

Научная статья / Research Article

УДК 658.7:005.334

DOI: 10.36718/2500-1825-2025-3-57-73

**Екатерина Владимировна Ценина**

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

cakie@yandex.ru

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО БЮДЖЕТА**

*Цель исследования – разработка комбинированного метода оптимального распределения бюджета управления рисками в цепях поставок, обеспечивающего баланс между минимизацией затрат, снижением рисков и эффективностью инвестиций. Задачи: изучить существующие подходы и их ограничения в условиях бюджетных ограничений; разработать метод, обходящий ограничения, путем определения ключевых критериев для оценки мер управления рисками и построения интегральной формулы рейтинга с адаптивными весовыми коэффициентами; провести практическую проверку на данных, максимально приближенным к реальным, и оценить эффективность каждого метода. Объект исследования – методы распределения бюджета на управление рисками в цепях поставок. Проведен сравнительный анализ трех подходов к выбору методов управления рисками в цепях поставок по традиционным критериям: 1) наиболее опасный риск – ранжирование по потенциальному ущербу; 2) самый эффективный ответ – выбор методов с максимальной абсолютной экономией; 3) лучший коэффициент экономии – оптимизация по коэффициенту экономии. На основе выявленных ограничений предлагается комбинированный взвешенный метод, сочетающий преимущества всех трех методов. Этот подход интегрирует три ключевых критерия – экономия, рентабельность, затраты – в упрощенную многокритериальную модель. В отличие от классических MCDM-методов (АНР, TOPSIS), комбинированный взвешенный метод требует меньших вычислительных затрат и адаптируется под бюджетные ограничения. Исследование проведено на примере пяти типичных логистических рисков (срыв поставок, таможенные задержки, дефицит складов, поломка транспорта, задержки доставки) с данными, приближенными к реальным (вероятности, ущербы, затраты на меры управления). Комбинированный взвешенный метод превосходит традиционные методы по эффективности распределения бюджета, сохраняя фокус на критических рисках. Гибкость метода позволяет адаптировать веса критериев под стратегические приоритеты компании (например снижение ущерба или строгая экономия).*

**Ключевые слова:** управление рисками, бюджетные ограничения, управление цепями поставок, выбор метода управления

**Для цитирования:** Ценина Е.В. Оптимизация выбора методов управления рисками в условиях ограниченного бюджета // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2025. № 3. С. 57–73. DOI: 10.36718/2500-1825-2025-3-57-73.

**Ekaterina Vladimirovna Tsenina**

Plekhanov Russian University of Economics

cakie@yandex.ru

## OPTIMIZING SELECTION OF RISK MANAGEMENT METHODS UNDER BUDGET CONSTRAINTS

*The aim of the study is to develop a combined method for optimal distribution of the supply chain risk management budget that provides a balance between cost minimization, risk reduction and investment efficiency. Objectives: to study existing approaches and their limitations in the context of budget constraints; to develop a method that bypasses the limitations by defining key criteria for assessing risk management measures and constructing an integral rating formula with adaptive weighting factors; to conduct a practical test on data that is as close to real as possible and to assess the effectiveness of each method. The object of the study is budget allocation methods for supply chain risk management. A comparative analysis of three approaches to selecting supply chain risk management methods is carried out based on traditional criteria: 1) the most dangerous risk – ranking by potential damage; 2) the most effective response – selecting methods with maximum absolute savings; 3) the best savings coefficient – optimization by the savings coefficient. Based on the identified limitations, a combined weighted method is proposed that combines the advantages of all three methods. This approach integrates three key criteria – savings, profitability, costs - into a simplified multi-criteria model. Unlike classical MCDM methods (AHP, TOPSIS), the combined weighted method requires less computational costs and is adapted to budget constraints. The study was conducted using five typical logistics risks (delivery disruption, customs delays, warehouse shortages, transport breakdowns, delivery delays) with data close to real ones (probabilities, damages, costs of management measures). The combined weighted method outperforms traditional methods in terms of budget allocation efficiency, while maintaining focus on critical risks. The flexibility of the method allows you to adapt the weights of criteria to the company's strategic priorities (for example, damage reduction or strict savings).*

**Keywords:** risk management, budget constraints, supply chain management, selecting risk management method

**For citation:** Tsenina E.V. Optimizing selection of risk management methods under budget constraints // Socio-economic and humanitarian journal. 2025. N 3. P. 57–73. DOI: 10.36718/2500-1825-2025-3-57-73.



**Введение.** Управление цепями поставок – сложная область, требующая тщательного планирования и принятия решений, особенно когда речь идет об управлении рисками в условиях бюджетных ограничений. Растущая подверженность цепи поставок различным сбоям и неопределенностям сделала управление рисками важнейшим компонентом управления цепями поставок. Управление рисками в условиях ограниченного бюджета требует баланса между эффективностью затрат и максимизацией снижения рисков.

Современные подходы к управлению рисками в цепях поставок требуют

комплексного анализа, сочетающего количественные и качественные методы. Для этого применяются различные математические модели, позволяющие оценивать неопределенности, оптимизировать ресурсы и выбирать стратегии с учетом множества критериев. Особое значение имеют методы, способные работать с противоречивыми целями, такими как минимизация затрат и максимизация устойчивости.

Важно приоритизировать стратегии снижения рисков с учетом затрат, эффективности и управляемости. Оптимальное распределение бюджетных ресурсов должно учитывать эти факторы,

обеспечивая не только экономичность выбранных стратегий, но и возможность их реализации [1].

Оценка рисков предусматривает анализ влияния факторов риска на его исход, а также величины и частоты риска на показатели логистической деятельности с использованием методов корреляционного, регрессионного, факторного анализов, сценарного планирования, имитационного моделирования. Если количество альтернатив ограничено, можно использовать метод дерева решений. При выборе оптимального плана многоэтапных действий, где результат каждого последующего зависит от предыдущего, можно применить метод динамического программирования [2].

Методы многокритериального принятия решений привлекли значительное внимание к управлению цепями поставок из-за их способности обрабатывать множество часто противоречащих друг другу критериев. Эти методы особенно полезны при выборе планов реагирования на риски в условиях бюджетных ограничений, поскольку они позволяют лицам, принимающим решения, оценивать различные варианты на основе различных факторов, таких как стоимость, снижение вероятности или воздействия риска.

Одним из наиболее часто используемых методов многокритериального принятия решений в управлении цепями поставок является метод анализа иерархий (от англ. Analytic Hierarchy Process – АНР). Он помогает лицам, принимающим решения, структурировать сложные проблемы в иерархию подзадач, что упрощает оценку и приоритизацию различных планов реагирования на риски. Например, его можно использовать для оценки относительной важности различных факторов риска и выбора наиболее эффективных с точки зрения затрат стратегий смягчения последствий [3].

Другим популярным методом многокритериального принятия решений является метод организации ранжирования предпочтений для обогащения оценок (от англ. Preference Ranking

Organization Method for Enrichment Evaluation – PROMETHEE). Этот метод особенно полезен для обработки нечетких или неточных данных, что часто используется в управлении рисками. Он успешно применяется для определения приоритетов рисков в цепях поставок, позволяя лицам, принимающим решения, ранжировать риски на основе их вероятности, воздействия и затрат на снижение [3].

Метод целевого программирования (также является одним из методов многокритериального принятия решений) позволяет задать ограничения по бюджету и найти решение, максимально близкое к целевым показателям. Так, его использование позволило минимизировать затраты на управление рисками и максимизировать вероятность соблюдения графика, что повысило удовлетворенность клиентов и снизило уязвимость цепей поставок [4].

Имеются исследования, использующие метод многоцелевой оптимизации (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis – MOORA). MOORA – это один из методов многокритериального принятия решений (MCDM), как метод анализа иерархий (АНР) или метод определения порядкового номера (или ранга) близостью к идеальному решению (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution – TOPSIS), но с уникальным подходом (нормализация через отношение к сумме критериев).

В 2009 г. индонезийскими исследователями была разработана и впервые предложена модель Дома Риска (House of Risk – HOR). Она была создана как адаптация Дома Качества (House of Quality – HOQ) и Структурирование (развертывание) функции качества (Quality Function Deployment – QFD), но с фокусом на управление рисками в цепях поставок. Ее цель – предоставить компаниям структурированный инструмент для идентификации ключевых рисков, оценки их критичности через Совокупный риск (Aggregate Risk Potential (ARP)) и выбора оптимальных стратегий смягчения [5]. Интересен подход, сочетающий модель

Дома Риска (House of Risk – HOR) и метод многоцелевой оптимизации (MOORA), направленный на выявление ключевых рисков и разработку стратегий их снижения. В результате исследования с использованием этого гибридного подхода был составлен рейтинг наиболее эффективных превентивных мер, предоставляющий компаниям практические рекомендации по повышению устойчивости цепей поставок [6].

К остальным популярным методам, которые используются для анализа рисков в цепях поставок, можно отнести метод определения порядка предпочтения по сходству с идеальным решением (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution – TOPSIS), оценивание и испытание принятия решения (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory – DEMATEL) и многокритериальную оптимизацию и компромиссное решение (VIKOR – ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje). TOPSIS – часто используется для ранжирования рисков по их критичности. DEMATEL – популярен для анализа взаимосвязей между рисками. А VIKOR – применяется, когда нужно найти компромисс между противоречивыми критериями (например стоимость vs. надежность).

Генетические алгоритмы все чаще используются в управлении цепями поставок для решения задач многоцелевой оптимизации. В отличие от методов MCDM, которые выбирают из готовых альтернатив на основе критериев, группа методов генетических алгоритмов используется для сложных нелинейных задач. Эти методы особенно полезны для выбора планов реагирования на риски в условиях бюджетных ограничений, поскольку они могут решать множество задач, таких как минимизация рисков, снижение затрат и повышение операционной эффективности. В исследовании авторов [7] предлагается модель принятия решений по управлению рисками цепи поставок, основанная на генетических алгоритмах. Генетические алгоритмы (GA) эффективно определяют оптимальные решения для проектирования цепочки поставок в условиях риска

сбоев, балансируя общие затраты и риски выбросов углекислого газа. Генетические алгоритмы могут быть использованы для решения задач, связанных с размещением объектов и распределением потоков в условиях неопределенности, например при проектировании сетевой структуры в замкнутых цепях поставок [8].

Методы нечеткой логики широко применяются в управлении рисками благодаря своей способности справляться с неопределенностью и неточной информацией. Они могут быть использованы для разработки модели оценки каких-то конкретных рисков, например информационной безопасности интеллектуальных систем водного транспорта [9], а также прогнозирования рисков при заключении договоров и т. д. [10]. Разработанная авторами модель ориентирована даже на несколько разных рисков фокусной организации, которые могут повлиять на операции цепи поставок. Эти риски могут включать операционные риски, финансовые риски, риски соблюдения нормативных требований и стратегические риски [11].

Систему нечеткого логического вывода (Fuzzy Inference System – FIS) можно так же, как и методы многокритериального принятия решений, объединить с Домом Риска (House of Risk – HOR), что позволяет эффективно выявлять, анализировать рисковые события в цепи поставок, разрабатывать стратегии смягчения [12]; комплексную структуру снижения рисков для устранения неопределенностей данных и приоритизации рисков в цепи поставок [13].

Таким образом, нечеткая логика оперирует качественными оценками («высокий риск»).

Четвертая группа методов – оптимизация в условиях неопределенности – использует количественные модели неопределенности. К этой группе методов относится робастная оптимизация (Robust Optimization – RO), стохастическое программирование (Stochastic Programming – SP), а также условная стоимость под риском (Conditional Value at Risk – CVaR). Именно на основе CVaR и других подходов в исследовании оцениваются риски сбоев в работе поставщиков. Для

этого применяются модель, нейтральная к риску (ожидаемые затраты), и не склонная к риску модель (CVaR), что позволяет найти баланс между затратами и устойчивостью цепи поставок [14].

Применение вероятностных графических моделей (Probabilistic Graphical Models – PGM) можно использовать для оптимизации выбора методов управления рисками в условиях ограниченного бюджета, но не для прямой оптимизации бюджета, а для обоснования решений

через оценку эффективности мер (например, как снижение вероятности риска влияет на общие затраты), приоритизацию рисков (фокус на самых дорогих/вероятных угрозах) или через сценарный анализ (например: «Что выгоднее: резервный поставщик или страховка?»).

Универсального решения для оценки рисков нет, каждая группа методов имеет свои особенности применения (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнение математических групп методов  
для оценки рисков в цепях поставок (составлено автором)**

| Группа методов                          | Ключевые характеристики                                                                                                                                                                                                        | Примеры применения в оценке рисков                                                                                                                                    | Типовые инструменты                                           |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| MCDM                                    | Ранжирование альтернатив по взвешенным критериям. Подходит для качественных и количественных данных                                                                                                                            | Выбор поставщиков, оценка критичности рисков                                                                                                                          | АНР, TOPSIS, VIKOR, ELECTRE, MACBETH                          |
| Генетические алгоритмы (GA)             | Эволюционный поиск решений через «естественный отбор». Оптимизация сложных нелинейных задач                                                                                                                                    | Оптимизация цепей поставок с 100+ параметрами                                                                                                                         | NSGA-II, MOEA/D                                               |
| Нечеткая логика                         | Работа с качественными, размытыми данными (лингвистические переменные)                                                                                                                                                         | Оценка рисков при отсутствии точных данных                                                                                                                            | Fuzzy АНР, Fuzzy DEMATEL                                      |
| Оптимизация в условиях неопределенности | Математическая оптимизация с учетом стохастичности, интервалов или наихудших сценариев                                                                                                                                         | Управление запасами при нестабильном спросе, стресс-тесты                                                                                                             | Робастная оптимизация, стохастическое программирование, CVaR  |
| Вероятностные графические модели        | Моделирование сложных зависимостей между рисками с использованием теории вероятностей и графов. Позволяют учитывать условные зависимости, обновлять вероятности при поступлении новых данных и анализировать каскадные эффекты | Прогнозирование каскадных сбоев в цепях поставок, оценка влияния кибератак на логистику, анализ динамических рисков (например изменение спроса или задержки поставок) | Байесовские сети, Сети Маркова, динамические байесовские сети |

В других исследованиях акцент делается на управленческие решения. Например, делается упор на совместный подход и предлагается адаптировать структуру цепи поставок и добавить буферы в качестве эффективных стратегий снижения рисков при одновременном управлении затратами [15] или исследуются игнорируемые поведенческие аспекты принятия решений и выбора стратегий отдельными менеджерами в контексте рисков и сбоев [16].

Выбор планов реагирования на риски в условиях бюджетных ограничений при управлении цепями поставок требует сочетания технических подходов и принятия стратегических решений. Методы многокритериального принятия решений (MCDM), генетические алгоритмы, подходы к определению приоритетов нечетких рисков и комплексные модели принятия решений – вот некоторые из ключевых подходов, которые могут быть использованы для обеспечения эффективного управления рисками при соблюдении бюджетных рамок. Интегрируя эти подходы в целостную систему управления рисками, организации могут повысить свою устойчивость к сбоям в цепях поставок и обеспечить долгосрочный успех.

В данном исследовании мы сосредоточимся на следующей проблеме: оптимальное распределение бюджета управления рисками между доступными мерами реагирования. Решение этой задачи предполагает не только приоритизацию рисков, требующих внимания, но и выбор наиболее эффективных направлений инвестирования в управление этими рисками.

**Цель исследования** – разработка комбинированного метода оптимального распределения бюджета управления рисками в цепях поставок, обеспечивающего баланс между минимизацией затрат, максимизацией снижения рисков и эффективностью инвестиций в меры реагирования.

**Задачи:** изучить существующие подходы и их ограничения в условиях бюджетных ограничений; разработать

метод, обходящий ограничения, путем определения ключевых критериев для оценки мер управления рисками и построения интегральной формулы рейтинга с адаптивными весовыми коэффициентами; провести практическую проверку на данных, максимально приближенных к реальным, и оценить эффективность каждого метода.

**Результаты и их обсуждение.** В исследовании [17] авторы представили три подхода к ранжированию рисков. Эти подходы соответствуют трем критическим требованиям в управлении рисками:

1) наиболее опасный риск (Most Dangerous Risk – MDR) → «Что опаснее всего?» (оценка критичности);

2) самый эффективный ответ (Most Profitable Response – MPR) → «Что даст максимальный эффект от применения методов управления?» (абсолютная выгода);

3) лучший коэффициент сбережений (Best Saving Ratio – BSR) → «Как получить лучший результат на ограниченный бюджет?» (эффективность затрат).

Более сложные методы часто усложняют расчеты, но не меняют сути этих вопросов.

К числу ключевых логистических рисков относятся транспортные, складские, а также риски, связанные с закупками и сбытом. Основными факторами, способствующими их появлению, выступают неопределенность условий, стохастические события и действия контрагентов, направленные на нарушение нормального функционирования цепей поставок [18], что обуславливает выбор метода управления.

Рассмотрим применение этих подходов для пяти типичных рисков, для каждого из которых может быть выбран один из двух методов управления. Сводная информация с максимальным приближением к реальным условиям (в тыс. \$) по этим пяти рискам представлена в таблице 2.

Таблица 2

**Профиль рисков в цепях поставок  
(составлено автором на основании [17])**

| Риск           | Название риска                     | Вероятность, $P_i$ | Влияние $D_i$ , тыс. руб. | Математическое ожидание влияния $Q_i(P_i \cdot D_i)$ | Метод управления                         | Затраты $C_{ij}$ | Вероятность после управления $P_{ij}$ | Влияние после управления $D_{ij}$ | Математическое ожидание влияния после управления $Q_{ij}$ | $C_{ij} + Q_{ij}$ | $Q_i - (C_{ij} + Q_{ij})$ | Коэффициент экономии $(Q_i - (C_{ij} + Q_{ij})) / C_{ij}$ |
|----------------|------------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1              | 2                                  | 3                  | 4                         | 5                                                    | 6                                        | 7                | 8                                     | 9                                 | 10                                                        | 11                | 12                        | 13                                                        |
| P <sub>1</sub> | Срыв поставок ключевого поставщика | 0,65               | 120                       | 78                                                   | 1. Диверсификация поставщиков            | 45               | 0,35                                  | 80                                | 28                                                        | 73                | 50                        | 1,11                                                      |
|                |                                    |                    |                           |                                                      | 2. Создание страховых запасов            | 30               | 0,5                                   | 90                                | 45                                                        | 75                | 30                        | 1                                                         |
| P <sub>2</sub> | Таможенные задержки                | 0,8                | 85                        | 68                                                   | 1. Предварительное оформление документов | 25               | 0,45                                  | 60                                | 27                                                        | 52                | 41                        | 1,64                                                      |
|                |                                    |                    |                           |                                                      | 2. Использование локальных складов       | 60               | 0,3                                   | 50                                | 15                                                        | 75                | 53                        | 0,88                                                      |
| P <sub>3</sub> | Дефицит складских мощностей        | 0,75               | 95                        | 71,25                                                | 1. Аренда дополнительных складов         | 40               | 0,4                                   | 70                                | 28                                                        | 68                | 43,25                     | 1,08                                                      |
|                |                                    |                    |                           |                                                      | 2. Оптимизация складской логистики       | 35               | 0,55                                  | 65                                | 35,75                                                     | 70,75             | 35,5                      | 1,01                                                      |
| P <sub>4</sub> | Поломка транспорта                 | 0,45               | 150                       | 67,5                                                 | 1. Регулярный техосмотр автопарка        | 20               | 0,25                                  | 100                               | 25                                                        | 45                | 42,5                      | 2,13                                                      |
|                |                                    |                    |                           |                                                      | 2. Страхование грузов                    | 35               | 0,35                                  | 90                                | 31,5                                                      | 66,5              | 36                        | 1,03                                                      |

Окончание табл. 2

| 1  | 2                   | 3   | 4   | 5  | 6                                      | 7  | 8   | 9  | 10 | 11 | 12 | 13   |
|----|---------------------|-----|-----|----|----------------------------------------|----|-----|----|----|----|----|------|
| P5 | Задержки в доставке | 0,7 | 110 | 77 | 1. Внедрение GPS-мониторинга           | 28 | 0,4 | 80 | 32 | 60 | 45 | 1,61 |
|    |                     |     |     |    | 2. Работа с проверенными перевозчиками | 50 | 0,5 | 70 | 35 | 85 | 42 | 0,84 |

Рассмотрим расчеты по всем трем подходам (MDR, MPR и BSR) и сравним результаты.

Расчет по методу *наиболее опасный риск* (Most Dangerous Risk – MDR) представлен в таблице 3. При этом подходе ранжирование производится по математическому ожиданию ущерба ( $P \times I$ ).

*Алгоритм*

1. Ранжируем риски по убыванию  $P \times I$ .
2. Для каждого риска выбираем метод с максимальной экономией:

$$(Q_i - (C_{ij} + Q_{ij})).$$

*Таблица 3*

**Результаты выбора методов управления и расчета кумулятивных затрат по методу *наиболее опасный риск* (Most Dangerous Risk – MDR) (составлено автором), тыс. долл.**

| Риск | Метод управления | Затраты | Куммулятивный бюджет | Экономия | Куммулятивная экономия |
|------|------------------|---------|----------------------|----------|------------------------|
| P1   | 1                | 45      | 45                   | 50       | 50                     |
| P5   | 1                | 28      | 73                   | 45       | 95                     |
| P3   | 1                | 40      | 113                  | 43,25    | 138,25                 |
| P2   | 2                | 60      | 173                  | 53       | 191,25                 |
| P4   | 1                | 20      | 193                  | 42,5     | 233,75                 |

Таким образом, в итоге ранжирования рисков и выбору метода управления по методу MDR общие затраты составили \$193 тыс., общая экономия \$233,75 тыс. Эффективность = общие затраты / общая экономия (тыс. \$). Таким образом, она показывает, сколько долларов экономии получено на 1 доллар затрат. В данном случае – \$233,75 тыс. / \$193 тыс. = \$1,21.

Теперь рассмотрим метод *самый эффективный ответ* (Most Profitable Response – MPR) – ранжирование по абсолютной экономии.

*Алгоритм*

1. Ранжируем методы управления рисками по убыванию экономии ( $Q_i - (C_{ij} + Q_{ij})$ ).
2. Выбираем топ-методы в рамках бюджета (табл. 4).



Таблица 4

**Результаты выбора методов управления и расчета кумулятивных затрат по методу самый эффективный ответ (Most Profitable Response – MPR) (составлено автором), тыс. долл.**

| Риск | Метод управления | Затраты | Куммулятивный бюджет | Экономия | Куммулятивная экономия |
|------|------------------|---------|----------------------|----------|------------------------|
| P2   | 2                | 60      | 60                   | 53       | 53                     |
| P1   | 1                | 45      | 105                  | 50       | 103                    |
| P5   | 1                | 28      | 133                  | 45       | 148                    |
| P3   | 1                | 40      | 173                  | 43,25    | 191,25                 |
| P4   | 1                | 20      | 193                  | 42,5     | 233,75                 |

По итогам ранжирования рисков и выбору метода управления по методу MPR общие затраты также составили \$193 тыс., общая экономия – \$233,75 тыс., а эффективность – \$1,21.

Теперь рассмотрим последний метод ранжирования – *лучший коэффициент экономии* (Best Saving Ratio – BSR).

#### Алгоритм

1. Ранжируем методы управления рисками по убыванию коэффициента экономии  $(Q_i - (C_{ij} + Q_{ij}))/C_{ij}$ .

2. Выбираем топ-методы в рамках бюджета (табл. 5).

Таблица 5

**Результаты выбора методов управления и расчета кумулятивных затрат по методу лучший коэффициент экономии (Best Saving Ratio – BSR) (составлено автором)**

| Риск | Метод управления | Затраты | Куммулятивный бюджет | Экономия | Куммулятивная экономия |
|------|------------------|---------|----------------------|----------|------------------------|
| P4   | 1                | 20      | 20                   | 42,5     | 42,5                   |
| P2   | 1                | 25      | 45                   | 41       | 83,5                   |
| P5   | 1                | 28      | 73                   | 45       | 128,5                  |
| P1   | 1                | 45      | 118                  | 50       | 178,5                  |
| P3   | 1                | 40      | 158                  | 43,25    | 221,75                 |

По итогам ранжирования по данному методу общие затраты на управление всеми пятью рисками составят \$158 тыс., экономия – \$221,75 тыс., а эффективность – \$1,40.

Каждый подход имеет свои сильные и слабые стороны в зависимости от критериев оптимизации: критичность риска ( $Q_i$ ), общая экономия ( $Q_i - (C_{ij} + Q_{ij})$ ) или максимальный коэффициент экономии  $((Q_i - (C_{ij} + Q_{ij})) / C_{ij})$ .

Эти подходы демонстрируют классическую дилемму риск-менеджмента.

MDR эффективен для минимизации катастрофических последствий, но может истощить бюджет на избыточные меры. MPR максимизирует общую выгоду, но упускает «бюджетные» решения с высоким возвратом на инвестиции. BSR оптимален для ограниченных ресурсов, но рискует оставить без внимания критичные, но дорогие угрозы.

Таким образом, ни один из этих методов не является идеальным в условиях жестких бюджетных ограничений. Это подчеркивает необходимость комбини-

рованного подхода, который не только сохранит сильные стороны MDR, MPR и BSR (учет критичности, экономии), но и устранил их ключевые ограничения (перерасход бюджета, игнорирование дешевых мер, дисбаланс в покрытии рисков).

Мы предлагаем использовать комбинированный взвешенный метод (назовем его Weighted Combined Approach – WCA). Для устранения недостатков он будет учитывать:

- абсолютную экономию ( $Q_i - (C_{ij} + Q_{ij})$ );
- коэффициент экономии  $((Q_i - (C_{ij} + Q_{ij})) / C_{ij})$ ;
- затраты ( $C_{ij}$ ) – минимизация при высокой эффективности;
- влияние рисков ( $Q_i$ ) – сохранение фокуса на критических угрозах.

Формула рейтинга:

$$Rating_{ij} = w_1 \cdot \frac{\text{Экономия}}{\max(\text{Экономия})} + w_2 \cdot \frac{\text{Коэф.экономии}}{\max(\text{Коэф.})} + w_3 \cdot \left(1 - \frac{C_{ij}}{\max(C_{ij})}\right), \quad (1)$$

где  $w_1, w_2, w_3$  – веса критериев (например  $w_1 = 0,4, w_2 = 0,4, w_3 = 0,2$ ).

Веса выбраны условно, исходя из типовых приоритетов в логистике: сначала минимизировать ущерб ( $Q_i - (C_{ij} + Q_{ij})$ ), затем обеспечить окупаемость  $(Q_i - (C_{ij} + Q_{ij})) / C_{ij}$  и только потом учитывать бюджет ( $C_{ij}$ ).

Если приоритеты другие, веса можно изменить. Например, для агрессивно-го снижения рисков:  $w_1 = 0,6, w_2 = 0,3,$

$w_3 = 0,1$  (ставка на максимальную экономию), а для бюджетной оптимизации:  $w_1 = 0,3, w_2 = 0,2, w_3 = 0,5$  (минимизация затрат в приоритете).

Если же нужна большая точность, строгость, веса можно рассчитать через парные сравнения критериев (по методу анализа иерархий).

Итак, в нашем случае мы будем использовать веса:

- $w_1 = 0,4$  (экономия);
- $w_2 = 0,4$  (коэффициент экономии);
- $w_3 = 0,2$  (затраты).

Максимальные значения для нормализации исходя из таблицы 2:

макс. экономия = 53 (у Р2-2);

макс. коэф. = 2,13 (у Р4-1);

макс. затраты = 60 (у Р2-2).

Подставляем данные в формулу (1):

$$Rating_{ij} = 0,4 \cdot \frac{\text{Экономия}}{53} + 0,4 \cdot \frac{\text{Коэф.экономии}}{2,13} + 0,2 \cdot \left(1 - \frac{C_{ij}}{60}\right) \quad (2)$$

**Алгоритм**

1. Рассчитать рейтинг для всех методов по формуле (2) (в нашем случае 2 метода · 5 рисков = 10 расчетов).

2. Выбрать только один метод на риск – с максимальным рейтингом.

3. Ранжировать выбранные методы по рейтингу и формировать итоговый план.

Пример расчет рейтинга для риска Р4 представлен в таблице 6.

*Таблица 6*

**Пример расчета рейтинга для Р-4 – «Поломка транспорта»  
(составлено автором)**

| Метод           | Экономия | Коэф. | Затраты | Норм. экономия     | Норм. коэф.          | Норм. затраты        | Рейтинг |
|-----------------|----------|-------|---------|--------------------|----------------------|----------------------|---------|
| Техосмотр (1)   | 42,5     | 2,13  | 20      | $42,5 / 53 = 0,80$ | $2,13 / 2,13 = 1$    | $1 - 20 / 60 = 0,67$ | 0,85    |
| Страхование (2) | 36       | 1,03  | 35      | $36 / 53 = 0,68$   | $1,03 / 2,13 = 0,48$ | $1 - 35 / 60 = 0,42$ | 0,55    |

Рассмотрим подробно принцип расчета рейтинга в таблице 6.

Р4-1 – риск «Поломка транспорта» – метод управления 1 «Техосмотр автопарка». Из таблицы 2 берем:

затраты ( $C_{ij}$ ) – 20;

экономия – 42,5;

коэф. экономии – 2,13.

Затем рассчитываем нормализованные значения:

норм. экономия =  $42,5 / 53 = 0,8019$ ;

норм. коэф. =  $2,13 / 2,13 = 1,0$ ;

норм. затраты =  $1 - 20/60 = 0,6667$ .

Теперь мы можем рассчитать рейтинг для Р4.

$0,4 \cdot 0,8019 + 0,4 \cdot 1,0 + 0,2 \cdot 0,6667 = 0,3208 + 0,4 + 0,1333 = 0,854 \approx 0,85$ .

*Расчет рейтинга второго метода управления для риска Р4*

Р4-2 – риск «Поломка транспорта» – метод управления 2 «Техосмотр автопарка»:

экономия: 36;

норм. экономия =  $36 / 53 = 0,6795336 = 0,679$ ;

коэф. экономии: 1,03;

норм. коэф. =  $1,03 / 2,13 = 0,484$ ;

затраты: 35;

норм. затраты =  $1 - 35 / 60 = 0,416$ ;

Рейтинг

$0,4 \cdot 0,679 + 0,4 \cdot 0,484 + 0,2 \cdot 0,416 = 0,272 + 0,194 + 0,083 = 0,549$

Метод управления 1 имеет бóльшую экономию (42,5 vs 36), но метод WCA выбирает не просто метод управления с максимальной экономией, а оптимальный по комбинации критериев: абсолютное снижение ущерба (экономия), эффективность вложений (коэф. экономии), умеренные затраты.

Расчет рейтинга для всех рисков и методов, сделанный на базе таблицы 2, представлен в таблице 7.

Таблица 7

**Полный расчет рейтингов по Комбинированному взвешенному методу (составлено автором)**

| Риск | Метод управления                      | Затраты (C <sub>ij</sub> ) | Экономия (E) | Коэффициент экономии (K) | Норм. E (E/53) | Норм. K (K/2.13) | Норм. C (1-C <sub>ij</sub> /60) | Рейтинг WCA (0,4·Норм.Е + 0,4·Норм.К + 0,2·Норм.С)            | Выбран  |
|------|---------------------------------------|----------------------------|--------------|--------------------------|----------------|------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------|
| 1    | 2                                     | 3                          | 4            | 5                        | 6              | 7                | 8                               | 9                                                             | 10      |
| Р1-1 | Диверсификация поставщиков            | 45                         | 5,0          | 1,11                     | 0,094          | 0,521            | 0,250                           | $0,4 \cdot 0,094 + 0,4 \cdot 0,521 + 0,2 \cdot 0,250 = 0,287$ | Нет     |
| Р1-2 | Создание страховых запасов            | 30                         | 30,0         | 1,00                     | 0,566          | 0,469            | 0,500                           | $0,4 \cdot 0,566 + 0,4 \cdot 0,469 + 0,2 \cdot 0,500 = 0,502$ | Да (Р1) |
| Р2-1 | Предварительное оформление документов | 25                         | 41,0         | 1,64                     | 0,774          | 0,770            | 0,583                           | $0,4 \cdot 0,774 + 0,4 \cdot 0,770 + 0,2 \cdot 0,583 = 0,740$ | Да (Р2) |
| Р2-2 | Использование локальных складов       | 60                         | 53,0         | 0,88                     | 1,000          | 0,413            | 0,000                           | $0,4 \cdot 1,000 + 0,4 \cdot 0,413 + 0,2 \cdot 0,000 = 0,565$ | Нет     |

*Окончание табл 7*

| 1    | 2                                   | 3  | 4     | 5    | 6     | 7     | 8     | 9                                                             | 10      |
|------|-------------------------------------|----|-------|------|-------|-------|-------|---------------------------------------------------------------|---------|
| P3-1 | Аренда дополнительных складов       | 40 | 43,25 | 1,08 | 0,816 | 0,507 | 0,333 | $0,4 \cdot 0,816 + 0,4 \cdot 0,507 + 0,2 \cdot 0,333 = 0,607$ | Да (P3) |
| P3-2 | Оптимизация складской логистики     | 35 | 35,5  | 1,01 | 0,670 | 0,474 | 0,417 | $0,4 \cdot 0,670 + 0,4 \cdot 0,474 + 0,2 \cdot 0,417 = 0,553$ | Нет     |
| P4-1 | Регулярный техосмотр автопарка      | 20 | 42,5  | 2,13 | 0,802 | 1,000 | 0,667 | $0,4 \cdot 0,802 + 0,4 \cdot 1,000 + 0,2 \cdot 0,667 = 0,853$ | Да (P4) |
| P4-2 | Страхование грузов                  | 35 | 36,0  | 1,03 | 0,679 | 0,484 | 0,417 | $0,4 \cdot 0,679 + 0,4 \cdot 0,484 + 0,2 \cdot 0,417 = 0,549$ | Нет     |
| P5-1 | Внедрение GPS-мониторинга           | 28 | 45,0  | 1,61 | 0,849 | 0,756 | 0,533 | $0,4 \cdot 0,849 + 0,4 \cdot 0,756 + 0,2 \cdot 0,533 = 0,750$ | Да (P5) |
| P5-2 | Работа с проверенными перевозчиками | 50 | 42,0  | 0,84 | 0,792 | 0,394 | 0,167 | $0,4 \cdot 0,792 + 0,4 \cdot 0,394 + 0,2 \cdot 0,167 = 0,535$ | Нет     |

*Таблица 8*

**Результаты выбора методов управления по комбинированному взвешенному методу (Weighted Combined Approach – WCA)  
(составлено автором)**

| Ранг | Риск | Метод управления | Рейтинг | Затраты | Куммулятивный бюджет | Экономия | Куммулятивная экономия |
|------|------|------------------|---------|---------|----------------------|----------|------------------------|
| 1    | P4   | 1                | 0,85    | 20      | 20                   | 42,5     | 42,5                   |
| 2    | P5   | 1                | 0,75    | 28      | 48                   | 45       | 87,5                   |
| 3    | P2   | 1                | 0,74    | 25      | 73                   | 41       | 128,5                  |
| 4    | P3   | 1                | 0,60    | 40      | 113                  | 43,25    | 171,75                 |
| 5    | P1   | 2                | 0,53    | 30      | 143                  | 30       | 201,75                 |

По итогам ранжирования по данному методу общие затраты на управление всеми пятью рисками составят \$143 тыс.,

экономия – \$201,75 тыс., а эффективность – \$1,41.

Результаты расчетов по всем четырем методам представлены в таблице 9.

Таблица 9

**Сравнительная таблица результатов расчетов по методам MDR, MPR, BSR и WCA (составлено автором)**

| Метод | Затраты, тыс. долл. | Экономия, тыс. долл. | Эффективность |
|-------|---------------------|----------------------|---------------|
| MDR   | 193                 | 233,75               | 1,21          |
| MPR   | 193                 | 233,75               | 1,21          |
| BSR   | 158                 | 221,75               | 1,40          |
| WCA   | 143                 | 201,75               | 1,41          |

Из таблицы 9 видно, что использование комбинированного взвешенного метода (WCA) оптимально по соотношению «затраты – результат»: WCA (1,41) > BSR (1,40) > MDR/MPR (1,21).

Очень важно учитывать эффективность при принятии решений. Если эффективность > 1 (как в нашем примере), методы управления рисками окупаются. Если < 1, то подход убыточен (экономия не покрывает затрат).

Допустим, затраты на метод управления составляют \$100 тыс., а экономия от снижения риска \$120 тыс., в этом случае эффективность  $120 / 100 = 1,2$ . Это значит, что на каждый вложенный доллар мы зарабатываем \$1,2 (чистая выгода +\$0,2).

Результаты данного исследования подтверждают, что комбинированный взвешенный метод (WCA) превосходит традиционные подходы (MDR, MPR, BSR) по эффективности распределения бюджета, что согласуется с современными тенденциями в управлении рисками. Однако его эффективность может быть дополнительно проверена в сравнении с другими гибридными методами, такими как HOR-MOORA или Fuzzy ANP-TOPSIS, а также в динамических сценариях, например с использованием методов стохастического программирования. Возможно, WCA будет проще в реализации, чем Fuzzy VIKOR, который требует нечетких оценок, или WCA требует меньше данных, чем PROMETHEE-GA, где нужна настройка генетического алгоритма. Если WCA даст сопоставимые результаты при меньших вычислительных затратах, то это будет сильным аргумен-

том для его использования в условиях ограниченных ресурсов.

Сравнение с другими гибридными методами может выявить слабые места WCA, которые можно доработать. Например, если Fuzzy VIKOR лучше работает с качественными данными, можно добавить в WCA нечеткую логику. Если PROMETHEE-GA эффективнее в многоэтапных сценариях, можно модифицировать WCA для динамических условий.

Гибкость комбинированного взвешенного метода (WCA) – возможность настройки весов – делает его применимым в разных отраслях, что соответствует выводам исследований по адаптивным моделям управления рисками. Однако, как и в случае с ANP и DEMATEL, метод требует экспертных оценок для определения весов, что может вносить субъективность.

В отличие от динамических моделей (например байесовских сетей) WCA не учитывает изменяющиеся во времени риски, что может быть направлением для дальнейших исследований.

Интеграция WCA с AI-моделями (машинное обучение для прогнозирования рисков) могла бы повысить точность расчетов.

Дальнейшие исследования подробного сопоставления с существующими современными альтернативными методами помогут понять, когда WCA не подходит и нужно использовать более сложные модели, и дадут направления для улучшения WCA (например добавление нечеткой логики или динамической оптимизации).

Разработанный в статье комбинированный взвешенный метод (WCA) может

быть полезным инструментом в условиях концепции логистического каркаса, где стандартизация и цифровая интеграция цепей поставок требуют адаптивных механизмов оценки и минимизации рисков для обеспечения бесперебойности товаропотоков [18, 19].

**Заключение.** Управление рисками в цепях поставок требует баланса между затратами и устойчивостью, особенно в условиях ограниченного бюджета. Для этого применяются количественные и качественные методы, включая многокритериальные модели принятия решений (АНР, PROMETHEE, TOPSIS), генетические алгоритмы, нечеткую логику и вероятностные модели. Эти подходы помогают оценивать риски, оптимизировать ресурсы и выбирать стратегии, учитывая противоречивые критерии, такие как стоимость и надежность.

В статье проведен сравнительный анализ трех традиционных подходов к выбору методов управления рисками:

- наиболее опасный риск (Most Dangerous Risk – MDR) – ранжирование по потенциальному ущербу;
- самый эффективный ответ (Most Profitable Response – MPR) – выбор методов с максимальной абсолютной экономией;
- лучший коэффициент экономии (Best Saving Ratio – BSR) – оптимизация по коэффициенту экономии.

Выявлены их ключевые ограничения: MDR фокусируется на критических рисках без учета бюджета, MPR максимизирует экономию, но игнорирует рен-

табельность, а BSR оптимизирует затраты, но может упускать значимые угрозы.

Для устранения этих недостатков предложен комбинированный взвешенный метод (Weighted Combined Approach – WCA), интегрирующий три критерия: абсолютную экономию, коэффициент экономии и затраты. Его разработка представляет собой научную новизну.

Изначальная гипотеза заключалась в том, что комбинированный подход превзойдет традиционные методы по эффективности распределения бюджета. Результаты подтвердили это, так как комбинированный взвешенный метод обеспечил эффективность 1,41, что выше, чем у *наиболее опасный риск* (MDR) / *самый эффективный ответ* (MPR) (1,21) и *лучший коэффициент экономии* (BSR) (1,40), сокращение затрат на 26 % (с \$193 тыс. до \$143 тыс.) без потери качества управления рисками, что подтверждает его практическую значимость. Метод продемонстрировал гибкость – веса критериев можно адаптировать под приоритеты конкретной компании.

Использование данного метода будет оптимально для компаний с жесткими бюджетными ограничениями. Веса в формуле рекомендуется корректировать, адаптируя метод под стратегические цели (например агрессивное снижение рисков или строгую экономию).

Дальнейшие исследования могут быть направлены на адаптацию комбинированного взвешенного метода (Weighted Combined Approach – WCA) к динамическим условиям и интеграцию с AI-моделями для прогнозирования рисков.

### Список источников

1. Qazi A., Quigley J., Dickson A. Cost-Effectiveness and Manageability Based Prioritisation of Supply Chain Risk Mitigation Strategies. Chapter In: Khojasteh, Y. (eds) Supply Chain Risk Management. Springer, Singapore. 2018. P. 23–42. DOI: 10.1007/978-981-10-4106-8\_2.
2. Ценина Е., Сантикова А. Оценка эффективности функционирования логистической системы с помощью управления рисками // Логистика. 2016. № 12 (121). С. 46–48. EDN: XEGMBD.
3. Zhang L., Khadidos A., Mohamed M. Application of multi-attribute decision-making methods based on normal random variables in supply chain risk management // Ap-

- plied Mathematics and Nonlinear Sciences. 2022. Vol. 7, N 2. P. 373–382. DOI: 10.2478/amns.2021.2.00061.
4. Jadhav P., Shelke A., Sonar C. Supply chain risk mitigation: Rescheduling the risky suppliers using multi criteria linear goal programming. AIP Conference Proceedings Nucleation and Atmospheric Aerosols. 2022, 2424. 050006. DOI: 10.1063/5.0076797.
  5. Pujawan N., Geraldin L. House of risk: A model for proactive supply chain risk management // Business Process Management Journal. 2009. N 15 (6). DOI: 10.1108/14637150911003801.
  6. Puji A.A. Supply Chain Risk Mitigation Based on The Integration of House of Risk and MOORA // Jurnal Teknik Industri. 2024. Vol 25, N 2. P. 145–160. DOI: 10.22219/JTIUMM.Vol25.No2.145-160.
  7. Al-Zuheri A., Ketan H.S., Alwan L.L. Analysis Effect of Parameters of Genetic Algorithm on a Model for Optimization Design of Sustainable Supply Chain Network Under Disruption Risks // Management Systems in Production Engineering. 2024. Vol. 32 (2). P. 252–264. DOI: 10.2478/mspe-2024-0025.
  8. Robust optimization of a closed-loop supply chain network based on an improved genetic algorithm in an uncertain environment / J. Sun [et al.] // Computers and Industrial Engineering. 2024. Vol. 189. P. 109997. DOI: 10.1016/j.cie.2024.109997.
  9. Баранов Л.А., Иванова Н.Д., Михалевич И.Ф. Нечеткая система оценки рисков информационной безопасности интеллектуальных систем водного транспорта // Автоматика на транспорте. 2024. № 1. С. 7–17. DOI: 10.20295/2412-9186-2024-10-01-7-17
  10. Фам В.Т. Применение модели нечеткой логики для системы оценки рисков // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 4 (118). С. 83–86. EDN: WUEXXY.
  11. Mukherjee S., De A., Roy S. Service quality management under risk prioritization and imprecise information: a hybrid fuzzy approach // TQM Journal. 2024. DOI: 10.1108/TQM-07-2024-0245.
  12. Ulfah M., Ferdinand P., Trenggonowati D., et al. Supply-chain risk mitigation with integration House of Risk and fuzzy logic: A case study in bakery industry // Journal Industrial Servicess. 2022. Vol. 8 (2). P. 151. DOI: 10.36055/jiss.v8i2.17393.
  13. An Analytical Risk Mitigation Framework for Steel Fabrication Supply Chains Using Fuzzy Inference and House of Risk / F. Ramadhan [et al.] // Supply Chain Analytics. 2025. Vol. 10. 100122. DOI: 10.1016/j.sca.2025.100122.
  14. Lee J., Moon I. Supplier selection and order allocation problems considering regional and supplier disruptions with a risk-averse strategy // Computers & Industrial Engineering. 2024. Vol. 187. 109810. DOI: 10.1016/j.cie.2023.109810.
  15. Taschner A., Charifzadeh M. Risk Management in Supply Chains. Chapter In: Management Accounting in Supply Chains. Springer Gabler, Wiesbaden. 2020. DOI: 10.1007/978-3-658-28597-5\_7.
  16. Merath M. Decision-making in supply risk and supply disruption management. In: Bode C., Bogaschewsky R., Eßig M., et al. (eds). Supply Management Research. Advanced Studies in Supply Management. Springer Gabler, Wiesbaden. 2020. P. 27–40. DOI: 10.1007/978-3-658-31898-7\_2.
  17. Gonen A. Selecting a Response Plan Under Budget Constraints. Chapter In: Risk Management – Current Issues and Challenges. InTech. 2012. DOI: 10.5772/2568.
  18. Гришкова Д.Ю., Чигрин Н.С. Анализ логистических рисков в условиях переориентации грузопотоков в восточном направлении // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2024. № 2. С. 83–89. DOI: 10.36718/2500-1825-2024-2-83-89.

19. Лукиных В.Ф., Малыгин Д.С. Концепция логистического каркаса // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2023. № 2 (28). С. 117–126. DOI: 10.36718/2500-1825-2023-2-117-126. EDN: CAQVUP.

### **References**

1. Qazi A., Quigley J., Dickson A. Cost-Effectiveness and Manageability Based Prioritisation of Supply Chain Risk Mitigation Strategies. Chapter In: Khojasteh, Y. (eds) Supply Chain Risk Management. Springer, Singapore. 2018. P. 23–42. DOI: 10.1007/978-981-10-4106-8\_2.
2. Tsenina E., Santikova A. Otsenka ehffektivnosti funktsionirovaniya logisticheskoi sistemy s pomoshch'yu upravleniya riskami // Logistika. 2016. № 12 (121). S. 46–48. EDN: XEGMBD.
3. Zhang L., Khadidos A., Mohamed M. Application of multi-attribute decision-making methods based on normal random variables in supply chain risk management // Applied Mathematics and Nonlinear Sciences. 2022. Vol. 7, N 2. P. 373–382. DOI: 10.2478/amns.2021.2.00061.
4. Jadhav P., Shelke A., Sonar C. Supply chain risk mitigation: Rescheduling the risky suppliers using multi criteria linear goal programming. AIP Conference Proceedings Nucleation and Atmospheric Aerosols. 2022, 2424. 050006. DOI: 10.1063/5.0076797.
5. Pujawan N., Geraldin L. House of risk: A model for proactive supply chain risk management // Business Process Management Journal. 2009. N 15 (6). DOI: 10.1108/14637150911003801.
6. Puji A.A. Supply Chain Risk Mitigation Based on The Integration of House of Risk and MOORA // Jurnal Teknik Industri. 2024. Vol 25, N 2. P. 145–160. DOI: 10.22219/JTIUMM.Vol25.No2.145-160.
7. Al-Zuheri A., Ketan H.S., Alwan L.L. Analysis Effect of Parameters of Genetic Algorithm on a Model for Optimization Design of Sustainable Supply Chain Network Under Disruption Risks // Management Systems in Production Engineering. 2024. Vol. 32 (2). P. 252–264. DOI: 10.2478/mspe-2024-0025.
8. Robust optimization of a closed-loop supply chain network based on an improved genetic algorithm in an uncertain environment / J. Sun [et al.] // Computers and Industrial Engineering. 2024. Vol. 189. P. 109997. DOI: 10.1016/j.cie.2024.109997.
9. Baranov L.A., Ivanova N.D., Mikhalevich I.F. Nechetkaya sistema otsenki riskov informatsionnoi bezopasnosti intellektual'nykh sistem vodnogo transporta // Avtomatika na transporte. 2024. № 1. S. 7–17. DOI: 10.20295/2412-9186-2024-10-01-7-17
10. Fam V.T. Primenenie modeli nechetkoi logiki dlya sistemy otsenki riskov // Nauka i biznes: puti razvitiya. 2021. № 4 (118). S. 83–86. EDN WUEXXY.
11. Mukherjee S., De A., Roy S. Service quality management under risk prioritization and imprecise information: a hybrid fuzzy approach // TQM Journal. 2024. DOI: 10.1108/TQM-07-2024-0245.
12. Ulfah M., Ferdinand P., Trenggonowati D., et al. Supply-chain risk mitigation with integration House of Risk and fuzzy logic: A case study in bakery industry // Journal Industrial Servicess. 2022. Vol. 8 (2). P. 151. DOI: 10.36055/jiss.v8i2.17393.
13. An Analytical Risk Mitigation Framework for Steel Fabrication Supply Chains Using Fuzzy Inference and House of Risk / F. Ramadhan [et al.] // Supply Chain Analytics. 2025. Vol. 10. 100122. DOI: 10.1016/j.sca.2025.100122.
14. Lee J., Moon I. Supplier selection and order allocation problems considering regional and supplier disruptions with a risk-averse strategy // Computers & Industrial Engineering. 2024. Vol. 187. 109810. DOI: 10.1016/j.cie.2023.109810.



15. Taschner A., Charifzadeh M. Risk Management in Supply Chains. Chapter In: Management Accounting in Supply Chains. Springer Gabler, Wiesbaden. 2020. DOI: 10.1007/978-3-658-28597-5\_7.
16. Merath M. Decision-making in supply risk and supply disruption management. In: Bode C., Bogaschewsky R., Eßig M., et al. (eds). Supply Management Research. Advanced Studies in Supply Management. Springer Gabler, Wiesbaden. 2020. P. 27–40. DOI: 10.1007/978-3-658-31898-7\_2.
17. Gonen A. Selecting a Response Plan Under Budget Constraints. Chapter In: Risk Management – Current Issues and Challenges. InTech. 2012. DOI: 10.5772/2568.
18. Grishkova D.YU., Chigrin N.S. Analiz logisticheskikh riskov v usloviyakh pereorientatsii gruzopotokov v vostochnom napravlenii // Sotsial'no-ehkonomicheskii i humanitarnyi zhurnal. 2024. № 2. S. 83–89. DOI: 10.36718/2500-1825-2024-2-83-89.
19. Lukinykh V.F., Malygin D.S. Kontseptsiya logisticheskogo karkasa // Sotsial'no-ehkonomicheskii i humanitarnyi zhurnal. 2023. № 2 (28). S. 117–126. DOI: 10.36718/2500-1825-2023-2-117-126. EDN: CAQVUP.

Статья принята к публикации 04.06.2025 /  
The article has been accepted for publication 04.06.2025.

Информация об авторе:

**Екатерина Владимировна Ценина**, доцент кафедры предпринимательства и логистики, кандидат экономических наук, доцент

Information about the authors:

**Ekaterina Vladimirovna Tsenina**, at the Entrepreneurship and Logistics Department, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

