

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-350
УДК 656.61

EDN: EDGSUM



Научная статья | Управление процессами перевозок

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (GIS) НА ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МОРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*А.А. Ананьева, М.Е. Степанов,
А.А. Коростин, М.С. Корнева*

Аннотация

Состояние вопроса. Современные морские перевозки сталкиваются с вызовами, связанными с необходимостью повышения энергоэффективности и сокращения выбросов парниковых газов. Эти проблемы становятся особенно актуальными в условиях глобальной экологической политики и ужесточения международных стандартов энергоэффективности судов (EEDI, EEOI, CII). Одним из перспективных решений является использование географических информационных систем (GIS), которые позволяют оптимизировать маршруты судов, снижать топливные затраты и уменьшать негативное воздействие на окружающую среду. Однако степень их влияния на повышение энергоэффективности морских перевозок требует дальнейшего исследования.

Целью исследования является анализ влияния GIS-технологий на повышение энергоэффективности морских перевозок, а также оценка их воздействия на расход топлива и углеродные выбросы.

Методы исследования. В ходе исследования проведен анализ ключевых технологий GIS, включая спутниковый мониторинг, картографирование, моделирование и анализ данных, применяемых для оптимизации маршрутов судов. Методологический подход основан на экспериментальном моделировании, в рамках которого рассматривались три сценария судоходства: традиционная маршрутизация, динамическая оптимизация маршрутов и комбинированное управление маршрутом и скоростью с использованием GIS. Анализ проводился с

целью оценки влияния данных подходов на расход топлива, выбросы углекислого газа и общую энергоэффективность судов.

Результаты. Результаты моделирования показали, что применение GIS позволяет снизить расход топлива до 20% и уменьшить выбросы CO₂ до 21% по сравнению с традиционными методами навигации. Оптимизация маршрутов и скорости судов на основе данных GIS способствует снижению эксплуатационных затрат и повышению соответствия международным экологическим стандартам.

Заключение. Полученные данные подтверждают значительный потенциал GIS в повышении энергоэффективности морских перевозок. Внедрение этих технологий в управление маршрутами и эксплуатацией судов позволяет не только сократить топливные затраты и выбросы углерода, но и повысить экономическую эффективность морской логистики. Дальнейшая интеграция GIS с искусственным интеллектом и системами обработки данных в реальном времени может привести к еще большему повышению устойчивости и эффективности судоходной отрасли.

Ключевые слова: географические информационные системы; морские перевозки; энергоэффективность; оптимизация маршрутов; судоходство

Для цитирования. Ананьева, А. А., Степанов, М. Е., Коростин, А. А., & Корнева, М. С. (2025). Влияние современных географических информационных систем (GIS) на повышение энергоэффективности морских перевозок. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 91–110. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-350>

Original article | Transportation Process Management

THE IMPACT OF MODERN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) ON IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF MARITIME TRANSPORTATION

*A.A. Ananeva, M.E. Stepanov,
O.A. Korostin, M.S. Korneva*

Abstract

Background. Modern maritime transportation faces challenges related to the need for increased energy efficiency and reduced greenhouse

gas emissions. These issues have become particularly relevant in the context of global environmental policies and the tightening of international ship energy efficiency standards (EEDI, EEOI, CII). One of the promising solutions is the use of geographic information systems (GIS), which enable vessel route optimization, reduce fuel consumption, and minimize environmental impact. However, the extent of their impact on improving maritime transport energy efficiency requires further research.

The **objective** of this study is to analyze the impact of GIS technologies on improving the energy efficiency of maritime transportation and to assess their effects on fuel consumption and carbon emissions.

Methods. The study examines key GIS technologies, including satellite monitoring, mapping, modeling, and data analysis, used for vessel route optimization. The methodological approach is based on experimental modeling, comparing three shipping scenarios: traditional routing, dynamic route optimization, and combined route and speed management using GIS. The analysis focuses on evaluating the impact of these approaches on fuel consumption, CO₂ emissions, and overall ship energy efficiency.

Results. The modeling results showed that the application of GIS can reduce fuel consumption by up to 20% and decrease CO₂ emissions by up to 21% compared to traditional navigation methods. Optimizing vessel routes and speeds based on GIS data contributes to lower operational costs and improved compliance with international environmental standards.

Conclusion. The obtained data confirm the significant potential of GIS in enhancing the energy efficiency of maritime transportation. The integration of these technologies into route planning and vessel operation management enables not only a reduction in fuel costs and carbon emissions but also an increase in the economic efficiency of maritime logistics. Further integration of GIS with artificial intelligence and real-time data processing systems may lead to even greater sustainability and efficiency in the shipping industry.

Keywords: Geographic Information Systems; maritime transportation; energy efficiency; route optimization; shipping

For citation. Ananeva, A. A., Stepanov, M. E., Korostin, O. A., & Korneva, M. S. (2025). The impact of modern geographic information

systems (GIS) on improving the energy efficiency of maritime transportation. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 91–110. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-350>

Введение

Морские перевозки играют важную роль в мировой экономике, являясь основным способом транспортировки товаров на международных рынках. Однако в условиях глобальных экологических вызовов и экономической неопределенности эффективное управление ресурсами и оптимизация процессов перевозки становятся необходимыми для повышения конкурентоспособности и устойчивости отрасли. Одной из важнейших проблем в морских перевозках остается повышение энергоэффективности, что связано с необходимостью снижения потребления топлива и сокращения негативного воздействия на окружающую среду. В последние годы большое внимание уделяется интеграции новых технологий, среди которых особое место занимают географические информационные системы (geographic information system, GIS).

В контексте морских перевозок GIS представляют собой мощный инструмент, который помогает не только в планировании оптимальных маршрутов, но и в прогнозировании погодных условий, а также мониторинге состояния судов. Применение GIS позволяет минимизировать топливные затраты, повысить точность логистических операций и создать более устойчивые и энергоэффективные маршруты, что в свою очередь способствует снижению выбросов CO₂ и других загрязняющих веществ. Внедрение GIS технологий в морскую отрасль открывает новые возможности для эффективного и экологически безопасного функционирования, а также способствует поддержанию баланса между экономической целесообразностью и экологической ответственностью.

Цель данного исследования – проанализировать влияние современных GIS технологий на повышение энергоэффективности морских перевозок, выявить ключевые направления их применения,

а также оценить результаты, которые могут быть достигнуты при внедрении этих практик в отрасль.

Методология статьи основана на комплексном подходе. В исследовании применяются методы анализа и синтеза для систематизации информации о влиянии современных GIS-технологий на энергоэффективность морских перевозок, выявления ключевых направлений их применения и оценки перспективных стратегий. Сравнительный метод используется для изучения традиционных методов маршрутизации и современных подходов, основанных на GIS, что позволяет определить их преимущества и недостатки. Важную роль играет моделирование, которое позволяет оценить влияние различных сценариев внедрения GIS на топливные затраты, выбросы CO₂ и индексы энергоэффективности судов (EEDI и EEOI).

Основная часть. Определение GIS

Совокупность программных и аппаратных данных, предназначенных для сбора, хранения и анализа географической и пространственной информации, называется **GIS**. Эти системы включают в себя несколько ключевых компонентов, обеспечивающих ввод, обработку, вывод и визуализацию данных (рис. 1).



Рис. 1. Схема компонентов GIS

Основной функцией GIS является предоставление инструментов для интеграции различных типов данных, что позволяет эффективно решать задачи, связанные с анализом и моделированием пространственных процессов [1]. В контексте морской логистики

ключевые GIS технологии играют важную роль в повышении эффективности перевозок, оптимизации маршрутов, а также в снижении воздействия на окружающую среду (таблица 1).

Таблица 1.

Ключевые GIS технологии и их применение в морской логистике [2, 3]

Технология	Применение в морской логистике	Преимущества
Спутниковое наблюдение	Получение данных о погодных условиях, морских течениях, ледовых полях и других природных факторах.	Повышение точности прогнозов, улучшение безопасности судов.
Картографирование	Визуализация маршрутов, зон с повышенным риском, анализ портовой инфраструктуры и навигационных каналов.	Оптимизация маршрутов, снижение времени в пути, экономия топлива.
Моделирование	Прогнозирование воздействия внешних факторов на движение судов, расчет расхода топлива при разных условиях.	Оптимизация маршрутов, снижение потребления энергии.
Аналитика данных	Обработка исторических данных о движении судов, расчет оптимальных временных окон для перевозок, анализ рисков.	Повышение эффективности операций, уменьшение углеродного следа.

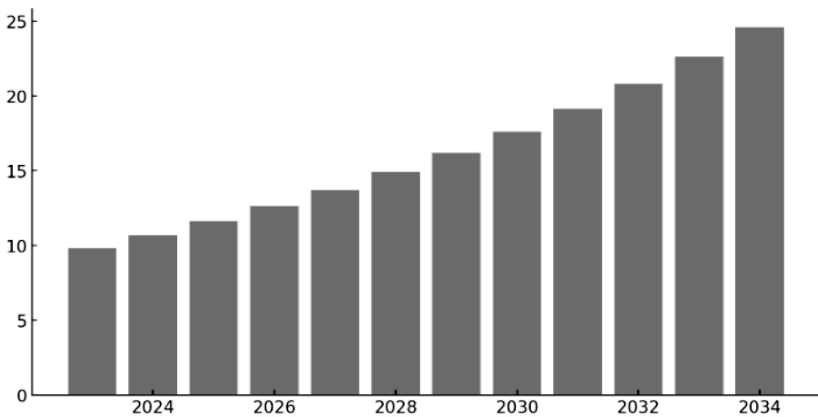


Рис. 2. Объем мирового рынка GIS, млрд долларов США

Применение этих технологий позволяет значительно повысить точность и оперативность принятия решений в реальном времени,

что является особенно важным в условиях переменчивых природных и рыночных факторов [4]. По данным Precedence Research, в 2024 году объем мирового рынка GIS составил 10,68 млрд долларов. Прогнозируется, что к 2034 году этот показатель вырастет до 24,61 млрд долларов (рис. 2).

Согласно анализируемому отчету, в 2023 году сегмент навигации занял наибольшую долю рынка – 48 %. Эти данные подчеркивают не только рост интереса к GIS на глобальном уровне, но и важность их внедрения в различные отрасли, включая морскую логистику.

В отличие от традиционных систем управления данными, GIS предоставляет возможность работать с картографическими, геодезическими данными, а также с другими видами географической информации, такими как спутниковые снимки, данные о погодных условиях и мореходных характеристиках (таблица 2).

Применение GIS-технологий в морской логистике значительно улучшает управление перевозками и оптимизацию маршрутов, что способствует снижению затрат и повышению эффективности операций. Интеграция спутниковых данных, карт и аналитики позволяет повысить точность и оперативность принятия решений, а также обеспечить адаптацию к переменчивым условиям окружающей среды. Важным аспектом морских перевозок является транспортировка нефти и нефтепродуктов, что делает отрасль зависимой от глобальных энергетических рынков и экологических норм. Использование GIS-технологий в данном секторе помогает минимизировать риски разливов, повысить безопасность транспортировки и оптимизировать маршруты с учётом погодных условий и загруженности морских путей. Учитывая рост рынка GIS-технологий и растущий интерес к их внедрению в различные отрасли, включая морскую логистику, можно ожидать дальнейшее совершенствование этих систем, что не только повысит энергоэффективность, но и снизит воздействие на окружающую среду.

Таблица 2.

Сравнение традиционных методов и GIS технологий в морской логистике [5]

Критерий	Традиционные методы	GIS технологии
Тип данных	Бумажные карты, отчеты о погоде, навигационные журналы, прогнозы, полученные по радиосвязи.	Спутниковые снимки, метео- и пространственные данные.
Обновление данных	Ручное, с задержками, обновления происходят через периодические отчеты и сообщения от судов.	Автоматическое, в реальном времени.
Точность	Ограниченная, зависит от качества картографических данных, ручного измерения и человеческого фактора.	Высокая, благодаря спутниковым наблюдениям.
Визуализация	Статические 2D-карты, которые требуют ручного обновления и анализа.	Интерактивные 2D и 3D карты с динамическим обновлением.
Аналитика и прогнозирование	Ограниченные возможности, анализ проводится вручную на основе архивных данных и опыта капитанов.	Современные методологии и инструменты для анализа и прогностического моделирования.
Гибкость и адаптивность	Низкая гибкость в изменении маршрутов, корректировка осуществляется вручную на основе доступных карт и отчетов.	Высокая гибкость, возможность быстрой адаптации маршрутов в реальном времени.
Учет внешних факторов (погода, течения и др.)	Данные о погоде и течениях получаются из прогнозов и сообщений от других судов, но часто устаревшие или недостаточно точные.	Данные в реальном времени: погодные условия, морские течения, ледовые поля и другие факторы.

Роль GIS в повышении энергоэффективности морских перевозок

Энергоэффективность морских судов представляет собой способность судов минимизировать потребление топлива и выбросы при максимальной оптимизации работы в процессе эксплуатации [6]. Одним из главных документов, направленных на улучшение энергоэффективности судов, является **Стратегия по сокращению выбросов парниковых газов** (IMO GHG Strategy), утвержденная Международной морской организацией (International Maritime Organization, IMO) в 2018 и пересмотренная в 2023 году. Согласно новой версии стратегии, выбросы парниковых газов от международ-

ного судоходства должны быть сокращены как минимум на 20% к 2030 году (с целью достичь 30%) и на 70% к 2040 году (с целью достичь 80%) по сравнению с уровнем 2008 года. Полное устранение выбросов планируется к 2050 году [7].

Для оценки экологической эффективности судна на стадии проектирования используется **индекс энергоэффективности судов (EEDI, Energy Efficiency Design Index)**. Он учитывает такие параметры, как тип судна, его размер, скорость и характеристики двигательной установки. EEDI способствует тому, чтобы новые суда строились с учетом требований к снижению выбросов и улучшению энергоэффективности. Согласно исследованиям, доля новых судов, соответствующих целевым показателям EEDI на 2025 год, среди контейнеровозов составляет 71%, а среди судов для перевозки генеральных грузов – 69 % [8].

Другим важным индикатором является **эксплуатационный индекс энергоэффективности (EEOI, Energy Efficiency Operational Indicator)**, который используется для оценки фактической эксплуатационной эффективности судна. В отличие от EEDI, EEOI учитывает реальные условия, такие как фактическое потребление топлива, скорость судна и количество перевезенного груза. Этот индекс позволяет операторам отслеживать эффективность работы в реальном времени и проводить корректировки для улучшения результатов.

В 2021 году на 76-й сессии Комитета по защите морской среды (МЕРС 76) ИМО была принята резолюция МЕРС.328(76), которая ввела новый индекс энергоэффективности для судов, находящихся в эксплуатации – **EEXI (Energy Efficiency Existing Ship Index)**. В отличие от EEDI, применяемого к новым судам на стадии проектирования, EEXI позволяет оценить, насколько существующие суда соответствуют современным стандартам энергоэффективности [9]. Индекс охватывает те же типы судов, что и EEDI, но его расчеты основаны на проектных характеристиках судна без учета фактической эксплуатационной эффективности.

В дополнение к EEXI, важной мерой для контроля углеродных выбросов стал **индекс интенсивности углерода (СИ)**, введенный серией поправок к Приложению VI Конвенции MARPOL. Он оценивает углеродоемкость судов на основе фактического потребления топлива и выбросов CO_2 , с последующей классификацией по шкале от А до Е в зависимости от энергоэффективности (рис. 3).

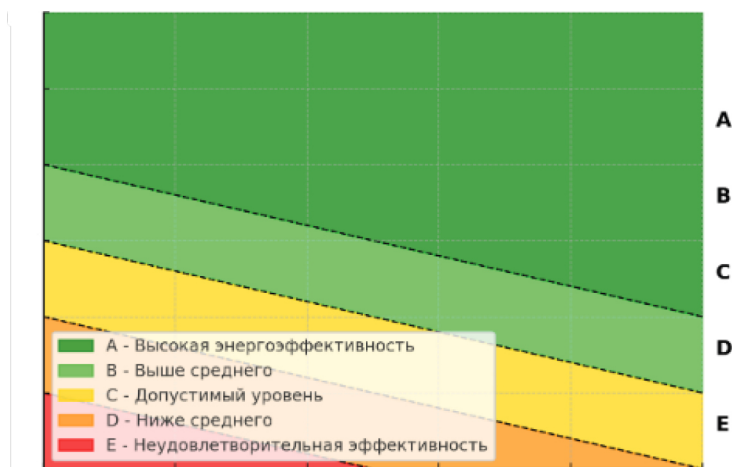


Рис. 3. Классификация судов по углеродоемкости

Как было отмечено ранее, одной из важнейших задач современной морской логистики является оптимизация маршрутов судов с целью снижения потребления топлива и улучшения общей энергоэффективности перевозок. В этом контексте GIS играют ключевую роль, предоставляя инструменты для планирования и адаптации маршрутов в зависимости от множества факторов, включая погодные условия, морские течения и другие внешние воздействия (таблица 3).

Использование GIS для оптимизации маршрутов судов оказывает значительное влияние как на энергоэффективность, так и на экологию. Например, расчет оптимальной скорости с учетом ветра и течений позволяет избежать лишнего сопротивления и повысить общую топливную эффективность, что в свою очередь снижает

выбросы CO₂ и других загрязняющих веществ. Исследования показывают, что даже небольшое снижение скорости контейнеровоза на 5% может привести к экономии топлива на 16-19%, а для сухогрузов и танкеров – около 13% [11].

Таблица 3.

Роль GIS в оптимизации маршрутов судов для повышения энергоэффективности [10]

Фактор	Роль GIS
Погодные условия	Анализирует данные с метеостанций и спутников для прогнозирования погодных условий и оптимизации маршрутов.
Морские течения	Использует данные о течениях для расчета влияния на скорость судна и выбора наиболее энергоэффективных маршрутов.
Время года и сезонность	Позволяет учитывать сезонные изменения и заранее планировать маршруты, минимизируя риски и экономя топливо.
Плотность судоходства	Помогает выбирать менее загруженные маршруты, оптимизируя время пребывания в пути и минимизируя задержки.
Состояние судна	Анализирует данные о судне и прогнозирует его поведение на разных маршрутах с учетом текущего состояния.
Экологические зоны	Помогает избегать таких зон и планировать экологически безопасные маршруты.

Важным направлением для повышения энергоэффективности морских перевозок является разработка **методов динамической оптимизации** условий перевозок. По данным исследований, это может привести к снижению расхода топлива до 28% благодаря тому, что динамическая оптимизация учитывает изменения внешних факторов на протяжении маршрута, позволяя судоводителям выбирать наилучшие условия для минимизации сопротивления и избыточных энергозатрат [12; 13]. GIS технологии играют ключевую роль в реализации таких методов, обеспечивая непрерывный мониторинг данных о текущей ситуации и предлагая оптимальные решения для корректировки маршрута и режима работы судна.

Применение GIS в судоходной индустрии

Одной из компаний, эффективно использующих GIS, является американская **Crowley Maritime Corporation**, специализиру-

ющаяся на грузоперевозках, буксировке и морской энергетике. В 2023 году флот Crowley преодолел более 3,2 млн морских миль, а общее количество портовых заходов составило 4 307. Согласно отчетам, средний EEDI флота компании составляет 4.39 г CO₂ на тонно-милю. Этот показатель означает, что суда компании соответствуют базовым требованиям ИМО. В 2023 году компания сократила выбросы CO₂ до 454 534 тонн, по сравнению с 479 484 тонн в 2022 году. Это частично стало возможным благодаря оптимизации маршрутов и внедрению альтернативных источников энергии.

Еще одним примером успешного применения GIS-технологий для повышения энергоэффективности является опыт российской компании **Совкомфлот (Sovcomflot)**. Она активно внедряет цифровые навигационные системы и GIS для оптимизации судоходных маршрутов, сокращения расхода топлива и снижения выбросов CO₂.

В соответствии с требованиями Конвенции MARPOL и стандартом EEDI, новые суда должны соответствовать ужесточающимся нормам энергоэффективности. Для судов, построенных в 2015-2019 годах, предписано снижение удельных выбросов CO₂ минимум на 10% по сравнению с базовым уровнем. Для судов, спущенных на воду в 2020-2024 годах, этот показатель увеличен до 20%, а для судов, которые будут построены после 2024 года, энергоэффективность должна быть улучшена минимум на 30%. Совкомфлот учитывает эти требования при проектировании новых судов и активно внедряет современные технологии для увеличения конструктивной энергоэффективности флота. Кроме того, компания внедряет судовые планы управления энергоэффективностью (SEEMP, Ship Energy Efficiency Management Plan), которые направлены на оптимизацию потребления топлива и сокращение выбросов парниковых газов.

Практическое использование GIS-технологий в морской логистике позволяет значительно повысить энергоэффективность, снизить выбросы CO₂ и оптимизировать эксплуатационные расходы.

Кроме того, повышение эффективности морской логистики способствует ускорению международных торговых операций за счет более точного прогнозирования времени доставки и оптимального распределения грузопотоков. Это особенно важно для международных сделок, где своевременность и надежность перевозок могут существенно повлиять на финансовые показатели компаний, выполнение контрактных обязательств и конкурентоспособность на глобальном рынке [14].

Экспериментальное моделирование влияния GIS-технологий на энергоэффективность морских перевозок

Для оценки влияния современных GIS на энергоэффективность морских перевозок был проведен эксперимент, в ходе которого смоделированы и рассчитаны изменения в расходе топлива, выбросах CO₂ и индексе энергоэффективности судов (EEDI и EEOI) при различных сценариях использования GIS технологий.

В рамках моделируемого эксперимента использовались данные, отражающие ключевые параметры судоходства и энергоэффективности, что позволило провести количественный анализ влияния GIS технологий на морские перевозки. Основой для расчетов стали реальные характеристики судов, включая контейнеровозы, сухогрузы и танкеры.

Для эксперимента были смоделированы три группы судов, различающиеся подходами к маршрутизации и управлению скоростью:

- контрольная группа – суда, следующие по традиционным маршрутам с неизменной скоростью;
- группа с динамической оптимизацией маршрута – суда, использующие GIS технологии для корректировки маршрута с учетом погодных условий и морских течений;
- группа с динамической оптимизацией скорости и маршрута – суда, использующие GIS как для выбора маршрута, так и для регулирования скорости в зависимости от условий.

Анализ трех сценариев показал, что применение GIS для оптимизации маршрутов и скорости судов приводит к заметному сни-

жению расхода топлива, выбросов CO₂ и улучшению индексов энергоэффективности (таблица 4).

Таблица 4.
Результаты моделирования энергоэффективности судов в разных условиях

Параметр	Контрольная группа (без GIS)	Оптимизированный маршрут (GIS)	Оптимизация маршрута и скорости (GIS)
Средняя скорость (узлы)	20	20	18
Расход топлива (тонн на 1000 морских миль)	250	225	200
Выбросы CO ₂ (тонн на 1000 морских миль)	785	705	620
Индекс EEOI (г CO ₂ /тонно-милю)	11,5	10,3	9,5
Индекс EEDI (г CO ₂ /тонно-милю)	9,8	8,9	8,4

Моделируемые данные основаны на эксплуатационных характеристиках контейнеровозов класса Panamax, которые широко используются в международных морских перевозках. Значения средней скорости и расхода топлива соответствуют данным эксплуатационных отчетов судоходных компаний. В моделируемых сценариях, включающих использование GIS, скорость судов снижалась до 18 узлов, что позволило достичь экономии топлива до 20%, а выбросов CO₂ – до 21%. Применяемые коэффициенты расхода топлива и углеродных выбросов соответствуют стандартным расчетам для судового топлива и отражают реальный потенциал внедрения GIS технологий в морскую логистику.

Анализ показал, что динамическое планирование маршрута на основе данных о погодных условиях и морских течениях снижает расход топлива, а комбинированное применение маршрутизации и регулирования скорости позволяет сократить топливные затраты. Это может привести к пропорциональному снижению выбросов CO₂, улучшению EEOI и EEDI, что подтверждает целесообразность широкого внедрения GIS в судоходстве.

Стоит учесть, что в реальной среде могут возникнуть дополнительные факторы, влияющие на точность моделирования. Неожиданные погодные условия, ледовая обстановка и перегруженность портов могут существенно изменить оптимизированные маршруты, увеличивая расход топлива и выбросы CO₂. Человеческий фактор, включая принятие решений капитанами и операторами, а также возможные задержки в обработке информации из-за качества связи или несовместимости программного обеспечения, также может снижать эффективность использования GIS.

Выводы

Современные GIS повышают энергоэффективность морских перевозок, оптимизируя маршруты, прогнозируя погодные условия и снижая топливные затраты. Интеграция спутниковых данных и динамических моделей уменьшает выбросы парниковых газов, соответствуя стандартам EEDI и EEOI.

Моделирование подтверждает, что использование GIS сокращает топливные затраты на 20% и снижает выбросы CO₂ на 21%. Эти технологии обеспечивают автоматизированное управление судами, повышая их адаптивность. Дальнейшая интеграция GIS с искусственным интеллектом усилит эффективность и экологическую безопасность судоходства.

Список литературы

1. Маймакова, Л. В., Зайнеева, И. И., & Зималиева, А. Э. (2024). Современные тенденции развития транспортно-логистической инфраструктуры. *Естественно-гуманитарные исследования*, (5), 206–210.
2. Malikov, A. (2024). Digital transformation and its impact on the structure and efficiency of modern business. *Annali d'Italia*, (62), 112–115. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14558548>
3. Ююкин, И. В. (2024). Картографирование изоповерхности дополнительных вторичных факторов методом сплайн-аппроксимации.

- мации как условие повышения точности обсерваций e-Loran. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*, 16(1), 37–54. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2024-16-1-37-54>
4. Kidassova, M. (2024). Enhancing business operational efficiency through supply chain optimization. *Norwegian Journal of development of the International Science*, (144), 37–39. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14169113>
 5. Andrei, N., et al. (2024). Transforming E-commerce logistics: sustainable practices through autonomous maritime and last-mile transportation solutions. *Logistics*, 8(3), 71. <https://doi.org/10.3390/logistics8030071>
 6. Москаленко, В. М., Москаленко, М. А., & Луговец, А. А. (2024). Транспортная энергоэффективность и экономические принципы организации морского судоходства. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология*, (2), 89–95. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2024-2-89-95>
 7. Yaman, C. (2024). A Review on the Process of Greenhouse Gas Inventory Preparation and Proposed Mitigation Measures for Reducing Carbon Footprint. *Gases*, 4(1), 18–40. <https://doi.org/10.3390/gases4010002>
 8. Живлюк, Г. Е., & Петров, А. П. (2024). Энергоэффективность судов современного коммерческого флота: инструменты регулирования и методы достижения. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*, 16(2), 301–317. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2024-16-2-301-317>
 9. Bayraktar, M., et al. (2023). A scenario-based assessment of the Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI) and Carbon Intensity Indicator (CII) regulations. *Ocean Engineering*, 278, 114295. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114295>
 10. Hu, X., et al. (2023). GIS-data-driven efficient and safe path planning for autonomous ships in maritime transportation. *Electronics*, 12(10), 2206. <https://doi.org/10.3390/electronics12102206>

11. Москаленко, В. М. (2021). Влияние скорости перехода на энергоэффективность морского судна. *General Question of World Science*, 15(10), 80–84. <https://doi.org/10.18411/gq-15-10-2021-14>
12. Wang, K., et al. (2018). Dynamic optimization of ship energy efficiency considering time-varying environmental factors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 685–698. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.04.005>
13. Габдулхаков, А. А., & Завалишин, Д. С. (2021). Динамическая оптимизация сложных маршрутов в транспортной логистике. *Современные наукоемкие технологии*, (5), 33–38. <https://doi.org/10.17513/snt.38654>
14. Selimov, A. (2024). Comparative analysis of legal regulation of international transactions in the USA and the EU. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 7(6), 480–483.

References

1. Maiakovskaya, L. V., Zaineeva, I. I., & Zimalieva, A. E. (2024). Current trends in the development of transport and logistics infrastructure. *Natural and Humanitarian Studies*, (5), 206–210.
2. Malikov, A. (2024). Digital transformation and its impact on the structure and efficiency of modern business. *Annali d'Italia*, (62), 112–115. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14558548>
3. Iuyukin, I. V. (2024). Mapping additional secondary surface isolines via spline approximation as a condition for increasing accuracy of e-Loran observations. *Admiral S. O. Makarov State Maritime and River Academy Bulletin*, 16(1), 37–54. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2024-16-1-37-54>
4. Kidassova, M. (2024). Enhancing business operational efficiency through supply chain optimization. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, (144), 37–39. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14169113>
5. Andrei, N., et al. (2024). Transforming e-commerce logistics: sustainable practices through autonomous maritime and last-mile transportation solutions. *Logistics*, 8(3), 71. <https://doi.org/10.3390/logistics8030071>

6. Moskalenko, V. M., Moskalenko, M. A., & Lugovets, A. A. (2024). Transport energy efficiency and economic principles of marine ship-ping organization. *Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology*, (2), 89–95. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2024-2-89-95>
7. Yaman, C. (2024). A review on the process of greenhouse gas inventory preparation and proposed mitigation measures for reducing carbon footprint. *Gases*, 4(1), 18–40. <https://doi.org/10.3390/gases4010002>
8. Zhivlyuk, G. E., & Petrov, A. P. (2024). Energy efficiency of vessels in modern commercial fleet: regulatory tools and achievement methods. *Admiral S. O. Makarov State Maritime and River Academy Bulletin*, 16(2), 301–317. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2024-16-2-301-317>
9. Bayraktar, M., et al. (2023). Scenario-based assessment of the Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI) and Carbon Intensity Indicator (CII) regulations. *Ocean Engineering*, 278, 114295. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114295> EDN: GBRSOI
10. Hu, X., et al. (2023). GIS-data-driven efficient and safe path planning for autonomous ships in maritime transportation. *Electronics*, 12(10), 2206. <https://doi.org/10.3390/electronics12102206>
11. Moskalenko, V. M. (2021). Effect of transition speed on vessel energy efficiency. *General Questions of World Science*, 15(10), 80–84. <https://doi.org/10.18411/gq-15-10-2021-14>
12. Wang, K., et al. (2018). Dynamic optimization of ship energy efficiency considering time-varying environmental factors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 685–698. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.04.005>
13. Gabdulkhakov, A. A., & Zavalishin, D. S. (2021). Dynamic optimization of complex routes in transport logistics. *Advanced Technologies Today*, (5), 33–38. <https://doi.org/10.17513/snt.38654>
14. Selimov, A. (2024). Comparative analysis of legal regulation of international transactions in the USA and the EU. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 7(6), 480–483.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Ананьева Анна Андреевна, магистр

Российский государственный гидрометеорологический университет

ул. Воронежская, 79, г. Санкт-Петербург, 192007, Российская Федерация

anna251096@yandex.ru

Степанов Максим Евгеньевич, магистр

*Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова
пр. Московский, 15, г. Чебоксары, 428015, Российская Федерация*

maxim.varandey@rambler.ru

Коростин Александр Алексеевич, магистр, индивидуальный исследователь

a.korostin@rambler.ru

Корнева Мария Сергеевна, бакалавр

Кубанский государственный университет

ул. Ставропольская, 149, г. Краснодар, 350040, Российская Федерация

korneva_air@icloud.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Anna A. Ananeva, master's degree

Russian State Hydrometeorological University

79, Voronezhskaya Str., Saint-Petersburg, 192007, Russian Federation

anna251096@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6018-9016>

Maksim E. Stepanov, master's degree

I. N. Ulianov Chuvash State University

15, Moskovsky Pr., Cheboksary, 428015, Russian Federation
maxim.varandey@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8988-7282>

Oleksandr A. Korostin, master's degree, individual researcher
o.korostin@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7510-6757>

Maria S. Korneva, bachelor's degree
Kuban State University
149, Stavropolskaya Str., Krasnodar, 350040, Russian Federation
korneva_air@icloud.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6238-493X>

Поступила 24.02.2025

После рецензирования 05.03.2025

Принята 10.03.2025

Received 24.02.2025

Revised 05.03.2025

Accepted 10.03.2025