

О. В. СТЕПАНОВ

доктор технічних наук,
професор кафедри тракторів та автомобілів
Національний університет біоресурсів і природокористування України
ORCID: 0000-0003-4954-2532

Т. В. ВОЛОБУЄВА

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри машинобудування
Одеська державна академія будівництва та архітектури
ORCID: 0000-0003-0340-3326

Т. О. КОЗАЧЕНКО

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри машинобудування
Одеська державна академія будівництва та архітектури
ORCID: 0000-0001-9034-3776

ОПТИМІЗАЦІЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ: МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТІВ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ

У статті розглянуто оптимізацію автотранспортних вантажних перевезень в умовах воєнного стану в Україні: моделювання маршрутів та використання цифрових платформ. Зазначено, що активні воєнні дії призвели до руйнування транспортної інфраструктури, пошкодження вантажних автотранспортних засобів та збоїв у системах управління, що створює комплекс ризиків для перевезень. Традиційні методи моделювання маршрутів вантажних перевезень у таких умовах виявляються недостатньо ефективними без використання цифрових платформ і телематичних систем. Метою дослідження є проведення аналізу стану автотранспортних вантажних перевезень в Україні з оцінкою факторів ризику, обґрунтування підходів до оптимізації маршрутів автотранспортних перевезень в умовах воєнного стану, використання сучасних цифрових платформ і методів моделювання, розроблення рекомендацій щодо впровадження цифрових інструментів у практику логістичних підприємств. Для оптимізації маршрутів запропоновано комбінований підхід, що поєднує класичні алгоритми графів, евристичні методи та методи математичного програмування. Увага приділена формалізації задач маршрутизації. Обґрунтовано доцільність використання цифрових платформ, які забезпечують моніторинг переміщення транспорту в реальному часі, автоматичне генерування альтернативних маршрутів та аналітичну обробку даних для прогнозування ризиків та планування логістичних операцій. Зроблено висновок, що оптимізація автотранспортних вантажних перевезень в умовах воєнного стану в Україні є надзвичайно актуальною і потребує комплексного підходу, який поєднує аналіз стану галузі, математичне моделювання маршрутів та використання цифрових платформ управління логістикою. Запропоновано рекомендації для практичного застосування оптимізації автотранспортних вантажних перевезень.

Ключові слова: автотранспорт, вантажні перевезення, ризики, оптимізація маршрутів, моделювання маршрутів, цифрові платформи.

O. V. STEPANOV

Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Tractors and Cars
National University of Bioresources and Environmental Management of Ukraine
ORCID: 0000-0003-4954-2532

T. V. VOLOBUEVA

Ph.D., Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Mechanical Engineering
Odesa State Academy of Construction and Architecture
ORCID: 0000-0003-0340-3326

T. O. KOZACHENKO

PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Mechanical Engineering
Odesa State Academy of Construction and Architecture
ORCID: 0000-0003-0340-3326

OPTIMIZATION OF MOTOR TRANSPORT FREIGHT TRANSPORTATION UNDER MARTIAL LAW IN UKRAINE: ROUTE MODELING AND USE OF DIGITAL PLATFORMS

The article discusses the optimization of motor transport freight transportation under martial law in Ukraine: route modeling and the use of digital platforms. It is noted that active military operations have led to the destruction of transport infrastructure, damage to freight vehicles, and disruptions in management systems, creating a range of risks for transportation. Traditional methods of modeling freight transport routes in such conditions are not effective enough without the use of digital platforms and telematic systems. The purpose of the study is to analyze the state of road freight transport in Ukraine, assess risk factors, justify approaches to optimizing road transport routes in conditions of martial law, use modern digital platforms and modeling methods, and develop recommendations for the implementation of digital tools in the practice of logistics companies. To optimize routes, a combined approach is proposed that combines classical graph algorithms, heuristic methods, and mathematical programming methods. Attention is paid to the formalization of routing tasks. The feasibility of using digital platforms that provide real-time monitoring of transport movements, automatic generation of alternative routes, and analytical data processing for risk forecasting and logistics operations planning is justified. It is concluded that the optimization of motor transport freight transportation in the conditions of martial law in Ukraine is extremely relevant and requires a comprehensive approach that combines analysis of the state of the industry, mathematical modeling of routes, and the use of digital logistics management platforms. Recommendations for the practical application of motor transport freight transportation optimization are proposed.

Key words: road transport, freight transport, risks, route optimization, route modeling, digital platforms.

Постановка проблеми

Сучасний стан автотранспортних вантажних перевезень в Україні характеризується значними труднощами, спричиненими поєднанням економічних, інфраструктурних і безпекових факторів. Під впливом воєнних подій вантажні автомобільні перевезення в Україні зазнали суттєвої трансформації. В умовах воєнного стану в Україні автотранспортні вантажні перевезення стикаються з нестабільністю логістичних ланцюгів, пошкодженням транспортної інфраструктури та витратами на забезпечення безпеки руху. Ці чинники призвели до необхідності переосмислення традиційних підходів до планування та управління перевізним процесом.

Водночас оптимізація маршрутів у кризових умовах вимагає застосування методів, що враховують ймовірність виникнення небезпечних ситуацій, доступність шляхів, рівень завантаженості доріг та тимчасові обмеження. Постає завдання щодо розроблення моделювання маршрутів з використанням цифрових технологій, яка дозволить підвищити стійкість логістичних систем до воєнних ризиків та забезпечити ефективне використання наявного автотранспортного ресурсу.

Таким чином, проблеми автотранспортних вантажних перевезень в умовах воєнного стану в Україні мають системний характер і охоплюють три взаємопов'язані рівні: технічний стан (стан автопарку); інфраструктурний (стан доріг і хабів); управлінсько-технологічний (відсутність цифрової інтеграції). Їх подолання потребує комплексного підходу з використанням інструментів оптимізації та цифрового моніторингу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Автотранспортні вантажні перевезення, як важливі елементи економіки України, розглядалися у різнопланових працях В. М. Білоуса [4], Н. Васильціва [5], О. С. Григор'єва [7], І. М. Козаченка [9], О. Костенка [11], С. В. Петренка [10] й ін. У своїх роботах науковці доводять, що автомобільний вантажний транспорт отримує перевагу там, де інші види транспорту не ефективні. Зокрема, доступ до віддалених регіонів, можливість роботи в тяжких умовах, більш оперативне перенаправлення вантажів. Було відзначено, що автотранспортні вантажні перевезення в умовах воєнного стану в Україні виступають важливим елементом забезпечення стійкості логістичних систем, але перебувають під впливом різних факторів ризику.

Під час війни, за попередніми даними Державної служби статистики України, обсяг вантажних перевезень усіма видами транспорту за січень-липень 2025 року становив 181,2 млн тонн, що на 12,6% менше ніж за аналогічний період 2024 року [3]. Вантажообіг за той же період скоротився ще більше – на 13,5% (до 94,37 млрд тонн) [3]. Автомобільним транспортом за сім місяців 2025 року перевезено на 11% менше вантажів ніж на аналогічний період 2024 року. Ці фактори підкреслюють, що питання ефективного планування маршрутів, управління ризиками та використання сучасних технологій стають критично необхідними для утримання безперервності вантажного перевізного процесу.

Попри згадані складнощі, автомобільний вантажний транспорт продовжує займати важливе місце в логістичній системі України. Зокрема, це пов'язано із його здатністю до більш гнучкої адаптації маршрутів, обходу

пошкоджених або обмежених ділянок. Отже, автотransпортні вантажні перевезення виступають як сегмент з високим потенціалом адаптації для вдосконалення через впровадження моделей оптимізації, цифрових платформ і систем моніторингу.

Формування мети дослідження

Метою дослідження є проведення аналізу стану автотransпортних вантажних перевезень в Україні з оцінкою факторів ризику, обґрунтування підходів до оптимізації маршрутів автотransпортних перевезень в умовах воєнного стану, використання сучасних цифрових платформ і методів моделювання, розроблення рекомендацій щодо впровадження цифрових інструментів у практику логістичних підприємств.

Викладення основного матеріалу дослідження

Воєнний стан та активні воєнні дії в Україні [1, 2] створили спектр проблем (ризиків) для автотransпортних вантажних перевезень. По-перше, порушення або руйнування транспортних шляхів та мереж, транспортних вузлів та об'єктів, автотransпортних засобів, систем управління та безпеки. По-друге, безпекові ризики, тобто сукупність загроз, подій або факторів (обстріли, мінування, небезпека руху в зоні активних дій), які можуть завдати шкоди людям, майну, довкіллю чи функціонуванню системи.

Однією з ключових проблем залишається фізичне зношення транспортних засобів. За оцінками галузевих експертів, середній вік вантажного автопарку перевищує 17 років, що суттєво впливає на паливну ефективність, рівень безпеки та викиди шкідливих речовин [12]. Під час воєнного стану оновлення техніки майже припинено через ускладнення імпорту й фінансові обмеження перевізників. Не менш суттєвим чинником є дефіцит кваліфікованих водіїв, особливо у сегменті міжнародних перевезень, оскільки частина фахівців була мобілізована або виїхала за кордон.

Наступною проблемою є поява нових логістичних невизначеностей. Руйнування мостів, доріг і логістичних хабів у центральних і східних регіонах призвело до зміщення вантажопотоків на захід країни, що створює «затори» в пунктах пропуску та на головних магістралях [22]. У таких умовах традиційні методи планування перевезень втрачають ефективність, а без цифрових інструментів координація процесів стає практично неможливою.

Більшість приватних перевізників не мають інтегрованих систем GPS-моніторингу, електронного документообігу чи автоматизованого планування маршрутів. Це призводить до неузгодженості дій між відправниками, перевізниками та отримувачами, затримок у передачі інформації та зниження ефективності. Як визначено у фаховому огляді Європейської Бізнес Асоціації, лише 20-25% українських транспортних логістичних компаній використовують програмні платформи для управління перевезеннями на рівні, близькому до європейських стандартів [8].

Попри численні проблеми автотransпортні вантажні перевезення мають значний потенціал розвитку шляхом інноваційних та цифрових рішень. Передусім, актуальним напрямом є впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС) [6, 16, 17], які дозволяють об'єднати інформацію про рух транспорту, стан доріг, погодні умови тощо. Використання ІТС сприяє підвищенню точності планування маршрутів, скороченню простоїв, час проходження контрольно-пропускних пунктів та оперативне реагування на зміни ситуації під час воєнного стану.

Окремої уваги заслуговує перспектива застосування математичного моделювання маршрутів з урахуванням ризикових факторів. Використання алгоритмів теорії графів, генетичних алгоритмів або стохастичного моделювання дозволяє будувати маршрути, які мінімізують не лише витрати, а й імовірність потрапляння в небезпечні зони.

Крім того, вагомими залишаються організаційні перспективи. Зокрема, створення національного центру моніторингу логістичних ризиків, розроблення нормативної бази для обміну даними між перевізниками, військовими адміністраціями та місцевою владою, а також стимулювання оновлення автопарку через пільгові програми фінансування.

Отже, тенденції розвитку автотransпортних перевезень в Україні вказують на перехід до цифрової моделі управління. Її реалізація можлива лише за умови інтеграції наукових розробок, державного регулювання й ініціатив приватного сектору. У цьому контексті дослідження питань оптимізації маршрутів в умовах воєнного стану є не лише теоретично значущим, а й практично необхідним для забезпечення стабільності національної економіки та підтримки оборонної логістики.

Досліджуючи автотransпортні вантажні перевезення розглянемо концепцію оптимізації маршрутів автотransпортних вантажних перевезень в умовах воєнного стану. Це передбачає методи оптимізації маршрутів, формалізацію задачі маршрутизації, моделювання маршрутів з урахуванням воєнних ризиків та використання цифрових платформ у плануванні оптимальних маршрутів.

Оптимізація маршрутів вантажних автоперевезень ґрунтується на поєднанні кількох груп методів, кожна з яких має власні переваги щодо точності, обчислюваної складності та придатності до динамічних транспортних умов. До класичних підходів (методів) належать:

1. Класичні алгоритми графів, зокрема алгоритм Дейкстри та алгоритм Беллмана-Форда, які забезпечують знаходження найкоротшого шляху з урахуванням вагових коефіцієнтів, що можуть відображати не лише відстань, а й час поїздки, стан дорожнього покриття чи рівень загроз на окремих ділянках [14, 20].

2. Евристичні методи, які використовуються у складних транспортних мережах, де кількість можливих варіантів різко зростає. Генетичні алгоритми, метод мурашиних колоній та алгоритм імітації відпалу демонструють здатність знаходити квазіоптимальні рішення за прийнятний час, особливо коли маршрут повинен враховувати додаткові параметри: завантаженість доріг, обмеження руху, наявність небезпечних зон або оперативні зміни в інфраструктурі [15].

3. Методи математичного програмування. Лінійні та цілочисельні моделі дозволяють формувати маршрути з урахуванням конкретних обмежень – часових вікон, вантажності транспортних засобів, вимог безпеки та логістичних пріоритетів. Їх застосування у транспортній оптимізації детально розглянуто в роботах [21].

Вибір методу залежить від розміру транспортної мережі, динаміки змін ризикових зон, доступності даних про дороги та характеру ризиків. На практиці рекомендується комбінування методів: спочатку визначаються допустимі маршрути за алгоритмами графів, після чого обирається оптимальний шлях із використанням евристичних або програмних методів з урахуванням усіх експлуатаційних та безпекових критеріїв.

Формалізацію задачі маршрутизації можна представити у вигляді мережі:

$$G = (V, E), \quad (1)$$

де V – множина вузлів (пункти відправлення, приймання вантажу та проміжні пункти);

E – множина дуг, що з'єднують вузли.

Кожна дуга характеризується трьома показниками: довжина d_{ij} , час проходження t_{ij} та коефіцієнт ризику r_{ij} .

Задачу маршрутизації можна сформулювати як пошук шляху P від вузла відправлення v_s , до вузла призначення v_d , який мінімізує функцію цілі:

$$F(P) = \alpha \sum_{(i,j) \in P} t_{ij} + \beta \sum_{(i,j) \in P} d_{ij} + \gamma \sum_{(i,j) \in P} r_{ij}, \quad (2)$$

де α , β , γ – вігові коефіцієнти, що відображають тип вантажу, умов перевезення та поточної ситуації на маршруті.

Вибір ваги визначається залежно від типу вантажу, умов перевезення та поточної ситуації на маршруті.

Для моделювання маршрутів в умовах воєнного стану (ризик) доцільно застосовувати комбінований підхід, який поєднує математичні методи оптимізації та аналіз оперативних даних із цифрових логістичних платформ. Розглянемо основні етапи моделювання маршрутів.

Перший етап – формування мережі маршрутів. Формується мережа можливих маршрутів, що включає всі доступні дороги, транспортні вузли та об'їзні шляхи. Для цього використовуються відкриті картографічні дані та офіційні джерела щодо стану інфраструктури, зокрема інформаційні ресурси Державного агентства автомобільних доріг України [13].

Другий етап – присвоєння ризикових коефіцієнтів. Кожній дузі транспортної мережі присвоюється ризиковий коефіцієнт, що враховує рівень загроз у конкретному районі. Такі коефіцієнти формуються на основі актуальних повідомлень про безпечну ситуацію, включаючи дані ДСНС, військових адміністрацій та відкритих джерел ситуаційної обізнаності. Це дозволяє кількісно оцінити ймовірність перешкод або загроз на конкретних ділянках дороги.

Третій етап – оптимізація маршрутів. Оптимізація маршрутів здійснюється через мінімізацію цільової функції $F(P)$, що одночасно враховує час у дорозі, протяжність маршруту та інтегральний показник ризику. До відповідних методів належать алгоритми оптимізації на графах, зокрема модифіковані варіації алгоритмів Дейкстри з вагами, скоригованими на безпеку [7].

Четвертий етап – валідація результатів. Завершальним етапом є валідація розрахованих маршрутів за даними GPS-моніторингу та фактичного руху транспорту. Порівняння прогнозних і реальних траєкторій дозволяє коригувати модель та підвищувати точність наступних розрахунків.

Такий підхід забезпечує адаптивність логістичних рішень у динамічних умовах воєнного стану та створює підґрунтя для інтеграції з цифровими платформами управління перевезеннями. Наприклад, такі сервіси, як *Logix*, *Trans.eu*, *Lardi-Trans*, *TMS-Logist* або *Digital Logistics Hub* [18], уже функціонують на ринку України, але їхнє використання залишається обмеженим. Тобто розвиток цифрових платформ є вагомим чинником оптимізації маршрутів та управління логістикою. При цьому відзначимо, що перевагою цифрових платформ є можливість інтеграції в режимі реального часу. Це дозволяє перевізникам швидко реагувати на нові замовлення, оцінювати безпечність маршрутів та координувати дії з партнерами [23].

Для управління вантажними перевезеннями цифрові платформи формують комплексну інформаційну інфраструктуру, що забезпечує інтеграцію різномірних даних про дорожню мережу, інтенсивність руху, потенційні ризики та метеорологічні умови. Застосування цифрових платформ дає змогу підвищити оперативність управлінських рішень і зменшити ймовірність виникнення критичних ситуацій [23]. Завдяки використанню телематичних модулів, GPS-трекерів, даних супутникового спостереження та мобільних застосунків такі платформи створюють єдине інформаційне середовище для оперативного та стратегічного планування логістичних операцій.

Ключовими функціональними можливостями цифрових платформ є моніторинг переміщення автомобільного транспорту в реальному часі. При цьому оцінюється безпечність доступних маршрутів та визначаються оптимальні шляхи для обходу небезпечних ділянок. У разі зміни дорожньої обстановки або погодних факторів система здатна автоматично генерувати альтернативні маршрути, враховуючи обмеження руху та пріоритети користувача [19].

Додатково цифрові платформи забезпечують збір, структурування та аналітичну обробку даних, що створює підґрунтя для побудови прогнозних моделей та удосконалення логістичних процесів. Особливої значущості ця функціональність набуває в умовах нестабільної транспортної інфраструктури під час воєнного стану, коли ситуація на дорогах може змінюватися протягом кількох хвилин.

Крім того, узагальнений масив даних, який накопичений цифровими платформами, використовується для подальшого аналітичного моделювання. Зокрема, прогнозування ризиків, оцінювання пропускної спроможності маршрутів, удосконалення логістичних стратегій і планування навантаження транспортної мережі, використання інформації із GPS-трекерів, супутникових даних та мобільних додатків для водіїв. Наприклад, система може відстежувати блокування доріг або її перевантаження і миттєво перераховувати оптимальний маршрут для водія.

Серед переваг використання цифрових платформ відзначимо: адаптивність до динамічних змін дорожньої ситуації; зменшення часу перевезення та експлуатаційних витрат; підвищення безпеки перевезень; можливість інтеграції з наявними системами GPS та логістики.

Разом з тим відзначимо й деякі обмеження щодо використання цифрових платформ: потреба у постійному оновленні даних про дороги та безпечні зони; складність оцінки вагових коефіцієнтів для комбінованої функції цілі; необхідність навчання персоналу та адаптації підприємств до цифрових платформ.

Таким чином, комбіноване використання математичного моделювання та цифрових платформ дозволяє досягти ефективного управління маршрутами автотранспортних вантажних перевезень в умовах високої невизначеності (ризик) воєнного стану. При цьому цифрові платформи виконують подвійну роль – як інструмент оперативного управління та як засіб підвищення стратегічної стійкості транспортної системи.

Висновки

Оптимізація автотранспортних вантажних перевезень в умовах воєнного стану в Україні є надзвичайно актуальним питанням і потребує комплексного підходу. При цьому комплексний підхід поєднує аналіз стану галузі, математичне моделювання маршрутів та використання цифрових платформ для управління логістикою.

Методичний підхід до оптимізації маршрутів вантажних перевезень включає формалізацію транспортної мережі як графа, що враховує відстань, час проходження та рівень ризику. Для розв'язання таких задач застосовуються комбіновані методи оптимізації – класичні алгоритми графів, евристичні підходи та математичне програмування. Така методика дозволяє адаптивно реагувати на змінні умови та обирати маршрути з мінімальними витратами та ризиками.

Використання цифрових платформ для інтеграції даних про стан доріг, транспортних потоків та ризиків дозволяє скоротити час перевезення, зменшити витрати пального, підвищити безпеку руху та безпеку вантажів. Запропоновані підходи можуть бути впроваджені в умовах невизначеності як у комерційних вантажних перевезеннях, так і у військово-цивільній логістиці, що сприяє стабілізації автотранспортних вантажних потоків.

Для практичного застосування оптимізації автотранспортних вантажних перевезень пропонується наступне: впровадження цифрових платформ та телематичних систем; регулярне оновлення даних про стан інфраструктури та безпеку маршрутів; використання комбінованих методів оптимізації маршрутів для адаптивного планування перевезень; розробка нормативних та організаційних механізмів адміністраціями, що актуалізує подальші дослідження.

Список використаної літератури

1. Про засади державної політики національної пам'яті Українського народу. Закон України від 21 серпня 2025 року № 4579-ІХ. Прийняття від 21.08.2025.
2. Про воєнний стан. Укази Президента України № 64/2022 від 24 лютого 2022 року.
3. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua/>
4. Білоус В.М., Григор'єв О.С. Математичне моделювання логістичних процесів автотранспорту. *Вісник транспортної науки*. 2021. № 2. С. 15–27.
5. Васильців Н. Трансформація та адаптація логістики до викликів в умовах воєнного стану. *Економіка та суспільство*, 2023. № 55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-78>
6. Venger A. Stepanov O. Intelligent transportation systems in the transport process. *Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. Серія : Технічні науки та архітектура*, 2021. Том 1. № 161. С. 212–217.
7. Григор'єв О.С. Методи оптимізації маршрутів вантажного автотранспорту. *Транспорт України*. 2022. № 3. С. 45–54.
8. Європейська Бізнес Асоціація. Логістика в Україні: ринок та тенденції 2024 / ЕВА. Київ, 2024. 56 с. URL: <https://eba.com.ua/logistics-2024-report>

9. Козаченко І.М. Цифрові платформи у вантажоперевезеннях: проблеми та перспективи. *Логістика та управління ланцюгами поставок*. 2021. Т. 12, № 4. С. 32–41.
10. Козаченко І.М., Петренко С.В. Сучасні цифрові рішення в управлінні транспортними потоками. *Логістика та інформаційні технології*, 2022. № 1. С. 9–19.
11. Костенко О., Черненко В., Куличков А. Цифрова трансформація логістичного управління вантажними перевезеннями в Україні: інституційні виклики та євроінтеграційні перспективи. *Сталий розвиток економіки*, 2025. № 5 (56), С. 425-431. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-58>
12. Сучасні тенденції розвитку транспортної галузі. *Логістика України*, 2023. URL: <https://logistics-ua.com>
13. Транспортні платформи в Україні: актуальність та можливості / Trans.eu, 2024. URL: <https://www.trans.eu/ua/blog/transportni-platformy-ukrayiny-2024>
14. Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2022) *Introduction to algorithms* (4th ed.). MIT Press.
15. Dorigo, M., & Stützle, T. (2019) „Ant Colony Optimization: Overview and Recent Advances“. In M. Gendreau & J.-Y. Potvin (Eds.), *Handbook of Metaheuristics* (3rd ed., International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 272, pp. 311–351). Springer, Cham.
16. Diderot, C. D., Bernice, N. W. A., Tchappi, I., Mualla, Y., Najjar, A., Galland, S. (2023) Intelligent transportation systems in developing countries: Challenges and prospects. *Procedia Computer Science*. 215–222.
17. Elassy, M., Al-Hattab, M., Takruri, M., & Badawi, S. (2024) Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. *Transportation Engineering*, 27, 100252.
18. Sheoran, S., Mohanasundaram, S., Kasilingam, R., & Vij, S. (2023) Usability and Accessibility of Open Government Data Portals of Countries Worldwide: An Application of TOPSIS and Entropy Weight Method. *International Journal of Electronic Government Research*, 19(1), 1–25.
19. HERE Technologies. HERE Real-Time Traffic Information. (2023) URL: HERE Real-Time Traffic.
20. Kleinberg, J., & Tardos, É. (2005). *Algorithm design*. Pearson Education.
21. Toth, P., & Vigo, D. (Eds.). (2014) *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications* (2nd ed.; MOS-SIAM Series on Optimization, No. 18). Society for Industrial and Applied Mathematics.
22. Ukrainian Logistics Forum. (2024) URL: <https://logistics-ukraine.com> > 2024/10/14 > ukrainian-1
23. Vyskub, O. A., & Petrushchenko, D. P. (2024) Technical requirements for the modernization of the Single State Open Data Web Portal (data.gov.ua) [Technical specification, appendix to contract]. International Renaissance Foundation / Fund of Eastern Europe; Ministry of Digital Transformation of Ukraine / State Enterprise “Diia”. Retrieved November 15, 2025, from https://eef.org.ua/wp-content/uploads/2024/12/TV_Modernizatsiya-Veb-portalu-danyh.pdf

References

1. On the principles of state policy on national memory of the Ukrainian people. Law of Ukraine No. 4579-IX of August 21. (2025) Adopted on August 21, 2025.
2. On martial law. Decrees of the President of Ukraine No. 64/2022 of February 24. (2022).
3. State Statistics Service of Ukraine. URL: <http://ukrstat.gov.ua/>
4. Bilous V.M., Hryhoriev O.S. Mathematical modeling of logistics processes in motor transport. *Bulletin of Transport Science*. (2021) No. 2. Pp. 15–27.
5. Vasylytsiv N. Transformation and adaptation of logistics to challenges in conditions of martial law. *Economy and Society*. (2023) No. 55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-78>
6. Venher A., Stepanov O. Intelligent transportation systems in the transport process. *Municipal Economy of Cities: Scientific and Technical Collection. Series: Technical Sciences and Architecture*. (2021) Vol. 1. No. 161. Pp. 212–217.
7. Hrihoriev O.S. Methods for optimizing freight transport routes. *Transport of Ukraine*. (2022) No. 3. Pp. 45–54.
8. European Business Association. Logistics in Ukraine: market and trends 2024 / EBA. Kyiv (2024) 56 p. URL: <https://eba.com.ua/logistics-2024-report>
9. Kozachenko I.M. Digital platforms in freight transportation: problems and prospects. *Logistics and Supply Chain Management*. (2021) Vol. 12, No. 4. Pp. 32–41.
10. Kozachenko I.M., Petrenko S.V. Modern digital solutions in transport flow management. *Logistics and Information Technologies*. (2022) No. 1. pp. 9–19.
11. Kostenko O., Chernenko V., Kulichkov A. Digital transformation of logistics management of freight transportation in Ukraine: institutional challenges and European integration prospects. *Sustainable Economic Development*. (2025) No. 5 (56), pp. 425–431. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-58>
12. Current trends in the development of the transport industry. *Logistics of Ukraine*. (2023) URL: <https://logistics-ua.com>
13. Transport platforms in Ukraine: relevance and opportunities / Trans.eu. (2024) URL: <https://www.trans.eu/ua/blog/transportni-platformy-ukrayiny-2024>
14. Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2022) *Introduction to algorithms* (4th ed.). MIT Press.

15. Dorigo, M., & Stützle, T. (2019) „Ant Colony Optimization: Overview and Recent Advances“. In M. Gendreau & J.-Y. Potvin (Eds.), *Handbook of Metaheuristics* (3rd ed., International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 272, pp. 311–351). Springer, Cham.
16. Diderot, C. D., Bernice, N. W. A., Tchappi, I., Mualla, Y., Najjar, A., Galland, S. (2023) Intelligent transportation systems in developing countries: Challenges and prospects. *Procedia Computer Science*. 215–222.
17. Elassy, M., Al-Hattab, M., Tahruri, M., & Badawi, S. (2024) Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. *Transportation Engineering*, 27, 100252.
18. Sheoran, S., Mohanasundaram, S., Kasilingam, R., & Vij, S. (2023) Usability and Accessibility of Open Government Data Portals of Countries Worldwide: An Application of TOPSIS and Entropy Weight Method. *International Journal of Electronic Government Research*, 19(1), 1–25.
19. HERE Technologies. HERE Real-Time Traffic Information. (2023) URL: HERE Real-Time Traffic.
20. Kleinberg, J., & Tardos, É. (2005) *Algorithm design*. Pearson Education.
21. Toth, P., & Vigo, D. (Eds.). (2014) *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications* (2nd ed.; MOS-SIAM Series on Optimization, No. 18). Society for Industrial and Applied Mathematics.
22. Ukrainian Logistics Forum (2024) URL: <https://logistics-ukraine.com> › 2024/10/14 › ukrainian-l.
23. Vyskub, O. A., & Petrushchenko, D. P. (2024) Technical requirements for the modernization of the Single State Open Data Web Portal (data.gov.ua) [Technical specification, appendix to contract]. International Renaissance Foundation / Fund of Eastern Europe; Ministry of Digital Transformation of Ukraine / State Enterprise “Diia”. Retrieved November 15, 2025, from https://eef.org.ua/wp-content/uploads/2024/12/TV_Modernizatsiya-Veb-portalu-danyh.pdf.

Дата першого надходження рукопису до видання: 19.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 15.12.2025
Дата публікації: 31.12.2025