Среднее значение	40	13,3	26,7	205,6

Выполним расчет экономической эффективности от внедрения системы в страховую компанию по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = C_{\text{ч}} \times \Sigma \Delta T_j \times N_a \times 12, \quad (2)$$

где $C_{\text{ч}}$ – средняя ставка специалиста (1500 руб./час), $\Sigma \Delta T_j$ – средняя экономия времени (26,7 мин. = 0,445 ч.), N_a – количество аналитических задач в месяц (40 шт.). В результате получим:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 1500 \times 0,445 \times 40 \times 12 = 320,4 \text{ тыс. руб.}$$

Посчитаем срок окупаемости системы, при затратах на разработку 150 тыс. руб:

$$\text{Срок окупаемости} = \frac{\text{затраты на разработку}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} \times 12,$$

$$\text{Срок окупаемости} = \frac{150}{320,4} \times 12 = 5,6 \text{ мес.}$$

Исходя из расчетов следует следующее: срок окупаемости проекта составляет менее 6 месяцев, что является оптимальным для IT-проектов, годовая экономия составила 320,4 тыс./руб. Исследование наглядно подтвердило эффективность разработанного веб-приложения для визуализации страховых рисков.

Заключение.

Научная новизна представленного исследования заключается в реализованной архитектуре интерактивной аналитической системы, отличающейся от иных простейших табличных процессоров принципом интерактивного сценарного моделирования. При этом разработан обобщённый метод (архитектурный шаблон) для создания интерактивных симуляторов вероятностных моделей на чистом клиентском JavaScript. Благодаря вариативности вычислительного ядра, этот шаблон можно применять для визуализации любой вероятностной модели (распределения Пуассона, нормального распределения).

В аспекте взаимодействия с пользователем реализована не диалоговая, непрерывная интерактивность, которая кардинально отличается от традиционных систем. В представленном приложении благодаря специальному интерфейсу синхронный перерасчет распределения, метрик и преобразование графика пользователь видит сразу, в момент изменения любого из параметров. Воздействуя на модель, можно наблюдать её мгновенную реакцию.

В аспекте применения отметим, что помимо указанной практической значимости, у системы существует образовательный потенциал. Заложенные в разработанном веб-приложении свойства позволяют его эффективно использовать в целях обучения студентов экономических специальностей, IT-направлений или для повышения квалификации действующих сотрудников. Дидактические свойства представленного приложения повышаются за счет его интерактивных свойств. Такое средство визуализации экономических и математических расчетов может являться полноценным элементом профессионально ориентированного обучения.

Благодаря преобразованию абстрактных математических понятий в визуальные образы и возможностью изменения параметров в режиме

реального времени, система позволяет лучше усваивать информацию. Данный подход позволит как облегчить принятие решений о размерах резервных страховых фондов, так и сократить экономические затраты компаний, уменьшив ошибки в оценке рисков и минимизации капитала.

Литература

1. Тугушева Д. Р., Ефимова К. М. Современные цифровые технологии на страховом рынке // Интерактивная наука. 2022. №6 (71). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tsifrovye-tehnologii-na-strahovom-rynke> (дата обращения: 21.11.2025).
2. Назарова, Д. Р. Оценка и управление рисками страховой организации / Д. Р. Назарова, И. И. Глотова // Развитие финансовой науки: дискуссионные вопросы современных исследований : сборник научных трудов по материалам XI Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Ставрополь, 20–21 июня 2024 года. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2024. – С. 170-176. – EDN ENIFZE.
3. Жутаева, Е. Н. Актуальные проблемы осуществления актуарных расчетов в различных отраслях страхования / Е. Н. Жутаева, Е. А. Серебрякова, Е. И. Сизова // Цифровая и отраслевая экономика. – 2025. – № 1(37). – С. 98-102. – EDN WZXWXW.
4. Швец Сергей Константинович Интегральные метрики оценки рисков нефинансовой компании // Известия СПбГЭУ. 2015. №5 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integralnye-metriki-otsenki-riskov-nefinansovoy-kompanii> (дата обращения: 24.11.2025).
5. Карманова А.В., Павлюков И.А. Расчетные программы и приложения как вызов традиционной системе вузовского математического образования // Современные проблемы науки и образования. 2024. № 1. С. 56. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33279> (дата обращения: 26.11.2025). DOI: <https://doi.org/10.17513/spno.33279>
6. Третьякова Н. В., Карманова А. В. Применение информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе: коллективная монография. Краснодар: Краснодарский ЦНТИ, 2023. 108 с. – ISBN 978-5-91221-632-9 (с 47).
7. Фебенчукова, Е. В. Использование интерактивных форм обучения на уроках математики при изучении теории вероятности / Е. В. Фебенчукова, Л. Б. Агеева // Фундаментальные науки и образование : Материалы II международной научно-практической конференции, Бийск, 02–05 марта 2014 года / Ответственный редактор И.В. Старовикова. – Бийск, 2014. – С. 465-467. – EDN SRRLUB.
8. Кузьмичева Т. Г., Кузьмичев М. Е. Использование интерактивных методов обучения математике // Теория и практика современной науки. 2021. №2 (68). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-interaktivnyh-metodov-obucheniya-v-matematike> (дата обращения: 21.10.2025).
9. Карманова А.В. Математика и математическая статистика: учебное пособие / А.В. Карманова. – Краснодар: КубГАУ, 2022. 96 с.

References

1. Tugusheva D. R., Efimova K. M. Sovremennye cifrovye tehnologii na strahovom rynke // Interaktivnaja nauka. 2022. №6 (71). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tsifrovye-tehnologii-na-strahovom-rynke> (data obrashhenija: 21.11.2025).
2. Nazarova, D. R. Ocenka i upravlenie riskami strahovoj organizacii / D. R. Nazarova, I. I. Glotova // Razvitie finansovoj nauki: diskussionnye voprosy sovremennyh issledovanij : sbornik nauchnyh trudov po materialam XI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov i molodyh uchenyh, Stavropol', 20–21 ijunja 2024 goda. – Stavropol': Stavropol'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024. – S. 170-176. – EDN ENIFZE.
3. Zhutaeva, E. N. Aktual'nye problemy osushhestvlenija aktuarnyh raschetov v razlichnyh otrasljah strahovanija / E. N. Zhutaeva, E. A. Serebrjakova, E. I. Sizova // Cifrovaja i otraslevaja jekonomika. – 2025. – № 1(37). – S. 98-102. – EDN WZXWXW.
4. Shvec Sergej Konstantinovich Integral'nye metriki ocenki riskov nefinansovoj kompanii // Izvestija SPbGJeU. 2015. №5 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integralnye-metriki-otsenki-riskov-nefinansovoy-kompanii> (data obrashhenija: 24.11.2025).
5. Karmanova A.V., Pavljukov I.A. Raschetnye programmy i prilozhenija kak vyzov tradicionnoj sisteme vuzovskogo matematicheskogo obrazovanija // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2024. № 1. S. 56. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=33279> (data obrashhenija: 26.11.2025). DOI: <https://doi.org/10.17513/spno.33279>
6. Tret'jakova N. V., Karmanova A. V. Primenenie informacionno-kommunikacionnyh tehnologij v obrazovatel'nom processe: kollektivnaja monografija. Krasnodar: Krasnodarskij CNTI, 2023. 108 s. - ISBN 978-5-91221-632-9 (s 47).
7. Febenchukova, E. V. Ispol'zovanie interaktivnyh form obuchenija na urokah matematiki pri izuchenii teorii verojatnosti / E. V. Febenchukova, L. B. Ageeva // Fundamental'nye nauki i obrazovanie : Materialy II mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Bijsk, 02–05 marta 2014 goda / Otvetstvennyj redaktor I.V. Starovikova. – Bijsk, 2014. – S. 465-467. – EDN SRRLUB.
8. Kuz'micheva T. G., Kuz'michev M. E. Ispol'zovanie interaktivnyh metodov obuchenija matematike // Teorija i praktika sovremennoj nauki. 2021. №2 (68). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-interaktivnyh-metodov-obuchenija-v-matematike> (data obrashhenija: 21.10.2025).
9. Karmanova A.V. Matematika i matematicheskaja statistika: uchebnoe posobie / A.V. Karmanova. – Krasnodar: KubGAU, 2022. 96 c.