

МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 656.07:519.8

DOI: <https://doi.org/10.32782/СМІ/2025-13-9>**Шмиголь Н.М.**

доктор економічних наук, професор,
Національний університет «Запорізька політехніка»;
Warsaw University of Technology, Poland
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5932-6580>

Бирський В.В.

кандидат економічних наук, доцент,
Запорізький національний університет
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4150-8754>

Демченко С.

аспірант,
Національний університет «Запорізька політехніка»
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3758-2685>

МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ ЕКСПЕДИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ КОМПАНІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ РЕВЕРСИВНОЮ ЛОГІСТИКОЮ

Проведений аналіз існуючих економіко-математичних інструментів та особливостей їх практичного застосування у вирішенні транспортних задач в експедиційній діяльності на прикладі досліджень українських науковців виявив низку обмежень у сфері оптимізації управління реверсивною логістикою повернення транспортних засобів. Зокрема, було виявлено такі ключові проблеми: обмежений доступ до актуальних даних і недостатня повнота статистичної бази, висока чутливість економіко-математичних моделей до змін вхідних параметрів, а також недостатня адаптованість цих моделей до реальних умов функціонування транспортних компаній. Ці фактори визначили мету даного дослідження – удосконалення математичних засад експедиційної діяльності транспортних підприємств шляхом розробки підходів до оптимізації управління реверсивною логістикою повернення транспортних засобів із метою мінімізації операційних витрат. Проведене моделювання транспортних маршрутів дало змогу здійснити комплексний порівняльний аналіз витрат конкурентних транспортних підприємств, сформувані оптимальні плани вантажоперевезень, орієнтовані на мінімізацію сукупних витрат з урахуванням як постійних, так і змінних складових витратної структури.

Ключові слова: управління транспортним підприємством, логістика вантажоперевезень, алгоритм Дейкстри, оптимізаційна задача, експедиційна діяльність, оптимізація управління реверсивною логістикою.

Shmygol Nadia

Warsaw University of Technology, Poland

Byrskiy Vitalii

Zaporizhzhia National University

Demchenko Serhii

National University “Zaporizka Polytechnic”

MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF THE EXPEDITIONARY ACTIVITIES OF TRANSPORT COMPANIES FOR THE OPTIMIZATION OF REVERSE LOGISTICS MANAGEMENT

An extensive analysis of existing economic-mathematical instruments and their practical applications in solving transportation problems within expeditionary activities – illustrated by research conducted by Ukrainian scholars – has revealed several significant limitations in optimizing reverse logistics management, particularly in the context of returning transport vehicles. Key challenges include limited access to current data, an insufficiently comprehensive statistical base, a high sensitivity of the models to changes in input parameters, and a lack of adaptability to the real-world operating conditions of transport companies. These challenges have motivated the primary objective of the present study: to enhance the mathematical foundations underpinning the expeditionary activities of transport enterprises by developing innovative approaches for optimizing reverse logistics management with the goal of minimizing operational costs. To achieve this, the research integrates advanced optimization techniques. This approach enables a thorough comparative cost analysis among competing transport companies and facilitates the formulation of optimal freight transportation plans that consider both fixed and variable cost components. Consequently, the model not only ensures cost-effective delivery of goods but also systematically addresses the return routing of transport vehicles, thereby achieving a dual-level optimization of

logistics operations. The proposed integrated mathematical model is designed to adapt to dynamic operational conditions and variable real-time data, providing a robust decision-support tool for logistics managers. By incorporating detailed cost factors such as fuel consumption, labor expenses, vehicle depreciation, and loading/unloading charges, the model assists in identifying the most economically viable routing strategies for both forward and reverse logistics. The novelty of this work lies in its comprehensive treatment of reverse logistics within the expeditionary transport framework – a domain that has traditionally received limited attention. By addressing the entire cycle of transportation, including the often-overlooked return phase, this study offers a methodological advancement that bridges the gap between theoretical optimization models and practical logistics management. Future research will focus on developing an information support system to automate computations and provide real-time decision-making assistance, further enhancing the applicability and impact of the proposed approach.

Keywords: transport enterprise management, freight logistics, Dijkstra's algorithm, optimization problem, expeditionary activities, reverse logistics management optimization.

Постановка проблеми. Функціонування реального сектору економіки пов'язане з розвитком логістичних транспортних мереж, за допомогою яких забезпечується рух товарно-матеріальних цінностей. При цьому будь-яке транспортне підприємство в процесі здійснення своєї господарської діяльності стикається з рядом специфічних особливостей:

- наявність великої кількості постачальників продукції або товарних складів, які територіально можуть бути розташовані в різних регіонах, мають певні виробничі потужності та запаси невідвантаженої продукції;
- наявність великої кількості споживачів продукції, які також територіально розташовані в різних регіонах. Причому як за чисельністю, так і за географічним розташуванням споживачі продукції жодним чином не пов'язані з постачальниками.

Отже, постачальники продукції формують для транспортного підприємства пропозицію, а споживачі – попит. Окрім цього, транспортне підприємство в процесі логістичної діяльності змушене враховувати обмеження на власні виробничі потужності, такі як: наявний автопарк, трудові ресурси (водії, обслуговуючий персонал) тощо.

Кінцева мета діяльності транспортного підприємства полягає в отриманні максимальної прибутку. Факторами зростання прибутку є: збільшення доходів або зниження витрат на перевезення вантажів. Класична модель транспортної задачі зводиться до вироблення оптимального з точки зору витрат на перевезення плану транспортування вантажів від виробників до споживачів. Водночас, при масових перевезеннях вантажів із пунктів відправлення до пунктів призначення виникає необхідність не лише вирішувати задачу доставки вантажів з найменшими витратами, але й забезпечити повернення транспортних засобів за найменших можливих витрат, що не враховують традиційні економіко-математичні моделі. Використання інформаційних технологій для автоматизації зазначеного обчислювального процесу дозволить підвищити швидкість і точність прийняття рішень при роботі з великими масивами економічної інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оптимізація транспортної логістики є ключовим аспектом підвищення ефективності перевезень та зниження витрат у сучасних умовах. Українські науковці активно досліджують цю тему, пропонуючи різні підходи та методи для вдосконалення логістичних процесів. Снявська О. та Репіч Т. у своїй статті дослідили процес перевезення вантажів та обґрунтували необхідність планування логістичних дій з урахуванням багатьох факторів. Вони охарактеризували сучасні

способи оптимізації процесу транспортування, виділили основні етапи формування транспортного ланцюга та розглянули ключові проблеми на кожному з них. Автори запропонували встановлення системи GPS-моніторингу та інтеграцію нових логістичних модулів до наявної інформаційної бази компанії для підвищення ефективності перевезень [1].

Дмитрів Д. та Рогатинська О. розглядають сутність оптимізації міжнародних вантажних автоперевезень з використанням теорії масового обслуговування на митних контрольних пунктах. Вони запропонували математичну модель, яка дозволяє мінімізувати паливні витрати та підвищити ефективність обслуговування системою шляхом оптимального керування потоком транспортних засобів [2].

Коляденко Н. Ментус В. та інші вивчають питання оптимізації транспортної роботи логістичних компаній. Вони акцентували увагу на важливості ефективного управління транспортними процесами для зниження витрат та підвищення конкурентоспроможності компаній [3–6].

Погребний В. у своїй статті розглянув основні аспекти управління логістичними процесами у транспортній сфері, приділяючи особливу увагу інтеграції інформаційних технологій для підвищення продуктивності та зниження витрат. Він дослідив методи оптимізації перевезень, управління складськими запасами, а також стратегічного планування та координації транспорту [7].

Рисцов І. та Каплун О. у своїй роботі [8] аналізують актуальні проблеми у сфері вантажних перевезень. Вони пропонують економіко-математичну модель, яка враховує інтереси як перевізників, так і користувачів послуг. Модель спрямована на оптимізацію прибутку перевізників шляхом коригування цін на перевезення та обсягів вантажів.

Шишкіна О. досліджує методичні підходи до оцінки економічної ефективності формування містотворюючих підприємств під впливом різних видів транспорту [9]. Вона пропонує ситуативно-регіональний підхід для оцінювання змін кінцевих показників при реалізації інноваційного транспортного проекту та проводить економіко-математичне моделювання ефективності використання різних видів транспорту тощо.

Розглянуті роботи відображають широкий спектр підходів українських науковців до оптимізації транспортної логістики, включаючи впровадження сучасних технологій, математичне моделювання та ефективне управління логістичними процесами. Однак, огляд цих праць вказує на низку проблем, з якими стикаються науковці та практики у цій сфері:

– нестача актуальних даних та обмеженість статистичної бази. У багатьох дослідженнях наголошується, що дані, необхідні для точного моделювання транспортних процесів, або застарілі, або неповні. Це ускладнює застосування сучасних методів аналізу та прогнозування;

– висока чутливість математичних моделей до вхідних параметрів. Економіко-математичні моделі, що використовуються для оптимізації транспортної діяльності, часто демонструють значну залежність від змінних факторів, зокрема витрат на паливо, тарифів, попиту та зовнішніх економічних умов, що напряму впливає на результати моделювання;

– недостатня адаптація до реальних умов транспортної системи. В деяких роботах зазначається, що математичні моделі та оптимізаційні підходи є складними для практичного застосування, оскільки вони не враховують усіх обмежень реальних логістичних процесів (наприклад, погодні умови, бюрократичні перепони, технічний стан транспорту). Також, існуючі методи оптимізації переважно стосуються окремих видів транспорту (автомобільного, залізничного тощо), тоді як комплексні моделі, що поєднують мульти-модальні перевезення, ще недостатньо розроблені.

Дослідники вказують, що в Україні рівень автоматизації транспортної логістики залишається нижчим за міжнародні стандарти, що знижує ефективність управління перевезеннями та збільшує витрати. Ці недоліки вказують на напрямки подальших досліджень, зокрема на необхідність створення більш гнучких математичних моделей, підвищення доступності якісних даних, а також активне впровадження цифрових технологій у транспортну логістику.

Формування цілей статті (постановка завдань).

Метою статті є вдосконалення математичних основ експедиційної діяльності транспортних компаній для оптимізації зворотної логістики повернення транспортних засобів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для початку розглянемо економіко-математичну постановку транспортного завдання. Припустимо, що у нас є m пунктів відправлення (постачальників, складів) A_1, A_2, \dots, A_m деякого однорідного вантажу. Запаси вантажу на складах задаються вектором-стовпчиком A , де a_i – обсяг вантажу, що очікує на відправлення в пункті A_i , в натуральних одиницях вимірювання, $a_i \geq 0$.

Даний вантаж необхідно транспортувати в n пунктів призначення B_1, B_2, \dots, B_n . Потреби кожного пункту призначення в вантажі визначаються вектором-рядком B , де b_j – потреба j -го пункту призначення у вантажі, $b_j \geq 0$. Далі будемо розглядати транспортну задачу закритого типу, коли сукупні запаси вантажу у всіх пунктах відправлення дорівнюють їх сумарній потребі у пунктах призначення, тобто, $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j = M$.

Відомо, що будь-яку задачу відкритого типу можна звести до задачі закритого типу шляхом додавання фіктивного пункту відправлення або призначення. Вартість перевезення одиниці вантажу з пункту A_i в пункт B_j задається прямокутною матрицею $C[m \times n]$ і дорівнює $c_{ij} \geq 0$. Тоді, матриця рішень $X[m \times n]$ буде складатись з $x_{ij} \geq 0$ – обсяг вантажу, що відправляється з пункту

A_i в пункт B_j . Критерієм оптимальності рішення X вважають мінімальну можливу вартість перевезень, яка забезпечить задоволення потреб пунктів призначення у вантажі в рамках його наявних обсягів у пунктах відправлення.

Беручи до уваги вищесказане, класична економіко-математична постановка транспортного завдання набуває вигляду: (1).

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad \forall i = 1, 2, \dots, m, \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad \forall j = 1, 2, \dots, n, \\ \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j = M, \\ x_{ij} \geq 0, \quad \forall i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Перше обмеження свідчить про те, що з кожного пункту відправлення A_i має бути вивезено весь наявний вантаж. У свою чергу, друге обмеження гарантує, що попит на вантаж у кожному пункті отримання B_j буде задоволено у необхідній кількості.

Визначення елементів матриці C пов'язане з багатократним розв'язанням задачі про найкоротший шлях. Універсальним методом її розв'язання є ітераційний алгоритм Дейкстри. Його реалізація в середовищі Microsoft Excel можлива за допомогою вбудованої мови програмування VBA.

Кожна вершина транспортного графа асоціюється з двома мітками: L та Q . Мітки відрізняються від змінних тим, що, окрім значень, які можуть змінюватися в процесі розв'язання, вони також мають постійний або тимчасовий статус. Мітки з тимчасовим статусом можуть неодноразово змінювати свої значення в ході ітераційного процесу. Якщо ж на певному етапі розрахунків мітки присвоюється постійний статус, то до завершення ітераційного процесу її значення більше не змінюється.

Мітки L показують знайдені найкоротші відстані до кожної з вершин графа. Якщо у такої мітки встановлено тимчасовий статус, це означає, що в ході подальшого розв'язання відстань до даної вершини може покращитися, тобто зменшитися. Як тільки мітка L набуває постійного статусу, це означає, що знайдена до вершини відстань є мінімальною і не може бути покращена в ході подальших ітерацій.

Мітки Q зберігають номер суміжної вершини графа, з якої ми проложили маршрут до даної вершини. Постійний або тимчасовий статус мітки Q змінюється синхронно зі статусом мітки L .

Розглянемо етапи алгоритму Дейкстри детальніше: Вершині графа, яка є точкою входу, присвоюємо постійне значення мітки $L = 0$. Для всіх інших вершин мітки $L = \infty$ і мають тимчасовий статус; Береться вершина графа, що отримала на останній ітерації статус постійної мітки L , і розглядаються суміжні з нею вершини з метою можливого зменшення тимчасових міток L . Для цього до значення постійної мітки L додаються ваги дуг, що ведуть до суміжних вершин. Якщо отримана сума виявляється меншою, ніж значення

тимчасової мітки L, тоді замінюємо її на цю суму. Відповідно, міткам Q таких суміжних вершин присвоюється номер вершини з постійною міткою L; Обираємо з усіх вершин з тимчасовими мітками L ту вершину, у якій мітка L має мінімальне значення, і переводимо її в статус постійної; Повторюємо кроки 2 і 3 до тих пір, поки мітка L вершини – точки виходу – не стане постійною. В результаті отримане значення мітки L для точки виходу і є найкоротшою відстанню між заданими вершинами графа; Будуємо маршрут від вершини – точки виходу – до вершини – точки входу за допомогою значень міток Q.

Реалізація даного алгоритму дозволяє знаходити найкоротший маршрут між будь-якими вершинами зв'язаного зваженого графа і на його основі розраховувати вартість відповідних перевезень. При масових перевезеннях вантажів з пунктів відправлення до пунктів призначення виникає необхідність не лише вирішувати задачу з доставки вантажів з найменшими витратами, але й обирати маршрути перевезень таким чином, щоб забезпечити повернення транспортних засобів при найменших можливих витратах. Практичну реалізацію цієї умови пропонується вирішувати у три етапи:

1. На першому етапі ми повинні вирішити звичайну транспортну задачу закритого типу, закріпивши споживачів за конкретними постачальниками. Цей етап реалізується без урахування повернення транспортних засобів. Постановка даної задачі (1) наведена вище.

2. На другому етапі вирішується задача з повернення транспортних засобів назад до постачальників продукції або складів з мінімальними витратами. Для цього, знаючи місткість транспортних засобів T і виходячи з матриці рішень X, будемо знаходити їх необхідну кількість за формулою (2).

$$n_{ij} = \frac{X_{ij}}{T}, \forall i = 1, 2 \dots m, j = 1, 2 \dots n, \quad (2)$$

де n_{ij} – кількість транспортних засобів (автомобілів), що прибули до j -го споживача від i -го виробника. Загальна кількість автомобілів, що прибули до j -го споживача, буде розраховуватися за формулою (3).

$$n_j = \sum_{i=1}^m n_{ij}, \forall j = 1, 2 \dots n, \quad (3)$$

Відповідно, загальну кількість автомобілів, відправлених з продукцією від i -го постачальника, будемо знаходити за виразом (4).

$$n_i = \sum_{j=1}^n n_{ij}, \forall i = 1, 2 \dots m, \quad (4)$$

Позначимо матрицю повернення транспортних засобів, яку потрібно знайти, як Y. Елементи цієї матриці y_{ij} показують кількість транспортних засобів, що повернулися від j -го споживача до i -го постачальника. Тоді загальні витрати на повернення автомобілів будуть рівнятися:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} y_{ij} \rightarrow \min, \quad (5)$$

Елемент c'_{ij} різниться від c_{ij} тим, що при поверненні автомобіля не враховуються витрати на його завантаження та розвантаження. Крім того, витрата пального

на незавантаженому автомобілі буде суттєво меншою, що зменшує витрати на його пробіг. Система обмежень даної задачі повинна передбачати:

– усі автомобілі, які доставили вантаж кожному споживачу, мають повернутися назад; – загальна кількість автомобілів, відправлених з продукцією від i -го постачальника, повертається назад у тій же кількості. Беручи до уваги все вищесказане, задача з забезпечення повернення транспортних засобів за найменших можливих витрат записується як:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} y_{ij} \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n y_{ij} = n_i, \forall i = 1, 2 \dots m, \\ \sum_{i=1}^m y_{ij} = n_j, \forall j = 1, 2 \dots n, \\ y_{ij} \geq 0, y_{ij} \leq z, \forall i = 1, 2 \dots m, j = 1, 2 \dots n \end{cases},$$

Результатом розв'язання даної задачі буде матриця повернення транспортних засобів Y. На третьому етапі визначаються маршрути руху транспортних засобів з урахуванням першого та другого етапів.

Таким чином, ми дослідили актуальність вантажо-перевезень та специфічні особливості експедиційної діяльності транспортних компаній з урахуванням оптимізації зворотної логістики повернення транспортних засобів.

Практичне застосування запропонованого методологічного підходу передбачало формування плану транспортування овочів та фруктів з оптових складів до торгових центрів району, що забезпечує мінімальні транспортні витрати, із вибором логістичної компанії. У нашому випадку є 5 складів (постачальників продукції) та 6 торгових центрів (споживачів). Місячні потреби у сільськогосподарській продукції та її запаси наведені в таблиці 1.

Як видно з таблиці 1, сукупний попит і пропозиція відрізняються один від одного: наявні запаси овочів та фруктів на складах перевищують їхню потребу. Отже, ми маємо транспортну задачу відкритого типу. Відповідну матрицю відстаней між кожним споживачем і постачальником було розраховано з використанням картографічного сервісу Google Maps і наведено в таблиці 2.

Дані таблиць 1 і 2 представляють собою умовно постійну інформацію. Крім цього, для розрахунку вар-

Таблиця 1

Потреби у продукції та її запаси, тонн

Попит		Пропозиція	
Торговий центр	Потреби, тонн	Склад	Запаси, тонн
ТЦ 1	15	Склад 1	17
ТЦ 2	9	Склад 2	8
ТЦ 3	12	Склад 3	25
ТЦ 4	22	Склад 4	19
ТЦ 5	7	Склад 5	16
ТЦ 6	9		
Сукупний попит	74	Сукупна пропозиція	85

Таблиця 3

Сукупні витрати на транспортування по транспортних компаніях, у.о

Статті витрат	Транспортна компанія 1	Транспортна компанія 2	Транспортна компанія 3
Паливо	17753	14425	19978
Зарплата водія	29172	34476	23868
Амортизація автомобіля	1538	2228	1353
Завантаження / розвантаження	59200	55500	61420
Всього	107663	106629	106619

тостей перевезень з кожного пункту відправлення в кожний пункт призначення використовується умовно змінна інформація про основні статті витрат, які для різних транспортних компаній можуть відрізнятися. Сюди входять такі статті витрат, як: витрата пального на 100 км, ціна 1 літра пального, вартість 1 км шляху, вартість розвантаження/завантаження 1 тонни вантажу та амортизація автомобіля за 1 км пробігу.

Відмінності в ставках витрат логістичних компаній обумовлені різним видом транспорту, а також рівнем оплати праці. В результаті зміни вартості 1 тонно-кілометра для кожної транспортної компанії оптимальний план перевезень не зміниться. Іншими словами, кожен склад поставить продукцію кожному торговому центру в тій же самій кількості. Проте сукупні мінімальні витрати на транспортування будуть відрізнятися. У таблиці 3 наведені підсумкові дані по витратах для кожної транспортної компанії.

Як бачимо, друга транспортна компанія має нижчі тарифи на роботи з розвантаження та завантаження, при цьому її вантажні автомобілі споживають паливо економніше. Проте, зарплата водіїв та витрати на амортизацію автомобілів тут є найвищими. В результаті, її сукупні витрати на транспортування перевищили витрати інших логістичних посередників. Третя транспортна компанія, навпаки, характеризується найвищими тарифами на роботи з розвантаження та завантаження, при цьому її автомобілі споживають паливо менш економно. Проте,

Таблиця 2

Матриця відстаней між постачальниками та споживачами, км

Постачальники та споживачі	ТЦ 1	ТЦ 2	ТЦ 3	ТЦ 4	ТЦ 5	ТЦ 6
Склад 1	13	26	18	21	15	21
Склад 2	19	05	15	14	24	18
Склад 3	48	22	51	52	60	59
Склад 4	30	16	21	18	28	25
Склад 5	24	26	18	19	12	11

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Синявська О., Репіч Т. Оптимізація вантажних перевезень за допомогою системи GPS-моніторингу. *Молодий вчений*. 2020. № 2 (78). С. 356–359. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-2-78-75>
- Дмитрів Д., Рогатинська О. (2011). Оптимізація міжнародних вантажних перевезень за допомогою теорії масового обслуговування. *Матеріали науково-практичної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти розвитку економіки»*. 2011. С. 67–68. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/1177>
- Коляденко Н., Ментус В. Оптимізація транспортної роботи логістичних компаній. Наукові розробки молоді на сучасному етапі : тези доповідей XVIII Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (18–19 квітня 2019 р., Київ). Київ : КНУТД. Т. 3 : Економіка інноваційної діяльності підприємств, 2019. С. 208–209. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14149>
- Koval, V., Shmygol, N., Đurović, S., Pavićević, Đ., & Honcharova, I. (2025). Analysis of Innovative Electromobility Development and the Advancement of Eco-Friendly Transport Infrastructure. *Sustainability*, 17 (3), 1010.
- Jacyna-Godda, I., Shmygol, N., Gavkalova, N., & Salwin, M. (2024). Sustainable Development of Intermodal Freight Transportation – Through the Integration of Logistics Flows in Ukraine and Poland. *Sustainability*, 16 (1), 267.
- Pulina, T., Shmygol, N., Somych, N., Narivs'kyi, O., & Gudz, P. (2021). Determination of the Clustering Potential of the Machine-Building Industry in Zaporizhzhia Region. In SHS Web of Conferences (Vol. 100, p. 01023). EDP Sciences.
- Погребний В. Управління логістичними процесами у транспортній сфері. *Економіка та суспільство*. 2024. № 63. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-87>
- Рисцов І., Каплун О. Економіко-математичне моделювання діяльності транспортної галузі. *Молодий вчений*. 2018. № 3 (55). С. 374–377. URL: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/4966>
- Шишкіна О. В. Економіко-математичне моделювання ефективності різних видів транспорту при формуванні містоутворюючих підприємств. *Вісник Чернігівського технологічного університету*. 2010. № 41. С. 56–68. URL: <http://ir.stu.cn.ua/handle/123456789/11051>

REFERENCES

1. Syniavska O., Repich T. (2020). Optymizatsiia vantazhnykh perevezen za dopomohoiu systemy GPS-monitorynhu. *Molodyi vchenyi*, 2 (78), 356–359. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-2-78-75>
2. Dmytriv D., Rohatynska O. (2011). Optymizatsiia mizhnarodnykh vantazhnykh perevezen za dopomohoiu teorii masovoho obsluhovuvannia. *Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii "Teoretychni ta prykladni aspekty rozvytku ekonomiky"*, 67–68. Available at: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/1177>
3. Koliadenko N., Mentus V. (2019). Optymizatsiia transportnoi roboty lohistychnykh kompanii. Naukovi rozrobky molodi na suchasnomu etapi : tezy dopovidei XVIII Vseukrainskoi naukovoii konferentsii molodykh vchenykh ta studentiv (18–19 kvitnia 2019 r., Kyiv). Kyiv : KNUVD. T. 3 : Ekonomika innovatsiinoi diialnosti pidpriemstv. S. 208–209. Available at: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14149>
4. Koval, V., Shmygol, N., Đurović, S., Pavićević, Đ., & Honcharova, I. (2025). Analysis of Innovative Electromobility Development and the Advancement of Eco-Friendly Transport Infrastructure. *Sustainability*, 17 (3), 1010.
5. Jacyna-Golda, I., Shmygol, N., Gavkalova, N., & Salwin, M. (2024). Sustainable Development of Intermodal Freight Transportation – Through the Integration of Logistics Flows in Ukraine and Poland. *Sustainability*, 16 (1), 267.
6. Pulina, T., Shmygol, N., Somych, N., Narivs kyi, O., & Gudz, P. (2021). Determination of the Clustering Potential of the Machine-Building Industry in Zaporizhzhia Region. In SHS Web of Conferences (Vol. 100, p. 01023). EDP Sciences.
7. Pohrebnyi V. (2024). Upravlinnia lohistychnymy protsesamy u transportnii sferi. *Ekonomika ta suspilstvo*, (63). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-87>
8. Rystsov I., Kaplun O. (2018). Ekonomiko-matematychni modeliuvannia diialnosti transportnoi haluzi. *Molodyi vchenyi*, 3 (55), 374–377. Available at: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/4966>
9. Shyshkina O. V. (2010). Ekonomiko-matematychni modeliuvannia efektyvnosti riznykh vydiv transportu pry formuvanni mistoutvoriuiuchykh pidpriemstv. *Visnyk Chernihivskoho tekhnolohichnoho universytetu*, (41), 56–68. Available at: <http://ir.stu.cn.ua/handle/123456789/11051>