

ЗАХАРЧЕНКО РАЇСА

Херсонський національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0003-4650-3095>e-mail: zraissa2@gmail.com**РАСТОРГУЄВ В'ЯЧЕСЛАВ**

Херсонський національний технічний університет

<https://orcid.org/0009-0007-9004-8719>e-mail: s3636278@kntu.edu.ua

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ МЕТОДІВ В ЗАДАЧАХ ЛОГІСТИКИ

У роботі комплексно досліджено теоретичні та прикладні аспекти застосування оптимізаційних методів у логістичних системах. Проаналізовано сучасні математичні підходи до вирішення логістичних задач, визначено їх ефективність та потенціал для підвищення економічної результативності підприємств. Розглянуто математичні моделі, методи оптимізації та практичні рекомендації щодо впровадження оптимізаційних технологій в логістичні процеси.

Сучасний стан розвитку світової економіки характеризується високим рівнем конкуренції та постійними змінами ринкового середовища. В таких умовах ефективність логістичних систем стає критично важливим фактором успіху підприємств. Оптимізація логістичних процесів дозволяє суттєво знизити витрати, підвищити швидкість та якість обслуговування, а також забезпечити гнучкість та адаптивність бізнес-процесів.

Логістика є ключовим елементом сучасного бізнесу, що забезпечує ефективне управління матеріальними і інформаційними потоками. З метою підвищення конкурентоспроможності підприємств, оптимізаційні методи стають важливими інструментами для покращення логістичних процесів. Це дослідження присвячене аналізу ефективності використання різних оптимізаційних методів у задачах логістики, зокрема в управлінні запасами, транспортуванні та плануванні.

Актуальність дослідження зумовлена наступними факторами: зростаючою складністю логістичних систем; необхідністю впровадження оптимізаційних методів управління логістичних систем; потребою в підвищенні економічної ефективності підприємств в умовах війни; розвитку логістики в організації транспортних і пасажирських перевезень в умовах війни.

Ключові слова: оптимізаційні методи, інформаційні технології, логістика, логістичні системи, організація перевезень.

ZAKHARCHENKO RAISA**RASTORGUYEV VYACHESLAV**

Kherson National Technical University

EFFICIENCY OF USING OPTIMIZATION METHODS IN LOGISTICS PROBLEMS

The article comprehensively researches the theoretical and applied aspects of the application of optimization methods in logistics systems. Modern mathematical approaches to solving logistics problems are analyzed, their effectiveness and potential for increasing the economic performance of enterprises is determined. Mathematical models, optimization techniques and practical recommendations for the implementation of optimization technologies in logistics processes are considered.

The current state of development of the world economy is characterized by a high level of competition and constant changes in the market environment. In such conditions, the efficiency of logistics systems becomes a critically important factor in the success of enterprises. Optimization of logistics processes allows you to significantly reduce costs, increase the speed and quality of service, as well as ensure the flexibility and adaptability of business processes.

Logistics is a key element of modern business that ensures effective management of material and information flows. In order to increase the competitiveness of enterprises, optimization methods become important tools for improving logistics processes. This study is devoted to the analysis of the effectiveness of the use of various optimization methods in logistics tasks, in particular in inventory management, transportation and planning.

The relevance of the study is determined by the following factors: growing complexity of logistics systems; the need to implement optimization methods for managing logistics systems; the need to increase the economic efficiency of enterprises in the conditions of war; development of logistics in the organization of transport and passenger transportation in wartime conditions.

Keywords: optimization methods, information technologies, logistics, logistics systems, transportation organization.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Основна проблема ведення сучасного бізнесу це мінімізація витрат за допомогою використання методів оптимізації. Пошуки оптимальних рішень з точки зору математики, як відомо, це знаходження максимуму чи мінімуму. Такі типи екстремальних задач стали основою теорії оптимізації. Це в першу чергу вирішення задач пов'язаних з управлінням запасами, оптимізації маршрутів та ін. Оптимальне управління транспортною логістикою, в наш час, це надійність ефективність функціонування підприємства та оптимальне управління транспортними перевезеннями [3-5]. В Україні військовий стан і для транспорту та логістики збільшуються ризики: обстрілів, мінувань, захоплення транспортних засобів і вантажів, що призводить до значних фінансових втрат та втрати товарів. Підприємства змушені інвестувати значні кошти в забезпечення безпеки, страхування вантажів та обробку ризиків. Є

необхідність у відбудові значних порушень в логістичних ланцюгах. Всі ці проблеми це збільшення вартості товарів для кінцевих споживачів, це збільшення ціни квитків на транспортні перевезення пасажирів.

Особливі умови, в яких опинилася наша країна, вимагають за допомогою оптимізації та вдосконалення сучасних логістичних систем розробки ефективної транспортної структури. Впровадження інформаційних технологій у транспортній логістиці допоможе підвищити ефективність транспортних процесів, надаючи швидкий доступ до важливої інформації про суб'єктів та об'єктів доставки і дозволить знайти раціональні рішення відносно організації перевезень. Успішність перевезень залежить від застосування передових технологій, таких як сучасні засоби зв'язку та комп'ютерна обробка інформації.

Значна роль для оптимізації логістики відводиться використанню технологій машинного навчання.

Аналіз досліджень та публікацій

В роботі [1] описано використання технологій машинного навчання для оптимізації логістики. Проаналізовано недоліки традиційних методів та обґрунтовано застосування машинного навчання для підвищення гнучкості і швидкості логістики.

У [2] описаний логістичний потенціал як система яка досліджує можливості стратегічного розвитку підприємства.

У статті [3] описано можливості використання сучасних технологій, а саме штучного інтелекту в управлінні транспортною логістикою. Дослідження направлене на те, як штучний інтелект може впливати на ефективність і оптимізацію процесів управління транспортними ресурсами, маршрутизацією, системою управління дорожнім рухом.

В роботі [4] описано управління ланцюгами поставок. Описані автором ключові фактори ефективності ланцюга постачання, яке забезпечує конкурентну перевагу підприємства.

В [5] автори описують оптимальний логістичний підхід до управління ресурсами в ринкових умовах.

В [6] описано теоретичні та прикладні аспекти впровадження ефективної системи логістичного управління в діяльність сучасних підприємств. Представлено дослідження та впровадження у практику сучасних логістичних підходів в організації суб'єктів господарювання вітчизняних підприємств з метою покращення їх виробничо-господарської діяльності.

У статті [7] описано результати проведеного аналізу напрямків логістичної діяльності середовища міжнародної торгівлі та сформульовано розуміння структури логістичного забезпечення в міжнародних перевезеннях. Представлено результати дослідження особливості окремих складових логістичного забезпечення в сфері торгівлі. Представлено аналіз основних напрямків розвитку логістики в організації міжнародних перевезень в умовах війни. Визначено в роботі взаємозв'язок основних складових логістики між собою.

В [8] описано можливості мобільного додатку для автоматизації пасажирських перевезень.

В [9] описано дослідження операцій орієнтованих на рішення практичних задач, які можна описати за допомогою математичної моделі. Представлено узагальнений симплекс-метод, представлено всі мережеві моделі у вигляді лінійних моделей, рішення задачі комівояжера і метод золотого перерізу. Описано детерміновані ймовірнісні і нелінійні моделі.

Формулювання цілей статті

Основною метою цього дослідження є вивчення впливу оптимізаційних методів на ефективність логістичних процесів, а також визначення їх ролі у зменшенні витрат і покращенні обслуговування клієнтів.

Метою роботи є: вибір методу оптимізації управління транспортною логістичною системою для розробки програмного забезпечення. Мета дослідження: комплексний аналіз оптимізаційних методів у логістиці, визначення їх ефективності та розроблення рекомендацій щодо впровадження. Завдання дослідження:

- аналіз сучасних методів оптимізації логістичних процесів;
- вибір математичного інструментарію для вирішення логістичних задач;
- оцінка економічної ефективності запропонованих методів;
- розробка практичних рекомендацій щодо впровадження оптимізаційних технологій.

Виклад основного матеріалу

Оптимізаційні методи можна класифікувати за різними критеріями, серед яких: лінійне програмування, цілочисельне програмування, динамічне програмування та генетичні алгоритми [2, 9].

Транспорт є галуззю економіки, в якій ефективність є результатом впливу різноманітних чинників, великою мірою, зовнішніх по відношенню до транспортних суб'єктів і від них незалежних. Вплив цих чинників спричиняє те, що планування і реалізація транспортних процесів, і зокрема, оптимізація операційних рішень, є дуже важким завданням. Істотним чинником є також складність транспортних процесів. Однак, з іншого боку, саме ця складність становить виклик для науки і дисциплін, які займаються вирішенням оптимізаційних проблем [7].

Транспорт є доволі специфічною і важкою з організаційного погляду діяльністю. Між прийнятими рішеннями та ефективністю транспортних процесів існують нелінійні залежності, які важко подати за допомогою математичних моделей. Без таких моделей, математичних формул, алгоритмів не можуть функціонувати оптимізаційні комп'ютерні програми. А саме використання сучасних технологій для оптимізації рішень є однією з найважливіших цілей розробки таких методів. З цієї причини на практиці використовуються методи інтуїтивного характеру, що уможливило, якщо не знаходження найкращого розв'язку, то принаймні вибір задовільного за короткий час.

Застосування оптимізаційних методів часто зумовлене необхідністю виконання певних умов спрощення. Спрощення дасть змогу здійснити застосування простіших і менш працевітких способів, якщо отримані розв'язки фактично не будуть принципово відрізнятися від найкращих результатів [2, 4, 5]. Такі спрощення застосовуються практиками саме через згадану працевіткість і часоміткість прийняття рішень. Однак без сумніву передумови меншою або більшою мірою повинні бути враховані, а ця вимога належить також до однієї з найвідоміших оптимізаційних транспортних проблем [9].

Наприклад, так звана «транспортна задача» або «транспортне завдання», чи «транспортне питання» упродовж багатьох років описується в літературі рівною мірою у таких галузях, як операційні дослідження, лінійне програмування, а також економіка транспорту і логістика. Цей метод має різновиди: закрите транспортне питання, відкрите транспортне питання, транспортно-виробниче питання, мінімізація порожніх пробігів [9]. Для прийняття оптимального рішення відповідальною особою при умові мінімізації витрат і мінімізації часу постачання: необхідно розробити оптимальний транспортний план сполучень певної кількості споживачів від певної кількості постачальників. В наш час, на підприємствах використовується сучасне програмне забезпечення для вирішення таких завдань.

В теорії графів, оптимізаційна задача про найкоротший шлях полягає в знаходженні такого шляху між двома вершинами (або вузлами) графу, що сума ваг ребер з яких він складається мінімальна. Маючи рішення такої задачі, можна планувати транспортні перевезення з мінімізацією витрат. А використання сучасних інформаційних технологій, при їх вирішенні, це можливість мінімізації працевіткості і часоміткості для прийняття оптимальних рішень.

Для вирішення поставленого завдання – оптимізації транспортної логістики, розглянуто використання теорії про знаходження найкоротших шляхів для розробки оптимальних маршрутів, яка базується на основі відомих алгоритмів. Існують чотири найбільш ефективних алгоритмів знаходження найкоротшого шляху [9]:

- 1) алгоритм побудови мінімального основного дерева, який передбачає з'єднання всіх вузлів мережі за допомогою шляхів найменшої довжини;
- 2) алгоритм Данцига використовується для знаходження найкоротшого шляху між заданими вихідними вузлом і будь-яким іншим вузлом мережі;
- 3) алгоритм Флойда [9] використовується для знаходження оптимального маршруту між будь-якими двома вузлами мережі;
- 4) алгоритм знаходження найкоротших відстаней - Дейкстри.

В табл. 1 приведено порівняння основних характеристик відносно складності і застосувань у різних сценаріях перерахованих алгоритмів.

Таблиця 1

Загальний огляд основних характеристик ефективних алгоритмів знаходження найкоротшого шляху, їх складності та застосувань у різних сценаріях

Алгоритм	Опис	Складність	Застосування
Алгоритм побудови мінімального основного дерева	З'єднує всі вузли мережі за допомогою шляхів найменшої довжини, що забезпечує оптимальне покриття.	$O(E \log V)$	Використовується для мереж з великим числом вузлів, де потрібно з'єднати всі вершини.
Алгоритм Данцига	Знаходить найкоротший шлях між заданим вихідним вузлом і будь-яким іншим вузлом мережі.	$O(V^2)$	Підходить для задач з одним джерелом і кількома цілями.
Алгоритм Флойда-Воршелла	Використовується для знаходження оптимального маршруту між будь-якими двома вузлами мережі.	$O(V^3)$	Ідеальний для малих графів або коли потрібно знайти всі пари найкоротших шляхів.
Алгоритм Дейкстри	Знаходить найкоротші відстані від одного вузла до всіх інших у графі з невід'ємними вагами.	$O((V+E) \log V)$	Широко використовується в маршрутизації та навігаційних системах.

Алгоритм Флойда знаходить найкоротший шлях між будь-якими двома вузлами мережі. У цьому алгоритмі мережа представлена у вигляді квадратної матриці з n рядками і n стовпцями. Елемент (i, j)

дорівнює відстані d_{ij} від вузла i до вузла j , яке має кінцеве значення, якщо існує дуга (i, j) , і дорівнює нескінченності в іншому випадку [9].

Алгоритм Флойда вимагає виконання наступних дій:

1. Визначається початкова матриця відстаней D_0 і матриця послідовності вузлів S_0 . Діагональні елементи обох матриць в обчисленнях не беруть участь. Вважається що $k = 1$. Задається рядок k і стовпець k як провідний рядок і ведучий стовпець.

2. Розглядається можливість застосування трикутного оператора до всіх елементів d_{ij} матриці D_{k-1} .

1. Якщо виконується нерівність

$$d_{ij} + d_{jk} < d_{ik} \quad (i \neq k, j \neq k, i \neq j),$$

тоді виконуються наступні дії:

а) створюється матриця D_k шляхом заміни в матриці D_{k-1} елемента d_{ij} на суму $d_{ij} + d_{jk}$;

б) створюється матриця S_k шляхом заміни в матриці S_{k-1} елемента s_{ij} на k . Вважається $k = k + 1$ і

повторюють крок k .

Після реалізації n кроків алгоритму відбувається визначення за матрицями D_n і S_n найкоротшого шляху між вузлами i та j за правилами:

1. відстань між вузлами i та j дорівнює елементу d_{ij} в матриці D_n ;

2. проміжні вузли шляху від вузла i до вузла j визначаються по матриці S_n .

Якщо $s_{ij} = k$, тоді шлях $i \rightarrow j \rightarrow k$. Якщо $s_{ik} = k$ і $s_{ki} = j$, тоді вважається, що весь шлях визначений, так як знайдені всі проміжні вузли. В іншому випадку повторюється описана процедура для шляхів від вузла i до вузла k і від вузла k до вузла j .

Розглянувши, як приклад алгоритм Флойда для пошуку найкоротших відстаней, слід зазначити, що є певна можливість вибору серед алгоритмів вирішення для цього завдання. Можна було б застосувати алгоритм Данцига або Дейкстри з багаторазовим повторенням останнього при виборі кожної вершини графа в якості початкової матриці даних [9]. Для вибору одного з розглянутих алгоритмів необхідно порівняти обсяг обчислень по кожному з них. Процедура оцінки кількості операцій, які виконуються в алгоритмах, отримала назву аналізу обчислювальної складності. Алгоритми з практично незмінним числом виконуваних операцій при фіксованому вихідному графі: Дейкстри, Флойда і Данцига. Існують алгоритми, точне число операцій в яких не може бути заздалегідь визначене. Наприклад, не можна заздалегідь визначити число операцій алгоритму Форда. Для алгоритмів такого типу при аналізі обчислювальної складності визначають верхню межу можливого числа операцій [9].

Алгоритми пошуку найкоротших шляхів в основному складаються з операцій двох типів: операції додавання і операції порівняння по мінімуму [9]. Визначено число операцій в алгоритмах Данцига (Флойда), Дейкстри і Форда. В алгоритмі Флойда необхідно обчислювати N матриць D_1, D_2, \dots, D_N , загальна кількість операцій пропорційна $2N^3$. Загальне число операцій в алгоритмі Дейкстри $1,5N^2$, а в алгоритмі Форда $1,5N^3$.

Для визначення найкоротших відстаней і найкоротших маршрутів було обрано алгоритм Данцига. Послідовність виконання алгоритму Данцига [9]:

Перенумеровуються вершини вихідної транспортної мережі цілими числами від 1 до N . Формується матриця D_0 , кожен елемент якої визначає довжину найкоротшої дуги (якщо вона існує), що веде з вершини i у вершину j . Якщо така дуга відсутня то потрібно прийняти за відстань або максимально велике число, або безкінечність.

D_n позначається матриця розмірністю $n \times n$ з елементами i та j . Послідовно за допомогою формул (1 – 3) визначаються елементи матриці D_1 з елементів матриці D_0 , що приймає значення 1, 2, ... N :

$$d_{mj}^m = \min_{i=1,2,\dots,m-1} \{d_{mi}^0 + d_{ij}^{m-1}\} \quad (j = 1, 2, \dots, m - 1), \quad (1)$$

$$d_{im}^m = \min_{j=1,2,\dots,m-1} \{d_{ij}^{m-1} + d_{jm}^0\} \quad (i = 1, 2, \dots, m - 1), \quad (2)$$

$$d_{ij}^m = \min \{d_{im}^m + d_{mj}^m; d_{ij}^{m-1}\} \quad (i, j = 1, 2, \dots, m - 1). \quad (3)$$

Крім того, для всіх i і m виконується рівність $d_{ii}^m = 0$ [9].

Після проведених розрахунків можна обрахувати економічну ефективність результатів при порівнянні даних матриці D_0 і отриманих даних матриці D_n .

Для автоматизації вирішення поставленого завдання: знаходження найкоротших відстаней і найкоротших маршрутів, на базі обраного алгоритму Данцига розроблено програмне забезпечення. Проведене тестування додатку показало, що якщо при введенні вхідних даних не було допущено помилки і вони відповідають встановленим для системи обмеженням, то отримане рішення дійсно буде оптимальним. На рис. 1 представлено вікно програми для внесення вхідних даних.

иск	18	0	М	81	58	М	М	43	52
вик	М	М	0	9	М	28	М	27	М
	М	81	9	0	М	М	М	М	М
евка	М	58	М	М	0	34	28	43	44
рое	М	М	28	М	34	0	21	М	М
ки	М	М	М	М	28	21	0	М	28
евк	М	43	27	М	43	М	М	0	М
дов	М	52	М	М	44	М	28	М	0
и	63	М	М	М	М	М	М	М	М

Рис.1. Вікно програми

За допомогою розробленого додатку, особа яка приймає рішення має можливість автоматично визначити найменшу відстань і оптимальний маршрут між обраними пунктами. В залежності від зміни обставин, в транспортній мережі, користувач має можливість змінити вхідні дані і змоделювати різні варіанти ситуацій.

Розроблений додаток можна використовувати як систему підтримки прийняття оптимальних рішень в транспортних логістичних системах. Для забезпечення ефективного використання програмного продукту необхідно забезпечити і транспортну службу всіма необхідними сучасними інструментами.

Моделювання маршрутів з використанням оптимізаційних алгоритмів і з використанням передових досягнень сфери інформатики та телекомунікацій дає можливість знизити транспортні витрати та забезпечити ефективність роботи транспортної логістичної системи.

У сфері пасажирських перевезень, щоб бути конкурентоспроможним, потрібно забезпечити якісну автоматизацію робочих процесів. Оптимальна транспортна логістична система повинна займатися не тільки оптимізацією маршрутів, а і плануванням рейсів, бронюванням поїздок і т.д. Для цього користувачеві зручно використовувати мобільні додатки для вирішення проблем пасажирських перевезень. Мобільний додаток повинен фіксувати всі дані про рейс – кількість пасажирів, статуси оплати, невикуплені місця, замовлення і скасування квитків і т.д. [8]. Всі дані повинні автоматично, в залежності від різних непередбачених змін, обновлюватися та видавати необхідну інформацію. На рис. 2 представлена блок-схема вікна додатку для пасажирів.

Можливості даного додатку це ефективна робота логістичної транспортної системи для перевезення пасажирів.

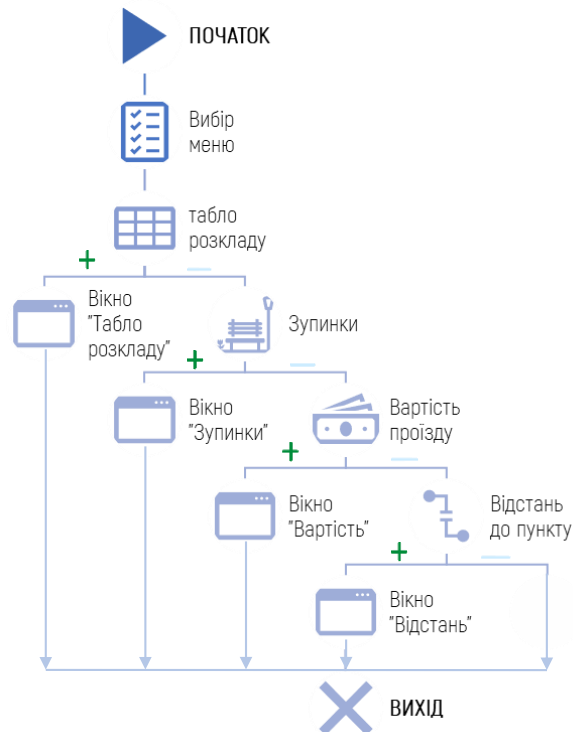


Рис. 2. Блок-схема Головного вікна додатку

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В ході проведеного дослідження оптимізації транспортної логістики було розглянуто питання відносно мінімізації транспортних витрат. Для вирішення поставленого завдання використано теорію про знаходження найкоротших шляхів, яка базується на основі відомих алгоритмів. Запропоновано

розроблений додаток на базі алгоритму Дейкстри. Результати проведених розрахунків показали економічну ефективність при порівнянні даних вхідної матриці D_0 і отриманих даних матриці D_n .

В залежності від обставин, в додатку є можливість виконувати моделювання різних варіантів ситуації в транспортній мережі. Запропонований додаток може бути використаний як система підтримки прийняття рішень в транспортній логістичній системі.

Якщо розглядати транспортну логістичну систему у сфері пасажирських перевезень, то система повинна займатися не тільки оптимізацією маршрутів, а і плануванням рейсів, бронюванням поїздок і т.д.

Перспективи подальших досліджень у сфері оптимізації логістичних процесів: розробка нових моделей для складних транспортних логістичних систем. Для розвитку транспортних логістичних систем особливого дослідження потребує впровадження штучного інтелекту.

Література

1. Чебанова, О. П., & Волохов, В. А. (2023). Використання технологій машинного навчання для оптимізації логістики. *Вісник економіки транспорту і промисловості*, (83), 278–283. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vetp_2023_83_33
2. Chornopyska, N., & Stasiuk, K. (2020). Logistics potential of the railway as a key for sustainable and secure transport development. In *Proceedings of 24th International Scientific Conference: Transport Means, Lithuania* (Part I, pp. 421–425). <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2020-1-3>
3. Головіна, О. (2023). Сучасні технології в управлінні транспортною логістикою. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, 2(3), 35–42. <https://doi.org/10.46299/j.isjmef.20230203.04>
4. Луценко, І. С. (2022). *Управління ланцюгами поставок: Конспект лекцій* (навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра, освітня програма «Логістика», спеціальність 073 «Менеджмент»). КПІ ім. Ігоря Сікорського. Retrieved from <https://some-link.edu> (уточніть, якщо є точний URL)
5. Ачкасова, Л. (2021). Модель управління матеріальними потоками в логістичних системах. *Економіка транспортного комплексу*, (37), 36. <https://doi.org/10.30977/ETK.2225-2304.2021.37.36>
6. Перебийніс, В. І., Рогоза, М. Є., Миколенко, І. Г., & Кононенко, Ж. А. (2023). Управління логістичною діяльністю суб'єктів господарювання: Інформаційний аспект. *Вісник економічної науки України*, 2(45), 123–128. [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.2\(45\).123-128](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.2(45).123-128)
7. Кушнір, Ю. Б., Блага, М. М., Поп, М. В., & Поп, Ю. В. (2023). Логістика та міжнародна торгівля України в умовах війни. *Науковий вісник Ужгородського університету*, 1(61), 23–25. Retrieved from <http://visnyk-ekon.uzhnu.edu.ua/article/view/278292>
8. *Мобільний застосунок для автоматизації пасажирських перевезень*. (n.d.). Retrieved from <https://kitapp.pro/uk/mobilnij-zastosunok-dlya-avtomatizatsiyi-pasazhirskih-perevezen/>
9. Малкіна, В. М., Зінов'єва, О. Г., & Мірошніченко, М. Ю. (2020). *Дослідження операцій: навчальний посібник*. Люкс.

References

1. Chebanova, O. P., & Volokhov, V. A. (2023). Vykorystannia tekhnolohii mashynnoho navchannia dlia optymizatsii lohistyky. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*, (83), 278–283. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vetp_2023_83_33
2. Chornopyska, N., & Stasiuk, K. (2020). Logistics potential of the railway as a key for sustainable and secure transport development. In *Proceedings of 24th International Scientific Conference: Transport Means, Lithuania* (Part I, pp. 421–425). <https://doi.org/10.46783/smart-scm/2020-1-3>
3. Holovina, O. (2023). Suchasni tekhnolohii v upravlinni transportnoi lohistykoii. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, 2(3), 35–42. <https://doi.org/10.46299/j.isjmef.20230203.04>
4. Lutsenko, I. S. (2022). Upravlinnia lantsiuhamy postavok: Konspekt leksii (navchalnyi posibnyk dlia zdobuvachiv stupenia mahistra, osvithnia prohrama «Lohistyka», spetsialnist 073 «Menedzhment»). KPI im. Ihoria Sikorskoho. Retrieved from <https://some-link.edu> (utochnit, yakshcho ye tochnyi URL)
5. Achkasova, L. (2021). Model upravlinnia materialnymy potokamy v lohistrychnykh systemakh. *Ekonomika transportnoho kompleksu*, (37), 36. <https://doi.org/10.30977/ETK.2225-2304.2021.37.36>
6. Perebyinis, V. I., Rohoza, M. Ye., Mykolenko, I. H., & Kononenko, Zh. A. (2023). Upravlinnia lohistrychnoiu diialnistiu subiektiv hospodariuvannia: Informatsiinyi aspekt. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, 2(45), 123–128. [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.2\(45\).123-128](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.2(45).123-128)
7. Kushnir, Yu. B., Blaha, M. M., Pop, M. V., & Pop, Yu. V. (2023). Lohistyka ta mizhnarodna torhivlia Ukrainy v umovakh viiny. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu*, 1(61), 23–25. Retrieved from <http://visnyk-ekon.uzhnu.edu.ua/article/view/278292>
8. *Mobilnyi zastosunok dlia avtomatyzatsii pasazhyrskykh perevezen*. (n.d.). Retrieved from <https://kitapp.pro/uk/mobilnij-zastosunok-dlya-avtomatizatsiyi-pasazhirskih-perevezen/>
9. Malkina, V. M., Zinovieva, O. H., & Miroshnychenko, M. Yu. (2020). *Doslidzhennia operatsii: navchalnyi posibnyk*. Liuks.