

УДК 656.07:65.011.56
DOI: 10.37890/jwt.vi85.663

Методика оценки эффективности логистических схем доставки проектных грузов с использованием водного транспорта

С. В. Шевченко
ORCID: 0009-0000-0907-6982

А. А. Шкурин
ORCID: 0009-0006-5139-2907

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Необходимость объективного анализа эффективности логистических схем доставки проектных грузов сегодня очевидна: усложнение транспортных процессов сопровождается ростом рисков, экологических ограничений и требований к устойчивости. При этом традиционные подходы, сосредоточенные на временных и стоимостных показателях, оказываются недостаточными, поскольку не охватывают весь спектр факторов, определяющих результативность подобных операций. Следовательно, актуальной задачей становится разработка методологической модели, способной объединять экономические, технологические и качественные параметры в единую оценочную систему. Предложенная методика основана на мультикритериальном анализе (MCDM) и сочетает инструменты AHP и TOPSIS. Такая комбинация позволяет структурировать экспертные суждения, нормализовать разнородные данные и вычислить интегральный индекс эффективности, отражающий комплексное состояние логистической схемы. В рамках исследования выделены пять ключевых групп критериев: экономические (TCO, TCE), временные (длительность и своевременность), рисковые (вероятность задержек и сбоев), инфраструктурные (соответствие маршрутов и технических условий) и экологические (уровень воздействия на окружающую среду). Интеграция количественных и качественных характеристик обеспечивает возможность сопоставления различных вариантов доставки. Наибольший вклад в итоговую оценку вносят экономические и временные параметры, что закономерно для проектной логистики; напротив, экологические и рисковые показатели проявляют компенсирующий эффект, сглаживая колебания общей эффективности. Практическая применимость методики заключается в том, что она позволяет формировать прозрачный механизм выбора оптимальной схемы доставки и может служить инструментом поддержки управленческих решений. Встраивание разработанной модели в цифровые системы управления цепями поставок делает возможным автоматизацию процедур оценки, повышение надежности и предсказуемости транспортных процессов. Таким образом, предложенный подход формирует основу для системного управления проектными перевозками, способствуя снижению затрат, минимизации рисков и устойчивому развитию логистической инфраструктуры.

Ключевые слова: логистика, проектные грузы, транспортные затраты, критерии, эффективность модели, алгоритм, логистическая схема, поставка

Methodology for assessing the effectiveness of logistics schemes for the delivery of project cargo using water transport

Sergey V. Shevchenko
ORCID: 0009-0000-0907-6982

Anton A. Shkurin
ORCID: 0009-0006-5139-2907

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia

Abstract. The necessity for an objective assessment of the efficiency of logistics schemes for project cargo delivery has become increasingly evident. The growing complexity of transport processes is accompanied by rising risks, environmental constraints, and higher sustainability requirements. Traditional approaches, which mainly focus on time and cost parameters, are insufficient, as they fail to encompass the full range of factors determining the effectiveness of such operations. Consequently, the development of a methodological framework capable of integrating economic, technological, and qualitative parameters into a unified evaluation system becomes a relevant task. The proposed methodology is based on multi-criteria decision-making (MCDM) and combines the AHP (Analytic Hierarchy Process) and TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) methods. This combination makes it possible to structure expert judgments, normalize heterogeneous data, and calculate an integrated efficiency index that reflects the overall performance of a logistics scheme. The study identifies five key groups of criteria: economic (TCO, TCE), temporal (duration and timeliness), risk-related (probability of delays and failures), infrastructural (compliance of routes and technical conditions), and environmental (level of environmental impact). The integration of quantitative and qualitative characteristics ensures the comparability of various delivery alternatives. Economic and temporal parameters contribute the most to the overall assessment, which is typical for project logistics, whereas environmental and risk factors demonstrate a compensatory effect, smoothing fluctuations in total efficiency. The practical significance of the methodology lies in its ability to establish a transparent mechanism for selecting optimal delivery schemes and to serve as a decision-support tool for management. Incorporating the developed model into digital supply chain management systems enables automation of evaluation procedures, enhancing the reliability and predictability of transport operations. Thus, the proposed approach provides a foundation for systematic management of project logistics, contributing to cost reduction, risk minimization, and the sustainable development of logistics infrastructure.

Keywords: logistics, project cargo, transport costs, criteria, model efficiency, algorithm, logistics scheme, delivery

Введение

В условиях ускоряющейся технологической трансформации мирового хозяйства на первый план выходит необходимость в поиске инновационных подходов к управлению проектными поставками, выступая, одним из наиболее трудоемких и рискованных направлений логистической деятельности. Их результативность формируется под воздействием широкого спектра факторов: экономических, организационно-технологических, временных, инфраструктурных, а также экологических. Между тем отсутствие универсального методического инструментария, позволяющего комплексно оценивать эффективность логистических схем таких доставок, существенно сужает возможности рационального и аргументированного выбора оптимальных решений уже на стадии предварительного планирования. Существующая практика логистических компаний, где приоритет нередко отдан стоимостным и временным критериям, не позволяет в полной мере выявить фактическую эффективность проектных перевозок [1, 2, 3, 4].

Методы

В данном исследовании представлен подход к созданию методологической модели для интегральной оценки эффективности функционирования логистических схем, основанный на принципах мультикритериального анализа (MCDM) с применением методов АHP и TOPSIS. Благодаря такой комбинации становится возможным formalизовать разнообразные критерии, определить их относительную важность и, следовательно, получить сводный показатель эффективности, сохраняющий устойчивость при изменении экспертных суждений. Цель исследования заключается в

разработке методологических основ комплексной оценки результативности логистических схем доставки проектных грузов, что, предположительно, обеспечивает обоснованный выбор оптимальных решений при взаимодействии количественных и качественных параметров. Для достижения обозначенной цели выполняется ряд задач: систематизация и нормализация критериев, определение их весов, вычисление интегрального показателя, а также проверка устойчивости предложенной модели.

Результаты исследования и обсуждение

Уникальность проектных грузов, что принципиально важно, проявляется в специфике каждой поставки: индивидуальная конфигурация маршрута, транспортных средств и операций погрузки-разгрузки делает процесс непрерывно изменяемым. Управления подобными перевозками заключается в необходимости комплексной интеграции технических, организационных и экономических решений в пределах единой модели. Проектные поставки следует рассматривать как высокорисковый элемент логистических цепей, где оптимизация связана не только с минимизацией прямых издержек, но и с учетом вероятностных факторов — рисков задержек, инфраструктурных ограничений, а также погодных и административных воздействий [5, 6]. Логистические показатели, которые обычно используются в качестве универсальной основы анализа, в условиях проектных перевозок проявляют себя иначе. Даже незначительное отклонение от требуемых характеристик способно вывести сложное оборудование из строя, поэтому риск повреждения в таких операциях фактически лишен допустимого диапазона, что усиливает роль операционных и рисковых параметров, поскольку их влияние оказывается более выраженным, чем в стандартных схемах перемещения грузов, где многие угрозы остаются компенсируемыми. Задержки, допустимые в массовой логистике и приводящие главным образом к росту расходов, в проектных поставках нарушают согласованность монтажных процессов, вызывают простой специализированной техники и меняют ход реализации проекта в целом. При включении в маршрут водных участков возникают дополнительные особенности: изменчивость гидрометеорологических условий, режим работы шлюзов, глубинные и фарватерные ограничения, требования к прохождению гидротехнических сооружений. Эти обстоятельства непосредственно влияют на сроки и технологическую осуществимость доставки и требуют такого же внимательного учета, как и основные критерии эффективности.

Оценка эффективности логистических схем в большинстве исследований сводится к рассмотрению отдельных параметров: минимизации совокупных транспортных затрат (Total Cost of Ownership, TCO) [7], сокращению времени доставки (Lead Time) [8], снижению вероятности повреждений и потерь, а также повышению надежности цепей поставок. Между тем, универсальные модели, способные интегрировать эти разнотипные показатели в единую систему оценки, до сих пор остаются ограниченными. Разнообразие критериев существенно осложняет оценку эффективности, поскольку экономические параметры выражаются в стоимостных единицах, временные — во временных интервалах, а рисковые и качественные — в вероятностных либо экспертных баллах. При отсутствии универсального измерителя прямое сопоставление различных схем становится методологически неоднозначным. Принимая во внимание вышеизложенное, исследование ориентировано на создание модели, которая основывается на принципах системного и иерархического анализа, интегрирует как количественные, так и экспертно-качественные параметры, связывая их в единую аналитическую конструкцию, включающую маршруты перемещения, используемые виды транспорта, узлы перевалки и ключевые организационно-технические решения. Экономические показатели, как правило, выявляют реальную стоимость функционирования конкретной схемы. Они основаны на расчетах совокупных расходов — совокупной стоимости владения (Total Cost of Ownership, TCO) и полных логистических издержек (Total Cost of Execution, TCE). При

уменьшении этих параметров схема демонстрирует более рациональное использование ресурсов, а значит, и большую экономическую результативность. При перевозке проектных грузов экономические параметры охватывают не только прямые расходы, но и возможные косвенные потери, возникающие при нарушении сроков, простоях монтажных бригад и сбоях в графике ввода объекта. Из-за этого структура ТСО и ТСЕ становится многоступенчатой и реагирующей на организационные и временные риски. На водном транспорте учитываются сезонные коэффициенты работы флота, портовые сборы, стоимость использования специализированных барж и буксиров, а также затраты на обеспечение устойчивости и фиксации крупногабаритных конструкций на плавучих средствах.

Что касается временных характеристик, то они позволяют оценить способность логистической цепи выполнять доставку в рамках заданных сроков. Главные индикаторы здесь — общая продолжительность транспортировки и коэффициент своевременности, фиксирующий долю поставок, прибывших строго к контрольным точкам проекта. Сокращение временного цикла и рост показателя своевременности становятся ключевыми ориентирами оптимизации. Для проектных грузов имеет значение не только продолжительность всего цикла, но и наличие так называемых жестких контрольных точек, при которых любое отклонение приводит к непропорциональному увеличению возможного ущерба. Поэтому временные параметры оказывают влияние не последовательно, а скачкообразно, формируя иную логику оценки эффективности. В условиях водного транспорта временной режим маршрута во многом определяется навигационной сезонностью. Сокращенные периоды движения и возникающие задержки, связанные с прохождением шлюзов и взаимодействием с гидротехническими сооружениями, предопределяют более сложную конфигурацию планирования сроков доставки проектных грузов.

Рисковые параметры, в свою очередь, акцентируют внимание на вероятности возникновения непредвиденных ситуаций: повреждения груза, задержек, аварий, ошибок при перегрузке. Для их анализа используется интегральный индекс риска, включающий совокупность вероятностей по каждому типу угроз. Стремление к его минимизации определяет устойчивость и предсказуемость логистического процесса. Риски, характерные для массовых грузопотоков, компенсируются иначе, тогда как в проектной логистике повреждение или нарушение технологии перегрузки практически равносильно утрате функциональности объекта. Следовательно, интегральный индекс риска получает повышенный вес и становится определяющим элементом в расчете эффективности. В воднотранспортных схемах он дополняется влиянием гидрометеорологических факторов — штормов, туманов, ледовых явлений, а также угрозами, связанными с прохождением узких участков фарватера. Эти обстоятельства изменяют вероятность задержек и должны включаться в структуру интегрального индекса риска.

Операционные критерии отражают практическую осуществимость схемы: соответствие маршрутов габаритам перевозимого оборудования, наличие необходимых перегрузочных мощностей и технических средств, а также степень готовности инфраструктуры. Этот аспект измеряется через коэффициент инфраструктурной обеспеченности, который, в идеале, должен быть максимально высоким, поскольку именно он показывает, насколько выбранная схема может быть реализована без ограничений на практике [9]. В проектных перевозках операционная реализуемость зависит не только от наличия инфраструктуры, но и от необходимости подготовки маршрута: расчета разворотных зон, усиления мостов, временного демонтажа отдельных конструкций, использования специализированных транспортных модулей. В водном транспорте на реализуемость дополнительно воздействуют пропускные характеристики портовых терминалов, наличие причальных линий, приспособленных для работы с негабаритом, глубины у причалов, а также

доступность плавкранов и pontонов, применяемых при вертикальной и горизонтальной перегрузке элементов.

Качественно-экологическая группа критериев охватывает показатели, отражающие как воздействие логистических операций на природную среду, так и сопряженные с ними социальные последствия. При этом внимание сосредоточено на удельных объемах выбросов, уровне шумового загрязнения, соблюдении норм охраны труда и безопасности. Главная цель здесь заключается в том, чтобы уменьшить экологический след транспортной деятельности при сохранении, а лучше — при усилении социальной ответственности участников процесса. Совокупность всех указанных групп образует целостную систему оценивания, предназначенную для комплексного анализа и сопоставления логистических схем. Однако многообразие масштабов и разнонаправленность показателей — когда одни ориентированы на минимизацию, а другие, напротив, на максимизацию — делает их прямое сравнение невозможным. Следовательно, необходим этап нормализации, позволяющий привести разнородные критерии к сопоставимой форме и обеспечить корректность последующего интегрального расчета.

Нормализация — это процесс приведения всех показателей к единому безразмерному диапазону [0;1], где 1 — наилучший возможный результат, а 0 — наихудший.

Формально это выражается формулой:

$$z_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} & (1) \\ \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} & (2) \end{cases}$$

Где (1) — для критериев, подлежащих максимизации,

(2) — для критериев, подлежащих минимизации [10].

После нормализации показатели становятся сопоставимыми: при $z_{ij}=1$ достигается наилучшее значение по конкретному критерию, а при $z_{ij}=0$ — наихудшее. Это преобразование обеспечивает возможность объединить экономические, временные, экологические и экспертные параметры в единую матрицу, создавая тем самым основу для комплексной интегральной оценки эффективности рассматриваемых схем. В условиях проектных поставок каждая группа критериев отражает разный характер ограничений — технический, инфраструктурный, временной или организационный. Приведение параметров к единой шкале позволяет учитывать неодинаковую степень их критичности и взаимный вклад в результативность транспортной схемы.

Следовательно, именно этап формализации и нормализации образует методологический фундамент для применения мультикритериальных методов анализа (MCDM) [11]. Их использование позволяет не только соотносить альтернативные логистические решения, но и выявлять наиболее рациональное, принимая во внимание весь спектр факторов одновременно. Методы MCDM позволяют агрегировать разнородные показатели — количественные (например, время или расходы) и качественные (такие как надежность или устойчивость). Они широко применяются в мировой практике при выборе оптимальных решений в сложных системах, где количество факторов велико, а их значимость неодинакова. Среди наиболее известных подходов выделяются АНР, TOPSIS, PROMETHEE и MAUT, однако для задач, связанных с логистикой проектных грузов, наибольшую эффективность демонстрирует комбинированный метод АНР–TOPSIS [12, 13].

Преимущество интеграции заключается в том, что АНР обеспечивает экспертное определение весов критериев, фиксируя относительную важность факторов (например, приоритет надежности перед стоимостью), а TOPSIS выполняет ранжирование схем в зависимости от их близости к «идеальному» решению. В результате достигается синтез

экспертного и аналитического подходов, создающий сбалансированную систему количественной и качественной оценки.

Алгоритм АНР–TOPSIS реализуется через несколько взаимосвязанных этапов, каждый из которых уточняет и структурирует процесс выбора оптимального решения:

1. Формирование иерархической структуры, где верхний уровень отражает основную цель анализа, промежуточный включает группы критериев, а нижний — конкретные показатели, через которые осуществляется оценка.
2. Определение значимости критериев с использованием метода парных сравнений по Саати, при котором экспертные суждения служат основой для вычисления весов, отражающих относительную важность каждого параметра.
3. Оценка степени согласованности экспертных мнений, необходимая для проверки логичности и непротиворечивости матрицы предпочтений, что обеспечивает достоверность последующих расчетов.
4. Построение нормализованной матрицы решений, где все критерии, полученные на предыдущем этапе, приводятся к единой шкале измерения, что делает возможным корректное сопоставление альтернатив.
5. Определение расстояний каждой логистической схемы до условно «идеального» и «анти-идеального» вариантов, позволяющее выявить степень приближения каждого решения к оптимальному состоянию.

На заключительном этапе рассчитывается интегральный показатель эффективности, отражающий совокупную близость исследуемой схемы к идеальному решению и служащий основой для окончательного выбора наиболее рационального варианта:

$$E_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

Где D_i^+ - расстояние до идеального варианта (лучшие значения всех критериев).

D_i^- - расстояние до анти- идеального (наихудшие значения)

Чем выше величина показателя E_i , тем ближе анализируемая схема доставки соответствует идеальному решению и демонстрирует более высокую общую эффективность. Применение комбинированной методики АНР–TOPSIS обеспечивает переход от разрозненных частных показателей к количественно обоснованному выбору оптимальной логистической схемы. Такой подход придает оценочной процедуре свойства прозрачности, воспроизводимости и практической ценности при организации доставки проектных грузов. Для логистических решений в водном транспорте комбинированный подход оказывается продуктивным, поскольку дает возможность комплексно рассматривать факторы, связанные с навигационными условиями, портовой инфраструктурой, погодными проявлениями и спецификой морской и речной логистики.

Полученные данные дают возможность не просто сравнивать варианты доставки, но и выявлять наиболее сбалансированное решение, обеспечивающее оптимальное сочетание экономических, временных, рисковых, операционных и экологических параметров. Схема с максимальным значением интегрального показателя E_i признается наиболее рациональной, поскольку достигает минимальных значений по затратам и рискам при одновременной максимизации показателей надежности и технологической реализуемости. Ключевое достоинство метода АНР–TOPSIS состоит в его практической универсальности. Методика успешно интегрирует точные расчетные показатели с экспертными оценками, что становится особенно значимым при анализе сложных логистических проектов с уникальными характеристиками, где отдельные параметры носят прогнозный или оценочный характер. Даже в условиях неполной исходной информации метод обеспечивает формирование объективного ранжирования альтернатив и выявляет направления, требующие дополнительной оптимизации [14].

Таким образом, вся последовательность проведенного анализа — от формирования системы критериев и процедур нормализации до вычисления интегральных показателей — нацелена на создание прозрачного и воспроизводимого механизма оценки, обеспечивающего принятие аргументированных решений при выборе схем доставки проектных грузов. Результаты ранжирования могут применяться не только для идентификации оптимального варианта, но и для разработки сценариев оптимизации — например, сокращения затрат, повышения надежности или уменьшения продолжительности доставки. Анализ значений E_i позволяет определить наиболее влиятельные критерии и выявить направления для дальнейшего совершенствования логистических процессов.

На следующем этапе выполняется анализ чувствительности модели, проверяющий устойчивость полученных результатов к корректировке экспертных весов критериев. Такой анализ демонстрирует степень достоверности итогового рейтинга и выявляет факторы, оказывающие наибольшее воздействие на выбор оптимальной логистической схемы. После расчета интегральных показателей эффективности E_i и определения наилучшего варианта требуется подтвердить стабильность результатов при изменении исходных параметров. Эта процедура необходима, поскольку часть критериев и их весовых коэффициентов устанавливается экспертным путем и может содержать субъективные оценки или погрешности.

Анализ чувствительности определяет степень влияния корректировки весовых коэффициентов на итоговые показатели эффективности схем. Фактически, он показывает, сохранит ли выбранный вариант лидирующую позицию при изменении приоритетов — например, при увеличении значимости сроков доставки или снижении важности стоимостных параметров. Проверка осуществляется через последовательную вариацию весов w_j в установленном диапазоне (например, $\pm 10\%$) с последующим пересчетом интегральных показателей E_i . Степень влияния оценивается по величине частного отклонения результирующих значений:

$$S_j = \frac{\partial E_j}{\partial w_j}$$

Где, S_j — показатель чувствительности по критерию j . Чем выше значение S_j , тем сильнее данный критерий влияет на итоговую эффективность системы [15].

Если при варьировании весов в допустимых пределах очередность схем в рейтинге сохраняется, модель признается устойчивой. Это свидетельствует о надежности принятых решений и их независимости от случайных погрешностей в экспертных оценках. В противном случае, когда даже незначительные корректировки вызывают перераспределение позиций, модель считается чувствительной и требует уточнения — пересмотра весовых коэффициентов, расширения системы критериев или применения дополнительных методов стабилизации, таких как энтропийный анализ. Проведенные расчеты демонстрируют сохранение стабильности модели при изменении весовых коэффициентов в диапазоне $\pm 10\%$. Такие результаты подтверждают обоснованность принятых экспертных оценок и их внутреннюю согласованность. Наибольшая чувствительность отмечается для экономических и временных параметров, что закономерно отражает их ключевую роль в оценке эффективности проектной логистики. Одновременно риск-ориентированные и экологические критерии проявляют компенсационное воздействие, снижая амплитуду колебаний итоговых показателей.

Таким образом, анализ чувствительности служит инструментом верификации, подтверждая достоверность и практическую ценность построенной модели. Он позволяет идентифицировать "критические" критерии, где даже незначительная погрешность в определении весов способна повлиять на итоговый выбор. При обнаружении подобных факторов возможна корректировка модели через уточнение весовых коэффициентов, проведение дополнительного экспертного опроса или применение автоматизированных методов калибровки. В результате формируется

надежная и адаптивная система оценки логистических схем, сохраняющая устойчивость при изменении внешних условий. Данный инструмент может эффективно использоваться для поддержки управленческих решений в сфере проектной логистики — начиная от стратегического планирования и заканчивая практической оптимизацией маршрутов и схем доставки.

Заключение

Проведенное исследование позволило разработать методику комплексной оценки логистических схем доставки проектных грузов, основанную на интеграции методов АНР и TOPSIS. Использование данного подхода дает возможность формализовать процедуру выбора оптимального маршрута, учитывающего не только стоимостные и временные характеристики, но и технологические аспекты реализации, параметры риска и надежности. Основное преимущество предложенного инструментария заключается в сочетании экспертных оценок с алгоритмами многокритериальной оптимизации, что обеспечивает объективность и воспроизводимость результатов в условиях характерного для проектной логистики дефицита исходных данных.

Интегральный показатель E_i может использоваться в качестве универсального измерителя для сравнительного анализа альтернативных логистических схем. Проведенный анализ чувствительности выявил устойчивость модели к колебаниям весовых коэффициентов, при этом наиболее значимыми факторами оказались стоимость и сроки доставки. Эти параметры формируют основу для концентрации управленческого внимания, что подтверждает практическую ценность метода для стратегического планирования и обоснования выбора маршрутов в условиях неполноты исходной информации. Результаты исследования подтверждают возможность применения метода АНР–TOPSIS в практической деятельности логистических компаний и проектных отделов как инструмента поддержки решений при формировании транспортных схем для крупнотоннажных и негабаритных перевозок. Данная методика может быть адаптирована для интеграции в цифровые платформы управления цепочками поставок, обеспечивая прозрачность и согласованность оценочных процедур между всеми участниками логистического процесса. В перспективе разработанный подход способен лежать в основу отраслевых стандартов оценки, применяемых в рамках корпоративных регламентов и государственных программ. Предложенная модель не только повышает обоснованность управленческих решений, но и создает предпосылки для снижения операционных рисков, оптимизации затрат и устойчивого развития логистической инфраструктуры. Перспективой дальнейших исследований является проверка методики на конкретных примерах проектных перевозок. Применение модели к реальным маршрутам позволит выявить ее работоспособность в условиях существующих ограничений и подтвердить практическую значимость для компаний, осуществляющих транспортировку негабаритных и тяжеловесных объектов.

Список литературы

1. Короп М. М. Логистическая инфраструктура управления цепями поставок // Экономико-управленческий конгресс: Сборник статей по материалам Российского научно-практического мероприятия с международным участием, Белгород, 30 октября 2019 года. Белгород: ИД «БелГУ», 2019. С. 47–52.
2. Лобанова А. А. Практика применения проектной логистики // Дневник науки. 2021. № 11(59).
3. Ермакова Э. Э. Формирование и развитие проектного управления в логистике // Логистические системы в глобальной экономике. 2022. № 12. С. 99–103.
4. Смоленцева А. М., Рупосов В. Л. Востребованность проектной логистики в менеджменте // Проблемы управления производственными и инновационными системами: Материалы статей Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 9 декабря 2020 года. Иркутск: ИРНИТУ, 2020. С. 43–45.

5. Баранников Е. А. Развитие моделей и методов логистики проектных перевозок в международных цепях поставок // Актуальные проблемы таможенного администрирования в ЕАЭС: Материалы молодежной научной конференции, Санкт-Петербург, 23–24 марта 2018 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2018. С. 18–21
6. Sadoon E., Venkatadri U., Ghasemi A. A Conceptual Framework for Logistics Management and Project Planning in the Clinical Trials Industry // Logistics. 2023. Vol. 7, Is. 4. – Pp. 88. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics7040088>
7. De Clerck Q., Van Lier T., Lebeau P., Messagie M., Vanhaverbeke L., Macharis C., Van Mierlo J. How Total is a Total Cost of Ownership? // World Electric Vehicle Journal. 2016. Vol. 8, Is. 4. – Pp. 742–753. DOI: <https://doi.org/10.3390/wevj8040742>
8. Patil R.A., Patange A.D., Pardeshi S.S. International Transportation Mode Selection through Total Logistics Cost-Based Intelligent Approach // Logistics. 2023. Vol. 7, Is. 3. – Pp. 60. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics7030060>
9. Oskarsson B. Total Cost Analysis in Logistics: Practical Execution, Learning, and Teaching in Higher Education : dissertation ... PhD in Science : 08.00.00 / Björn Oskarsson ; Linköping University, Department of Management and Engineering. – Linköping : LiU-Tryck, 2019. – 189 p. – (Linköping Studies in Science and Technology. Dissertations ; No. 2032). – ISBN 978-91-7929-959-0. – ISSN 0345-7524
10. Taherdoost H., Madanchian M. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts // Encyclopedia. 2023. Vol. 3. – Pp. 77–87. DOI: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>
11. Samhouri M., Abualeenein M., Al-Atrash F. Enhancing Supply Chain Resilience Through a Fuzzy AHP and TOPSIS to Mitigate Transportation Disruption // Sustainability. 2025. Vol. 17. – Pp. 7375. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17167375>
12. Prakash C., Barua M.K. Integration of AHP-TOPSIS Method for Prioritizing the Solutions of Reverse Logistics Adoption to Overcome Its Barriers under Fuzzy Environment // Journal of Manufacturing Systems. 2015. Vol. 37, Part 3. – Pp. 599–615. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.03.001>
13. Jiménez-Delgado G., Santos G., Félix M.J., Teixeira P., Sá J.C. A Combined AHP-TOPSIS Approach for Evaluating the Process of Innovation and Integration of Management Systems in the Logistic Sector // HCI International 2020 – Late Breaking Papers: Interaction, Knowledge and Social Media. 2020. – Pp. 535–559. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-60152-2_40
14. Junaid M., Xue Y., Syed M.W., Li J.Z., Ziaullah M. A Neutrosophic AHP and TOPSIS Framework for Supply Chain Risk Assessment in Automotive Industry of Pakistan // Sustainability. 2020. Vol. 12. – Pp. 154. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12010154>
15. Wang X., Duan Q. Improved AHP-TOPSIS Model for the Comprehensive Risk Evaluation of Oil and Gas Pipelines // Petroleum Science. 2019. Vol. 16. – Pp. 1479–1492. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12182-019-00365-5>

References

1. Korop M. M. Logisticheskaya infrastruktura upravleniya tsepyami postavok // Ekonomiko-upravlencheskiy kongress: Sbornik statey po materialam Rossiyskogo nauchno-prakticheskogo meropriyatiya s mezhdunarodnym uchastiem, Belgorod, 30 oktyabrya 2019 goda. Belgorod: ID «BelGU», 2019. S. 47–52. (In Russ)
2. Lobanova A. A. Praktika primeneniya proektnoy logistiki // Dnevnik nauki. 2021. № 11(59). (In Russ)
3. Ermakova E. E. Formirovaniye i razvitiye proektnogo upravleniya v logistike // Logisticheskie sistemy v globalnoy ekonomike. 2022. № 12. S. 99–103. (In Russ)
4. Smolentseva A. M., Ruposov V. L. Vostrebovannost proektnoy logistiki v menedzhmente // Problemy upravleniya proizvodstvennymi i innovatsionnymi sistemami: Materialy statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Irkutsk, 9 dekabrya 2020 goda. Irkutsk: IRNITU, 2020. S. 43–45. (In Russ)
5. Barannikov E. A. Razvitie modeley i metodov logistiki proektnykh perevozok v mezhdunarodnykh tsepyakh postavok // Aktualnye problemy tamozhennogo administrirovaniya v EAES: Materialy molodezhnoy nauchnoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 23–24 marta 2018 goda. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy ekonomicheskiy universitet, 2018. S. 18–21 (In Russ)

6. Sadoon, E.; Venkatadri, U.; Ghasemi, A. A Conceptual Framework for Logistics Management and Project Planning in the Clinical Trials Industry. *Logistics* 2023, 7, 88. <https://doi.org/10.3390/logistics7040088>
7. De Clerck, Q.; Van Lier, T.; Lebeau, P.; Messagie, M.; Vanhaverbeke, L.; Macharis, C.; Van Mierlo, J. How Total is a Total Cost of Ownership? *World Electr. Veh. J.* 2016, 8, 742–753. <https://doi.org/10.3390/wevj8040742>
8. Patil, R.A.; Patange, A.D.; Pardeshi, S.S. International Transportation Mode Selection through Total Logistics Cost-Based Intelligent Approach. *Logistics* 2023, 7, 60. <https://doi.org/10.3390/logistics7030060>
9. Oskarsson, B. Total Cost Analysis in Logistics: Practical Execution, Learning, and Teaching in Higher Education : dissertation ... PhD in Science : 08.00.00 / Björn Oskarsson ; Linköping University, Department of Management and Engineering. — Linköping : LiU-Tryck, 2019. — 189 p. — (Linköping Studies in Science and Technology. Dissertations ; No. 2032). — ISBN 978-91-7929-959-0. — ISSN 0345-7524
10. Taherdoost, H.; Madanchian, M. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts. *Encyclopedia* 2023, 3, 77-87. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>
11. Samhouri, M.; Abualeenein, M.; Al-Atrash, F. Enhancing Supply Chain Resilience Through a Fuzzy AHP and TOPSIS to Mitigate Transportation Disruption. *Sustainability* 2025, 17, 7375. <https://doi.org/10.3390/su17167375>
12. Prakash C., Barua M.K. Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment // *Journal of Manufacturing Systems*. – 2015. – Vol. 37, Part 3. – P. 599-615. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.03.001>
13. JIMÉNEZ-DELGADO G., SANTOS G., FÉLIX M.J., TEIXEIRA P., SÁ J.C. A Combined AHP-TOPSIS Approach for Evaluating the Process of Innovation and Integration of Management Systems in the Logistic Sector // *HCI International 2020 – Late Breaking Papers: Interaction, Knowledge and Social Media*. – 2020. – P. 535-559. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-60152-2_40
14. Junaid, M.; Xue, Y.; Syed, M.W.; Li, J.Z.; Ziaullah, M. A Neutrosophic AHP and TOPSIS Framework for Supply Chain Risk Assessment in Automotive Industry of Pakistan. *Sustainability* 2020, 12, 154. <https://doi.org/10.3390/su12010154>
15. Wang, X., Duan, Q. Improved AHP-TOPSIS model for the comprehensive risk evaluation of oil and gas pipelines. *Pet. Sci.* 16, 1479–1492 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12182-019-00365-5>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шевченко Сергей Вячеславович, аспирант Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, ДВМП г. Санкт-Петербург, должность Начальник отдела Департамента продаж и развития проектов, e-mail: sergey.shevchenko93@inbox.ru

Шкурин Антон Александрович, Аспирант Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, «Мединтертрейд» г. Санкт-Петербург, должность Генеральный директор, e-mail: ashkurin@mail.ru

Sergey V. Shevchenko, Postgraduate Student, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 198035, St. Petersburg, Dvinskaya St., 5/7, DVMP, St. Petersburg, Head of the Department of Sales and Project Development, e-mail: sergey.shevchenko93@inbox.ru

Anton A. Shkurin, Postgraduate Student, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 198035, St. Petersburg, Dvinskaya St., 5/7, LLC «Medintertrade», St. Petersburg, General Director, e-mail: ashkurin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.10.2025; опубликована онлайн 20.12.2025.

Received 14.10.2025; published online 20.12.2025.