https://orcid.org/0000-0001-7806-8249).

ARBUZOVA Tetyana – Candidate of Economical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Public Management, Administration and International Economics, Bila Tserkva National Agrarian University (09107, Bila Tserkva, 32, Symona Petliury Str., e-mail: tv_arbuzova@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-7806-8249).

Надходження статті 23.11.2025.
Прийнято 14.12.2025.
Опубліковано 25.12.2025.

УДК 005.932-048.34
DOI: 10.37128/2411-4413-2025-4-2

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ШЛЯХІВ ЛОГІСТИКИ ПОСТАЧАННЯ У СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

КОЛЯДЕНКО С.В.,
доктор економічних наук,
професор кафедри комп'ютерних наук та цифрової економіки

ТИТАРЧУК Є.О.,
кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук та цифрової економіки

КІПОРЕНКО С.С.,
асистент кафедри комп'ютерних наук та цифрової економіки,
Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця)

Зростальна складність систем логістики постачання, що зумовлена цифровізацією, глобалізацією ринків і підвищенням рівня невизначеності зовнішнього середовища, істотно знижує ефективність традиційних статичних підходів до планування маршрутів. Волатильність попиту, нестабільність транспортної інфраструктури й логістичні ризики зумовлюють необхідність використання інструментів прийняття рішень, здатних функціонувати в умовах динамічних змін. У цьому контексті системи підтримки прийняття рішень (далі – СППР) відіграють ключову роль у підвищенні ефективності й надійності управління логістикою постачання.

Метою дослідження є обґрунтування теоретико-методичних засад оптимізації шляхів постачання в системах підтримки прийняття рішень на основі використання економіко-математичного моделювання з урахуванням транспортних витрат, часу доставлення й ризикозорієнтованих параметрів.

У дослідженні застосовано методи системного й порівняльного аналізу, економіко-математичного моделювання, сценарного аналізу, а також проаналізовано алгоритмічні підходи, придатні для їхньої реалізації у СППР. Запропоновано узагальнену формалізацію

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF SUPPLY LOGISTICS ROUTE OPTIMIZATION IN DECISION SUPPORT SYSTEMS © 2025 by KOLIADENKO Svitlana, TYTARCHUK Yevhenii, KIPORENKO Svitlana is licensed under CC BY 4.0

задачі оптимізації логістики постачання, яка допускає як маршрутизаційне, так і потокове трактування, і може бути інтегрована в системи підтримки прийняття рішень із використанням даних реального часу. Розглянуто роль даних реального часу як механізму адаптивного перепланування маршрутів і зниження інформаційної асиметрії.

Наукова новизна дослідження полягає в обґрунтуванні комплексного підходу, що поєднує багатокритеріальну оптимізацію маршрутів, урахування факторів невизначеності й економічне оцінювання результатів у межах систем підтримки прийняття рішень. Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості їхнього використання для підвищення економічної ефективності логістики постачання підприємств, зниження логістичних ризиків й обґрунтування доцільності інвестування в цифрові логістичні рішення.

Ключові слова: логістика постачання, оптимізація маршрутів, система підтримки прийняття рішень, економіко-математичне моделювання, логістичні витрати, ризики постачання, цифрова логістика.

Табл.: 2. Рис.: 1. Літ.: 23.

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF SUPPLY LOGISTICS ROUTE OPTIMIZATION IN DECISION SUPPORT SYSTEMS

KOLIADENKO Svitlana,
Doctor of Economic Sciences, Professor
of the Department of Computer Sciences and Digital Economy

TYTARCHUK Yevhenii,
Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
of the Department of Computer Sciences and Digital Economy

KIPORENKO Svitlana,
Assistant of the Department of
Computer Sciences and Digital Economy,
Vinnytsia National Agrarian University
(Vinnytsia)

The increasing complexity of supply logistics systems driven by digitalization, market globalization, and growing environmental uncertainty significantly reduces the effectiveness of traditional static route planning approaches. Volatile demand, unstable transport infrastructure, and logistical risks require decision-making tools capable for operating under dynamic conditions. In this context, decision support systems (hereinafter – DSS) play a key role in improving the efficiency and reliability of supply logistics management.

The purpose of the study is to develop a justification for the theoretical and methodological foundations of supply path optimization in decision support systems based on the use of economic and mathematical modeling, taking into account transportation costs, delivery time, and risk-oriented parameters.

The research employs methods of system and comparative analysis, economic and mathematical modeling, scenario-based analysis, and it analyzes algorithmic approaches suitable for their implementation in DSS. A generalized formalization of the supply logistics optimization problem is proposed, which allows for both routing-based and flow-based interpretations and can be integrated into decision support systems using real-time data. The role of real-time data is examined as a mechanism for adaptive route re-planning and reduction of information asymmetry.

The scientific novelty of the study lies in substantiating a comprehensive approach that combines multi-criteria route optimization, uncertainty factors, and economic evaluation of the results within decision support systems. The practical significance of the obtained results consists

in their applicability for improving the economic efficiency of the enterprise supply logistics, reducing logistics risks, and substantiating the feasibility of investing in digital logistics solutions.
Key words: supply logistics, route optimization, decision support system, economic and mathematical modeling, logistics costs, supply risks, digital logistics.
Tabl.: 2. Fig.: 1. Ref.: 23.

Постановка проблеми. Сучасні трансформаційні процеси в економіці, що зумовлені цифровізацією, глобалізацією ринків й ускладненням логістичних мереж, істотно змінюють умови функціонування систем постачання та підвищують вимоги до якості управлінських рішень у сфері логістики. Збільшення територіальної розосередженості постачальників і споживачів, підвищення волатильності попиту, нестабільність транспортної інфраструктури, коливання вартості енергоресурсів і поглиблення геополітичних ризиків, що їх різко посилили за останні роки наслідками пандемії COVID-19, а також складною економічною ситуацією в Україні внаслідок військової агресії росії, формують середовище високої невизначеності, у якому традиційні підходи до планування маршрутів постачання різко втрачають свою ефективність. Неоптимальні маршрутні рішення призводять до зростання витрат, порушення ритмічності виробничих процесів і зниження конкурентоспроможності підприємств. Водночас системи планування логістики, наявні в практичному використанні, часто ґрунтуються на статичних даних і не забезпечують своєчасного врахування тих оперативних змін зовнішнього середовища, котрі істотно обмежують можливості швидкої адаптації маршрутних рішень.

Незважаючи на розвиток систем підтримки прийняття рішень, економіко-математичних моделей і алгоритмів оптимізації, їхнє впровадження у реальні процеси управління постачанням залишається фрагментарним. Недостатньо формалізованими є підходи, які одночасно поєднують: 1) оптимізацію маршрутів; 2) використання даних реального часу; 3) врахування факторів невизначеності й ризиків у межах економічної оцінки результатів. У зв'язку з цим виникає об'єктивна необхідність подальших досліджень, спрямованих на розроблення науково обґрунтованих підходів до оптимізації шляхів логістики постачання у системах підтримки ухвалення рішень з урахуванням динамічності середовища й економічних вимог до ефективності функціонування підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження з оптимізації логістики постачання у СППР демонструють тенденцію до поєднання економіко-математичних моделей із цифровими технологіями, методами штучного інтелекту й аналітикою даних. Значна частина праць зосереджена на задачах маршрутизації транспортних засобів, як базового інструмента мінімізації витрат і скорочення часу доставлення в логістичних мережах [1–4]. У цих роботах оптимізаційні моделі застосовано переважно в детермінованій постановці за фіксованих параметрів логістичної системи.

Подальший розвиток наукових досліджень пов'язаний з упровадженням динамічних і стохастичних постановок задач маршрутизації, у яких науковці враховують зміни параметрів середовища й дані реального часу [2; 5; 6]. У

межах цих підходів обґрунтовано доцільність використання сценарного аналізу та ймовірнісних характеристик часу доставлення, пропускної спроможності інфраструктури й попиту, що сприяє підвищенню адаптивності маршрутних рішень і стійкості логістичних систем. Водночас значну увагу приділяємо метаевристичним і гібридним методам оптимізації, які дають змогу отримувати економічно прийнятні рішення для задач великої розмірності й багатокритеріальних постановок [1; 2; 7].

Окремо досліджуємо економічна результативність оптимізації логістики, зокрема, ефекти скорочення транспортних витрат, оптимізації запасів і підвищення рівня сервісу; водночас підкреслюємо залежність результату від якості інформаційного забезпечення та рівня цифрової зрілості підприємства [8-16]. А також підкреслюється залежність досягнутого економічного ефекту від якості інформаційного забезпечення, рівня автоматизації логістичних процесів і цифрової зрілості підприємства.

Значний внесок у розвиток підходів до оптимізації шляхів логістики постачання в умовах невизначеності зроблено у працях закордонних науковців, присвячених стохастичним і динамічним задачам маршрутизації та їхній реалізації в системах підтримки прийняття рішень. У дослідженнях М. Жандро (M. Gendreau) і Ж. Лапорта (G. Laporte) [17], Х. Псарафтіса (H. Psaraftis) [18] й інших авторів розглянуто проблеми оптимізації маршрутів за умов неповної інформації, змінних параметрів середовища, а також необхідності оперативного перепланування логістичних рішень. Роботи П. Тота (P. Toth) і Ж. Віго (G. Vigo.) [19] формують методологічну основу задач маршрутизації транспортних засобів, яка широко використовується в сучасних СППР.

Питання побудови й функціонування систем підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності детально досліджувалися у працях Е. Турбан (Turban E.), Р. Шарда (R. Sharda) [20], Д. Пауер (D. Power) [21], П. Кін (P. Keen) і М. Мортон (M. Morton) [22], де СППР розглядаються як інструмент інтеграції моделей, даних і експертних знань для підвищення якості управлінських рішень. У межах логістики постачання такі підходи дають змогу поєднувати оптимізаційні моделі з аналітикою даних і сценарним аналізом.

Вагомий внесок у розвиток теоретико-економічних аспектів логістики постачання та застосування СППР здійснила низка вітчизняних науковців. Зокрема, у праці О. Шаповалової, А. Камардіна й О. Петухової [9] досліджено питання підвищення ефективності логістичних процесів на основі економічного аналізу, а також оптимізації управлінських рішень. У роботі І. Зрибнєвої [15] розглянуто проблеми інформаційного забезпечення логістики й використання аналітичних інструментів у прийнятті рішень. Дослідження науковців ВНАУ (О. Марценюк, О. Руда, О. Озвенчук [10], В. Даценко [11], С. Мудрик [13], О. Подолянчук [14]) зосереджені на економічній оцінці логістичних процесів, управлінні ресурсами й упровадженні цифрових рішень у діяльність підприємств.

Також аналіз публікацій свідчить, що у більшості досліджень питання чинників невизначеності й ризиків розглядаються окремо від економічної оцінки результатів оптимізації логістики постачання. Стохастичні й сценарні

підходи застосовуються переважно для підвищення надійності маршрутних рішень, тоді як їхній зв'язок із фінансовими показниками діяльності підприємств й оцінюванням довгострокових економічних наслідків залишається недостатньо формалізованим.

Отже, попри значну кількість наукових праць у сфері оптимізації логістики постачання та використання СППР, зберігається наукова прогалина, пов'язана з відсутністю комплексного теоретико-методичного підходу, який поєднував би економіко-математичні моделі оптимізації маршрутів, урахування чинників невизначеності, дані реального часу й системну економічну оцінку ефективності й ризиків у межах систем підтримки прийняття рішень.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є розроблення теоретико-методичного підходу до оптимізації шляхів логістики постачання в системі підтримки прийняття рішень, що забезпечує мінімізацію витрат, підвищення ефективності транспортування та адаптивність логістичних маршрутів у мінливих умовах. Для досягнення цієї мети ми передбачили: формалізувати логістичну систему як оптимізаційну задачу з множиною обмежень; обґрунтувати методи й алгоритми оптимізації маршрутів; розробити концептуальну модель інтеграції алгоритмів оптимізації в СППР; провести аналіз очікуваних ефектів від використання оптимізованих логістичних рішень.

Виклад основного матеріалу дослідження. У межах цього дослідження ми використовуємо низку базових понять, уточнення змісту яких є необхідним для коректної інтерпретації одержаних результатів.

Логістику ми розглядаємо як сукупність процесів планування, організації, управління та контролю матеріальних, інформаційних і фінансових потоків у просторі й часі з метою мінімізації сукупних витрат і забезпечення необхідного рівня обслуговування споживачів. У сучасній економічній теорії логістика трактують як важливий складник управління ланцюгами створення вартості підприємства.

Логістика постачання є функціональною підсистемою логістики, що охоплює процеси забезпечення підприємства матеріальними ресурсами, починаючи від вибору постачальників й умов постачання до організації транспортування, управління запасами, а також координації інформаційних потоків. Економічна сутність логістики постачання полягає в узгодженні потреб виробництва з можливостями постачальницького середовища за мінімальних витрат і прийнятного рівня ризику.

Шляхи (маршрути) логістики постачання визначаються як сукупність просторово-часових траєкторій переміщення матеріальних потоків від постачальників або складів до пунктів споживання з використанням транспортних засобів і логістичної інфраструктури. У контексті управління логістикою постачання маршрути характеризуються витратами на транспортування, часом доставлення, пропускною спроможністю та рівнем ризику виникнення збоїв.

Систему підтримки прийняття рішень (СППР) у логістиці постачання ми трактуємо як інтегрований інформаційно-аналітичний комплекс, що поєднує бази даних, економіко-математичні моделі, алгоритмічні методи й інструменти

аналізу для формування, оцінювання та вибору управлінських рішень. СППР забезпечує зниження інформаційної невизначеності й підвищення обґрунтованості рішень щодо оптимізації логістичних маршрутів у статичних і динамічних умовах.

Отже, використання зазначеного понятєвого апарату дає змогу сформувати єдину теоретичну основу для дослідження оптимізації шляхів логістики постачання в системах підтримки прийняття рішень і забезпечує узгодженість викладу матеріалу в майбутньому.

Для структурування дослідження ми виділили окремі складники, що охоплюють такі напрями: теоретико-економічні засади логістики постачання в системах підтримки прийняття рішень; використання даних реального часу й врахування невизначеності в оптимізації логістичних шляхів; алгоритмічні підходи до реалізації оптимізаційних моделей у СППР; формалізація оптимізаційної задачі логістики постачання в системі підтримки прийняття рішень; оцінювання економічної ефективності впровадження СППР у логістиці постачання.

Схема на рисунку 1 ілюструє інтеграцію зовнішніх і внутрішніх інформаційних потоків, аналітичних моделей та алгоритмічних методів у межах СППР із метою формування обґрунтованих управлінських рішень щодо оптимізації шляхів логістики постачання в умовах динамічності й невизначеності.

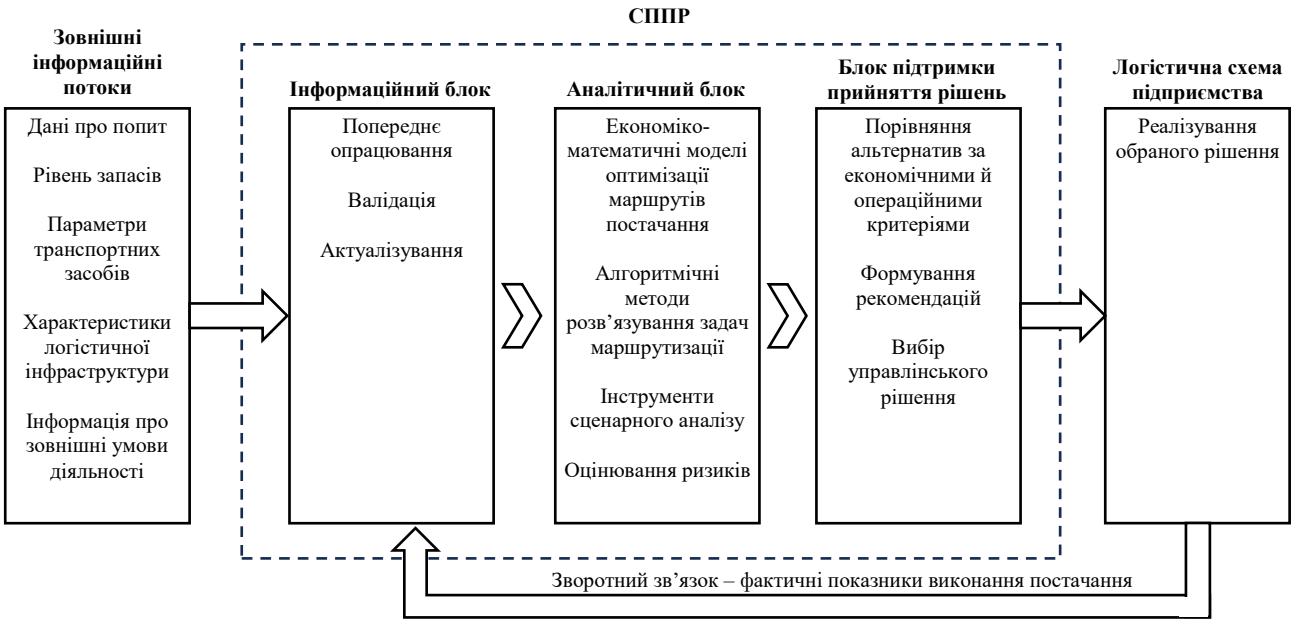


Рис. 1. **Концептуальна схема системи підтримки прийняття рішень у логістиці постачання**

Джерело: побудовано авторами

Розглянемо основні складники теоретико-економічних засад логістики постачання в системах підтримки прийняття рішень. Логістику постачання ми розглядаємо як ключова підсистема управління ланцюгами створення вартості, що визначає рівень витрат підприємства, швидкість обігу ресурсів і стійкість виробничих процесів. Її економічна сутність полягає в узгодженні

матеріальних, інформаційних і фінансових потоків із метою мінімізації сукупних витрат за умови досягнення заданого рівня сервісу й надійності постачання [5 с. 24; 8].

У контексті описаної проблеми системи підтримки прийняття рішень набувають особливої економічної значущості як інструмент інтеграції даних, моделей та експертних знань для формування обґрунтованих управлінських сценаріїв у логістиці постачання. З позицій економічної теорії СППР маємо розглядати як складник цифрової інфраструктури підприємства, що забезпечує зниження інформаційної асиметрії, скорочення трансакційних витрат і підвищення адаптивності управлінської системи. Функціональна роль СППР у логістиці полягає у перетворенні великих масивів даних про попит, запаси, транспортні ресурси, часові обмеження та зовнішні умови у релевантну аналітичну інформацію, на основі якої формуємо оптимальні або квазіоптимальні рішення щодо маршрутів постачання.

Теоретичні засади застосування СППР у логістиці постачання тісно пов’язані з положеннями системного підходу, теорії оптимізації та концепції управління ланцюгами постачань. Логістичну систему в межах СППР ми розглядаємо як відкрита динамічна система зі зворотними зв’язками, у якій зміна одного параметра маршруту впливає на всю сукупність економічних показників діяльності підприємства. Це зумовлює необхідність комплексного врахування витрат на транспортування, вартості запасів, часу доставлення, рівня сервісу й ризиків, що виникають у процесі постачання. У цьому контексті оптимізація шляхів логістики постачання набуває змісту не лише технічної задачі побудови маршрутів, а й економічної задачі пошуку найкращого балансу між витратами, ефективністю та стійкістю функціонування логістичної системи.

Використання систем підтримки прийняття рішень трансформує підхід до управління логістикою постачання від інтуїтивно-евристичного до аналітично обґрунтованого. СППР дають змогу проводити моделювання альтернативних маршрутів, аналіз чутливості витрат до змін параметрів середовища, оцінювання наслідків різних управлінських сценаріїв у коротко- й довгостроковій перспективах. З економічної позиції це створює підґрунтя для підвищення точності планування, зменшення невизначеності й скорочення витрат, пов’язаних із помилковими рішеннями. Особливої ваги це набуває в умовах нестабільності транспортних коридорів, зростання цін на паливно-енергетичні ресурси, дефіциту водіїв і транспорту, а також у ситуаціях форс-мажорів [5, с. 26; 21].

Роль СППР у логістиці постачання також полягає у забезпеченні узгодженості стратегічних, тактичних й оперативних рішень (табл. 1): на стратегічному рівні такі системи підтримують вибір конфігурації логістичної мережі, розміщення складів і розподільчих центрів, визначення довгострокових транспортних схем; на тактичному рівні системи підтримки прийняття рішень використовуємо для планування маршрутів, розподілу транспортних ресурсів, формування графіків постачання; на оперативному рівні системи забезпечують коригування маршрутів у режимі реального часу.

Таблиця 1

Рівні використання СППР у логістиці постачання

Рівень управління	Завдання СППР	Тип рішень	Очікуваний економічний ефект
Стратегічний	Проєктування логістичної мережі	Довгострокові	Зниження структурних витрат
Тактичний	Планування маршрутів	Середньострокові	Оптимізація використання ресурсів
Оперативний	Перепланування в реальному часі	Короткострокові	Зниження втрат від збоїв у постачанні (затримки доставлення, простої транспорту, порушення графіків постачань)

Джерело: сформовано авторами

Вивченню цієї задачі в різних напрямах також присвячували свої дослідження окремі автори, наприклад, у статті [9] розглянуто питання застосування розроблення програмної реалізації системи підтримки прийняття управлінських рішень для задач транспортної логістики, зокрема, вибору оптимального варіанта доставлення товару групі споживачів.

Економічний ефект від такої багаторівневої інтеграції рішень проявляється у зменшенні сумарних логістичних витрат і підвищенні гнучкості бізнес-процесів. Автори О. Марценюк, О. Руда й О. Озвенчук також зосереджують увагу на зазначеній позиції, на їхню думку: «ефективність бізнес-процесів оцінюється не лише за результатами товарного обігу, але й за загальноекономічними вигодами, які приносить активне функціювання підприємства на ринку» [10].

У сучасних умовах цифровізації логістики СППР дедалі частіше інтегруються з інформаційними системами управління ресурсами підприємства, складськими системами, транспортними платформами й геоінформаційними сервісами. Це формує єдиний цифровий контур управління постачанням, у межах якого інформація про запаси, замовлення, маршрути й витрати перебуває у постійному динамічному оновленні. Економічне значення такої інтеграції полягає у підвищенні прозорості логістичних процесів, зниженні адміністративних витрат і прискоренні реакції підприємства на зміни зовнішнього середовища. У підсумку СППР стають не лише інструментом оптимізації маршрутів, а й важливим елементом формування конкурентних переваг підприємства.

Отже, теоретико-економічні засади логістики постачання у поєднанні з можливостями систем підтримки прийняття рішень формують сучасну парадигму управління логістичними процесами, що ґрунтується на аналітиці, цифрових даних і математичному моделюванні. Оптимізація шляхів постачання в межах СППР виступає не ізольованою технічною задачею, а складником загального механізму підвищення ефективності діяльності підприємства, зниження витрат, зростання стійкості до ризиків і забезпечення стабільності функціювання логістичних систем в умовах зростальної невизначеності.

У сучасній економічній літературі дефініція «невизначеність» трактується не завжди в однозначному розумінні. На нашу думку, Даценко В.К.

запропонував досить обґрунтовані тлумачення, якими ми послуговуватимемося у своїх дослідженнях: невизначеність економічних процесів – це ситуація, коли майбутній економічний розвиток і наслідки прийнятих рішень неможливо точно передбачити або оцінити з високою ймовірністю. Невизначеність виникає через різні чинники, які впливають на економіку: політичну нестабільність, зміни в економічній політиці, макроекономічні шоки, нестабільність на фінансових ринках, інформаційну асиметрію. Невизначеність економічних процесів в Україні – це розбіжність між очікуваним і фактичним розвитком економіки, спричинена такими чинниками, як війна, інфляція, стан державних фінансів і зовнішні шоки. Високий рівень економічної невизначеності має значні наслідки для економіки України: скорочення інвестицій через очікування можливого несприятливого розвитку подій; зростання заощаджень, що призводить до зниження споживчого попиту; уповільнення економічного зростання, яке може спричинити спад економічної активності й рецесію; складність у прогнозуванні майбутніх економічних тенденцій [11, с. 459].

Формалізація оптимізаційної задачі логістики постачання в системі підтримки прийняття рішень, з нашого погляду, має таке трактування. Економіко-математичне моделювання є методологічною основою оптимізації шляхів логістики постачання у системах підтримки прийняття рішень, оскільки забезпечує формалізацію логістичних процесів і кількісне обґрунтування управлінських рішень. У межах моделювання логістичне постачання розглядаємо як систему взаємопов’язаних елементів (постачальників, складів, споживачів і транспортних маршрутів), між якими здійснюється рух матеріальних потоків за наявності часових, ресурсних і вартісних обмежень [2; 19, с. 241].

Основу таких моделей становлять задачі маршрутизації транспортних засобів та їхнє розширення, зокрема моделі з часовими вікнами й моделі з декількома депо, що дають змогу враховувати просторову структуру логістичної мережі й вимоги до ритмічності постачання. Економічний зміст зазначених моделей полягає у мінімізації сукупних логістичних витрат за умови забезпечення заданого рівня сервісу й надійності постачання.

Важливим напрямом розвитку економіко-математичного моделювання логістики постачання є врахування факторів невизначеності й ризиків. Стохастичні й сценарні моделі дають змогу враховувати випадковий характер попиту, часу транспортування та надійності логістичної інфраструктури, формуючи рішення з орієнтацією не лише на мінімальні витрати, а й на стійкість логістичних процесів [5 с. 25; 6 с. 4].

У системах підтримки прийняття рішень економіко-математичні моделі виконують роль аналітичного ядра, інтегрованого з базами даних, модулями візуалізації та експертними оцінками. Водночас такі моделі неминуче спрощують реальні логістичні процеси, що зумовлює доцільність їхнього використання не як універсального засобу, а як складника комплексної СППР, доповненої управлінським досвідом і якісним аналізом.

У межах цього дослідження узагальнено основні класи моделей

оптимізації шляхів логістики постачання, що використовуються в системах підтримки прийняття рішень (табл. 2).

Таблиця 2

Класи моделей оптимізації шляхів логістики постачання

Клас моделі	Характеристика	Основні параметри	Економічна інтерпретація
Задача комівояжера (TSP)	Оптимізація маршруту одного ТЗ	Відстань, час	Мінімізація змінних транспортних витрат
VRP	Обслуговування множини пунктів кількома ТЗ	Вантажність, кількість ТЗ	Зниження сумарних логістичних витрат
VRP із часовими вікнами	Обмеження за часом доставлення	Часові інтервали, штрафи	Уникнення штрафних санкцій
Стохастичні моделі	Випадкові параметри	Ймовірності, сценарії	Мінімізація очікуваних втрат
Багатокритеріальні моделі	Кілька цілей	Витрати, час, ризик	Компромісна економічна ефективність

Джерело: сформовано авторами

Особливістю сучасних систем підтримки прийняття рішень є можливість реалізування багатокритеріальних моделей оптимізації, у межах яких одночасно враховуються кілька цільових функцій. У логістиці постачання це, як правило, мінімізація транспортних витрат, мінімізація часу доставлення, мінімізація рівня ризику зриву постачань і мінімізація негативного екологічного впливу. Економічна сутність багатокритеріальної оптимізації полягає у формуванні компромісних рішень, які не є оптимальними щодо кожного критерію окремо, проте забезпечують раціональний баланс між ними з позицій загальної ефективності діяльності підприємства.

Узагальнення цих підходів створює підґрунтя для формальної постановки оптимізаційної задачі логістики постачання у системі підтримки прийняття рішень, у межах якої цільова функція та система обмежень визначають економічно доцільні маршрутні рішення.

З формального погляду оптимізацію шляхів логістики постачання у системі підтримки прийняття рішень доцільно розглядати як задачу багатокритеріальної оптимізації на графі транспортної мережі.

Нехай логістична система представлена орієнтованим графом (1):

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

де V – множина вершин (постачальники, склади, споживачі);

E – множина транспортних дуг (маршрутів) між ними.

Для кожної дуги $(i, j) \in E$ задаються такі параметри:

- c_{ij} – вартість транспортування одиниці вантажу (вартість проходження дуги / рейсу для маршрутної постановки або вартість на одиницю вантажу у випадку потокової);
- t_{ij} – час транспортування;
- r_{ij} – індекс ризику або очікувана штрафна вартість (expected penalty cost) на дузі (ймовірність затримки, збою або додаткових витрат);
- e_{ij} – екологічний або інший додатковий витратний чинник (за наявності);

Нехай змінна x_{ij} характеризує використання транспортної дуги (i,j) у логістичній мережі й має різну інтерпретацію залежно від типу моделі:

– у маршрутних моделях (задачах маршрутизації транспортних засобів) $x_{ij} \in \{0,1\}$ є бінарною змінною, що відображає факт включення дуги (i, j) до маршруту;

– у потокових моделях $x_{ij} \geq 0$ характеризує обсяг вантажу, що транспортується між вершинами i та j.

У найзагальнішому вигляді цільову функцію оптимізації логістичних маршрутів у СППР можна подати як зважену суму ключових критеріїв ефективності (2):

$$\min F = \propto \sum_{(i,j)\in E} c_{ij}x_{ij} + \beta \sum_{(i,j)\in E} t_{ij}x_{ij} + \gamma \sum_{(i,j)\in E} r_{ij}x_{ij} \quad (2)$$

де $\propto, \beta, \gamma$ – вагові коефіцієнти, що відображають пріоритети підприємства між мінімізацією витрат, часу доставлення й рівня ризику відповідно, а також виконують функцію узгодження різновимірних критеріїв.

Оптимізація здійснюється за таких основних обмежень:

- балансові обмеження потоків (забезпечення постачання заданих обсягів попиту);
- обмеження вантажності транспортних засобів;
- часові обмеження (разом із часовими вікнами постачання);
- обмеження доступності ресурсів (кількість транспортних засобів, складів тощо).

Зокрема, обмеження пропускної спроможності транспортних засобів мають вигляд (3):

$$\sum_{j\in V} d_i x_{ij} \leq Q_i, \quad \forall i \in V \quad (3)$$

де d_j – обсяг постачання до пункту j;

Q_i – вантажність транспортного засобу або складу.

Для врахування часових вимог до постачання використовується обмеження на дотримання часових вікон (4):

$$t_i + t_{ij} \leq t_j^{\max}, \quad \forall (i,j) \in E, \quad (4)$$

де t_i – час прибуття до пункту i;

t_{ij} – тривалість переміщення між пунктами i та j;

$t_j^{\max}$ – гранично допустимий час доставлення до пункту j.

У випадку динамічного середовища параметри c_{ij}, t_{ij}, r_{ij} розглядаються як змінні у часі або стохастичні величини, що оновлюються на основі даних реального часу. У межах систем підтримки прийняття рішень це дає змогу періодично або подієво оновлювати параметри моделі й здійснювати повторну оптимізацію маршрутів.

Отже, формалізація оптимізаційної задачі логістики постачання у СППР поєднує економічні показники витрат, часові характеристики й чинники ризику в межах єдиної математичної моделі. Це створює підґрунтя для застосування як точних методів оптимізації, так й евристичних і метаевристичних алгоритмів, а також забезпечує зв’язок між технічною оптимальністю маршрутів і їхньою економічною ефективністю.

Розглянемо алгоритмічні підходи до реалізації оптимізаційних моделей у СППР. Такі підходи до оптимізації маршрутів у системах підтримки прийняття рішень формують прикладний інструментарій реалізації економіко-математичних моделей логістики постачання та визначають практичну можливість отримання ефективних управлінських рішень у прийнятний часовий інтервал. Вибір конкретного алгоритму оптимізації безпосередньо залежить від розмірності задачі, рівня деталізації логістичної мережі, наявних обчислювальних ресурсів і вимог до точності результату. З економічного погляду алгоритм виконує роль механізму трансформації формалізованої задачі у конкретне маршрутне рішення, що має безпосередні фінансові наслідки для підприємства.

Точні алгоритми оптимізації, які ґрунтуються на методах лінійного й цілочисельного програмування, забезпечують отримання гарантовано оптимального розв'язку за наявності повної інформації та помірної розмірності задачі. У логістиці постачання ці підходи застосовуються для оптимізації маршрутів у невеликих і середніх логістичних мережах, де кількість пунктів постачання та транспортних засобів не перевищує обчислювальні можливості. Економічною перевагою точних алгоритмів є висока ймовірність результатів і можливість чітко оцінити мінімальне значення витрат. Водночас їхнім суттєвим обмеженням виступає експоненційне зростання обчислювальної складності зі збільшенням масштабів задачі, що унеможливлює їхнє застосування для великих логістичних систем у режимі реального часу [19, с. 9].

З огляду на ці обмеження у практиці функціювання систем підтримки прийняття рішень дедалі ширше застосовуються евристичні й метаевристичні алгоритми, орієнтовані на пошук наближених, але економічно прийнятних розв'язків за обмежений час. До евристичних методів належать алгоритми побудови маршрутів на основі «жадібних» стратегій (greedy routing) [19, с. 49], локального пошуку й різноманітних правил пріоритетності. В економічному аспекті такі підходи дозволяють швидко отримувати рішення для оперативного управління постачанням у ситуаціях, коли точна оптимізація є надто ресурсомісткою.

Особливе місце серед метаевристичних алгоритмів посідають генетичні алгоритми, які моделюють процеси еволюційного відбору й спадковості [7, с. 58; 19, с. 51]. У задачах оптимізації маршрутів генетичні алгоритми забезпечують пошук великої кількості альтернативних варіантів розв'язків і дозволяють поступово покращувати їх за допомогою операцій схрещення, мутації та селекції. З економічного погляду ці алгоритми є доцільними для розв'язання складних багатокритеріальних задач, де необхідно знайти компроміс між мінімізацією витрат, скороченням часу доставлення й зниженням ризиків логістичних збоїв.

Широке поширення у системах підтримки прийняття рішень набули також алгоритми ройового інтелекту, зокрема, мурашині й бджолині алгоритми. Їхня економічна інтерпретація пов'язана з колективною поведінкою агентів, які обмінюються інформацією про якість маршрутів і поступово формують ефективні траєкторії руху. Такі алгоритми добре адаптуються до

динамічних умов логістики постачання, оскільки здатні реагувати на зміни параметрів середовища й перебудовувати маршрути без повного перерахунку системи.

У практичних реалізаціях систем підтримки прийняття рішень дедалі частіше застосовується комбінування різних алгоритмічних підходів. Гібридні алгоритми поєднують точні методи для обмежених підзадач і метаевристичні підходи для пошуку глобально ефективних розв'язків у великих логістичних мережах [7, с. 57]. З економічної позиції це дає змогу досягти балансу між точністю оптимізації та швидкодією алгоритмів, що є критично важливим для підприємств із високою інтенсивністю логістичних операцій.

Важливим параметром вибору алгоритмічного підходу є рівень динамічності логістичного середовища. У статичних задачах, де всі параметри відомі заздалегідь і не змінюються протягом планового горизонту, доцільно застосовувати більш ресурсомісткі, але точні методи оптимізації. У динамічних умовах, коли інформація про попит, дорожню ситуацію, наявність транспорту або пропускну спроможність інфраструктури постійно змінюється, перевага надається адаптивним алгоритмам, здатним швидко перебудовувати маршрути з мінімальними додатковими витратами.

Алгоритмічні підходи в системах підтримки прийняття рішень також відіграють ключову роль у формуванні сценарного аналізу. СППР дають змогу генерувати кілька альтернативних маршрутних рішень для різних комбінацій вхідних параметрів, після чого порівнюємо їхні економічних наслідків. Такий підхід забезпечує можливість оцінювання чутливості логістичних витрат до змін попиту, тарифів, рівня ризику й інших чинників, що істотно підвищує якість управлінських рішень.

Водночас застосування алгоритмів оптимізації у системах підтримки прийняття рішень пов'язане з низкою практичних проблем, серед яких обмежена якість вихідних даних, похибки вимірювань, неповна формалізованість управлінських критеріїв і вплив людського чинника. Навіть найбільш досконалий алгоритм не здатний забезпечити економічно ефективний результат за відсутності вірогідної та актуальної інформації про стан логістичної системи. У зв'язку з цим алгоритмічні модулі СППР мають функціювати у тісному взаємозв'язку з інформаційними системами збору й опрацювання даних.

Отже, алгоритмічні підходи до оптимізації маршрутів є ключовим елементом практичної реалізації систем підтримки прийняття рішень у логістиці постачання. Вони забезпечують можливість адаптації економіко-математичних моделей до реальних умов функціонування підприємств, дозволяють обґрунтовувати управлінські рішення на основі кількісних розрахунків і сприяють підвищенню економічної ефективності логістичних процесів. Раціональний вибір і комбінування алгоритмів є необхідною умовою досягнення стійких конкурентних переваг у сучасному логістичному середовищі.

Наступним етапом дослідження є вивчення питань використання даних реального часу й врахування невизначеності в оптимізації логістичних шляхів.

Використання даних реального часу у процесі оптимізації шляхів логістики постачання в системах підтримки прийняття рішень є необхідною умовою підвищення економічної ефективності управління в динамічному й нестабільному середовищі. На відміну від традиційних підходів, що ґрунтуються на статичних планових даних, інтеграція оперативної інформації дає змогу формувати маршрутні рішення з урахуванням фактичного стану логістичної системи й зовнішніх умов її функціювання [2; 6, с. 5].

З економічного погляду дані реального часу виконують функцію зниження інформаційної невизначеності, яка безпосередньо впливає на точність управлінських рішень і рівень логістичних витрат. Інформація про поточну дорожню ситуацію, доступність транспортних ресурсів, завантаженість логістичних вузлів, стан складів і фактичні обсяги попиту дає змогу оперативно коригувати маршрути постачання та уникати неефективного використання ресурсів. У межах СППР такі дані надходять у безперервному режимі й використовують алгоритми оптимізації для адаптації маршрутних рішень без повного перерахунку всієї логістичної схеми.

Особливе значення має врахування коливань попиту в режимі реального часу. Нерівномірність замовлень, сезонні й ситуативні зміни обсягів споживання потребують гнучкого управління маршрутами й транспортними ресурсами. Інтеграція СППР з інформаційними системами управління замовленнями й запасами забезпечує синхронізацію логістичних рішень із фактичними потребами ринку, що сприяє скороченню надлишкових запасів, підвищенню оборотності капіталу й зменшенню витрат на зберігання.

Використання даних реального часу тісно пов’язане з урахуванням чинників невизначеності й ризиків, притаманних логістиці постачання. До таких чинників належать можливі затримки транспортування, перебої у роботі інфраструктури, зміни тарифів, недотримання графіків перевізниками й інші зовнішні впливи. У межах СППР ці чинники доцільно враховувати у вигляді ймовірнісних параметрів і сценаріїв, що інтегруються в оптимізаційну модель і дають змогу оцінювати не лише мінімальні витрати, а й очікувані економічні втрати від логістичних збоїв.

Застосування стохастичних і сценарних підходів у поєднанні з даними реального часу дає змогу формувати альтернативні маршрутні рішення з різним рівнем ризику й економічних наслідків. Це створює підґрунтя для переходу від одноцільової оптимізації до ризикозорієнтованого управління логістикою постачання, у межах якого ефективність рішень оцінюється з урахуванням як витрат, так і надійності виконання поставок [5, с. 26; 6, с. 6].

Економічний ефект від використання даних реального часу проявляється у зниженні сукупних логістичних витрат, підвищенні оперативності управління та зменшенні втрат від непередбачуваних ситуацій. Оперативне коригування маршрутів дозволяє скорочувати простої транспорту, уникати порушення термінів постачання та мінімізувати штрафні санкції. Крім того, підвищується прозорість логістичних процесів і зменшується потреба у страхових запасах, що позитивно впливає на фінансові результати підприємства.

Водночас ефективне використання даних реального часу в системах

підтримки прийняття рішень потребує високої якості інформаційного забезпечення. Похибки, затримки або неповнота даних можуть призводити до формування неадекватних управлінських рішень і зростання економічних втрат. У зв'язку з цим СППР мають передбачати механізми перевірки вірогідності даних, фільтрації аномальних значень і резервування інформаційних каналів.

Отже, інтеграція даних реального часу й урахування чинників невизначеності в оптимізуванні логістичних шляхів суттєво розширює аналітичні можливості систем підтримки прийняття рішень. Це дає змогу забезпечити адаптивність маршрутних рішень, знизити рівень логістичних ризиків і підвищити економічну ефективність постачання в умовах динамічного зовнішнього середовища.

Завершальним етапом дослідження є визначення оцінки економічної ефективності впровадження СППР у логістиці постачання. Економічна ефективність упровадження систем підтримки прийняття рішень у сфері логістики постачання проявляється через комплекс кількісних і якісних результатів, що відображають зміни у витратах, оперативності прийняття рішень, рівні сервісу й загальній конкурентоспроможності підприємства. СППР трансформують процес управління постачанням від фрагментованого й інтуїтивного до системно-аналітичного, що створює передумови для раціонального використання ресурсів і зниження сукупних логістичних витрат [8; 12, с. 853; 23, с. 18].

Одним із найбільш відчутних економічних ефектів від упровадження СППР є скорочення транспортних витрат завдяки оптимізуванню маршрутів, зменшенню пробігу транспортних засобів і повного використання їхньої вантажності. У результаті підприємства отримують зниження витрат на паливно-енергетичні ресурси, ремонт і технічне обслуговування транспорту, а також зменшення витрат на оплату праці водіїв й обслугового персоналу. У довгостроковій перспективі це сприятиме зниженню собівартості продукції та підвищенню цінової конкурентоспроможності на ринку.

Так, С. Мудрик показує, що ефективне управління логістичними й трансакційними витратами є ключовим чинником для підвищення ефективності ланцюга постачання дистриб'юторських підприємств. Оптимізування цих витрат дає змогу зменшити загальні витрати компанії, підвищити конкурентоспроможність на ринку й забезпечити своєчасне доставлення товарів клієнтам. Важливо враховувати взаємозв'язок між різними видами витрат і прагнути до їхньої одночасного оптимізування. Логістичні витрати, такі як транспортні, складські й адміністративні, можуть бути знижені завдяки ефективному плануванню, використанню сучасних технологій та оптимізуванню управління запасами. Зменшення цих витрат сприяє зниженню загальних витрат на операційну діяльність, що дає змогу компаніям пропонувати більш конкурентоспроможні ціни на свою продукцію та послуги [13, с. 320].

Важливим напрямом економічного ефекту є оптимізування рівня запасів у ланцюгах постачання. Завдяки узгодженню маршрутних рішень із фактичним

попитом, графіками виробництва й збуту СППР дають змогу уникати як дефіциту, так і надлишку матеріальних ресурсів. Зменшення надлишкових запасів призводить до вивільнення частини оборотного капіталу, скорочення витрат на зберігання, страхування та втрати від псування продукції. Водночас зниження ризику дефіциту ресурсів мінімізує втрати, пов'язані з простоями виробництва й недовиконанням контрактних зобов'язань.

Скорочення часу доставлення є ще одним важливим чинником підвищення економічної ефективності використання СППР. Оптимізовані маршрути й оперативне коригування логістичних рішень у режимі реального часу дають змогу зменшити загальну тривалість логістичного циклу, що позитивно впливає на швидкість обігу капіталу й рівень обслуговування клієнтів. Економічний результат у цьому разі проявляється не лише у зниженні прямих витрат, а й у зростанні доходів завдяки підвищенню лояльності споживачів і розширенню ринків збуту.

Істотне значення має також зменшення рівня логістичних ризиків у результаті використання СППР. Сценарне моделювання, врахування чинників невизначеності й аналіз альтернативних маршрутів дають змогу підприємствам заздалегідь підготуватися до можливих збоїв у постачанні, а також знизити ймовірність виникнення критичних ситуацій. Економічний ефект від управління ризиками полягає у зменшенні втрат від затримок постачань, штрафних санкцій, втрати клієнтів і ділової репутації.

У системному вимірі впровадження СППР сприяє підвищенню прозорості логістичних процесів і якості управлінських рішень. Доступ до інтегрованої інформації про витрати, маршрути, запаси й результати виконання постачань дає змогу керівництву підприємства оперативно оцінювати ефективність логістичної діяльності, а також приймати обґрунтовані рішення щодо її вдосконалення. Це створює передумови для формування довгострокової логістичної стратегії, орієнтованої на підвищення загальної ефективності господарської діяльності.

З економічного погляду важливим аспектом є оцінювання окупності інвестицій у впровадження систем підтримки прийняття рішень. До основних складників інвестиційних витрат належать витрати на придбання програмного забезпечення, інтеграцію СППР із наявними інформаційними системами, навчання персоналу й супровід системи. Порівняння цих витрат з очікуваними економічними вигодами у вигляді скорочення логістичних витрат, підвищення продуктивності й зростання доходів дає змогу визначити період окупності інвестицій та доцільність упровадження СППР для конкретного підприємства [8; 16, с. 946].

Водночас економічна ефективність використання СППР значно залежить від готовності підприємства до цифрової трансформації логістичних процесів. Недостатній рівень автоматизації, фрагментованість інформаційних потоків, низька ІТ-компетентність персоналу й опір змінам можуть суттєво знизити потенційні вигоди від упровадження СППР. У зв'язку з цим економічний ефект від використання таких систем маємо розглядати не лише як техніко-економічний, а і як організаційно-управлінський результат. О. Подолянчук

також підсумовує, що, наприклад, цифрова трансформація облікових процесів сприяє створенню єдиного інформаційного простору, у якому фінансова, нефінансова, статистична, податкова й управлінська інформація інтегрується в реальному часі. Це дає змогу підвищити вірогідність, оперативність і прозорість даних, мінімізувати ризики помилок і зловживань, а також забезпечити ефективну комунікацію між усіма учасниками економічної діяльності. Отже, облік і звітність не лише відображають результати господарських процесів, а й стають інструментом стратегічного управління у цифровому середовищі [14, с. 133].

І. Зрибнєва підкреслює критичну важливість упровадження інноваційних технологій в логістику для підтримки стійкого розвитку й збереження конкурентоспроможності підприємств у складних умовах сучасної глобалізованої економіки. Автор визначає, що цифровізація та автоматизація логістичних процесів значно підвищують ефективність управління ланцюгами постачання, сприяючи зниженню витрат і збільшенню продуктивності. Використання штучного інтелекту, інтернету речей, блокчейну, роботизованих систем Goods-to-Person (G2P) дає змогу досягти високої точності в плануванні, управлінні запасами й оптимізації маршрутів доставлення. Крім того, інноваційні технології, як-от цифрові двійники й системи доповненої реальності, надають можливість для глибшого аналізу й моделювання логістичних процесів, що дає змогу передбачати потенційні ризики, а також оптимізувати виробничі процеси до виникнення проблем; для ефективного впровадження інновацій та максимізації логістичного потенціалу, компаніям необхідно розвивати гнучкість своїх логістичних систем, забезпечувати інтеграцію між різними технологіями й платформами, а також створювати стратегії для управління змінами в організаційній культурі. Автор вважає, що інновації в логістиці не тільки дають змогу оптимізувати внутрішні операції, але й створюють нові можливості для розвитку бізнесу, підвищення задоволеності клієнтів і забезпечення сталого розвитку [15].

Отже, системи підтримки прийняття рішень у сфері оптимізування шляхів логістики постачання виступають потужним інструментом підвищення економічної ефективності діяльності підприємств. Вони забезпечують скорочення витрат, підвищення швидкості й надійності постачання, зростання прозорості управління та зниження рівня логістичних ризиків. Сукупний економічний ефект від їхнього застосування формує основу для підвищення конкурентоспроможності підприємств у сучасному динамічному ринковому середовищі.

Висновки. Проведене дослідження теоретико-економічних засад логістики постачання та ролі систем підтримки прийняття рішень у її оптимізуванні засвідчило, що в умовах зростання складності логістичних мереж, динамічності попиту й невизначеності зовнішнього середовища традиційні підходи до планування маршрутів постачання виявляються недостатніми для забезпечення належного рівня економічної ефективності. Обґрунтовано, що застосування СППР, побудованих на основі економіко-математичних моделей, алгоритмічних методів і використання даних реального

часу, дає змогу підвищити якість управлінських рішень, знизити сукупні логістичні витрати, скоротити час доставлення й підвищити стійкість логістичних систем до зовнішніх ризиків.

Запропонована формалізація оптимізаційної задачі логістики постачання є універсальною та допускає як маршрутну, так і потокову інтерпретацію процесів транспортування, а також розподілу матеріальних потоків у межах систем підтримки прийняття рішень.

Узагальнення результатів дослідження свідчить, що інтеграція даних реального часу й стохастичних параметрів у системи підтримки прийняття рішень істотно розширює можливості адаптивного оптимізування логістичних маршрутів і підвищує стійкість логістичних систем до зовнішніх ризиків. Це дає змогу перейти від статичного планування до динамічного, ризикоорієнтованого управління логістикою постачання.

Як узагальнювальний висновок, можна зауважити, що сьогодні домінують дослідження з техніко-алгоритмічним фокусом, тоді як комплексні економічні підходи, що поєднують моделювання, ризикоорієнтований аналіз й оцінку довгострокового фінансового ефекту, залишаються недостатньо розробленими. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання сформульованих підходів під час проєктування та вдосконалення систем підтримки прийняття рішень у логістиці постачання, обґрунтуванні інвестицій у цифрові логістичні рішення, а також під час розроблення корпоративних стратегій управління ланцюгами постачання, орієнтованих на зниження витрат і підвищення стійкості до ризиків.

Перспективними напрямами подальших досліджень є розроблення інтегрованих економіко-математичних моделей, які поєднували б оптимізування маршрутів постачання з оцінюванням окупності інвестицій у СППР, формалізація впливу чинників невизначеності й ризику на фінансові результати підприємств, а також емпірична перевірка ефективності запропонованих підходів на базі даних реальних компаній у різних галузях економіки.

Отримані результати мають методичний характер і можуть бути використані як теоретична основа для подальшої алгоритмічної та прикладної реалізації моделей оптимізації у системах підтримки прийняття рішень.

Список використаних джерел

1. Beheshtinia M.A., Feizollahy P., Fathi M. Supply chain optimization considering sustainability aspects. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. № 21. Art. 11873. DOI: https://doi.org/10.3390/su132111873

2. Nguyen N.A.T., Wang C.N., Dang T.T. Advanced process optimization in logistics and supply chain management. *Processes.* 2025. Vol. 13, № 6. Art. 1864. DOI: https://doi.org/10.3390/pr13061864

3. Dalal S., Lilhore K., Simaiya S., Radulescu M., Belascu L. Improving efficiency and sustainability via supply chain optimization through CNNs and BiLSTM. *Technological Forecasting and Social Change*. 2024. Vol. 209. 123841. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123841

4. Dai A. Approaches to supply chain logistics cost optimization. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 2025. Vol. 164. P. 177–183. DOI: https://doi.org/10.54254/2754-1169/2025.20830

5. Nitsenko V., Samoilyk I., Hrynko O. Theoretical approaches to the development of logistics systems in conditions of economic environment instability. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. 2024. № 4. P. 24–29. DOI: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-4-3

6. Pillac V., Gendreau M., Guéret C., Medaglia A. L. A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*. 2013. Vol. 225. Issue 1. P. 1–11. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.08.015

7. Gendreau M., Potvin J.-Y. Handbook of metaheuristics. 3rd ed. Cham : Springer, 2019. 640 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91086-4

8. Шавран М., Устенко А. Оптимізація логістичних процесів у постачальницько-збутовій системі підприємства. *Соціальний розвиток: економіко-правові проблеми*. 2025. № 4. DOI: https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.4.20 URL: https://www.eu-scientists.com/index.php/sdel/article/view/184/178 (дата звернення: 12.11.2025).

9. Шаповалова О.О., Камардін А.С., Петухова О.А. Система підтримки прийняття рішень при виконанні логістичних завдань. *Системи обробки інформації.* 2018. Вип. 3 (154). С. 57–63. DOI: http://doi.org/10.30748/soi.2018.154.08

10. Марценюк О.В., Руда О.Л., Озвенчук О.А. Можливості оптимізації бізнес-процесів та впровадження інноваційних рішень і нових технологій. *Ефективна економіка*. 2024. № 8. DOI: http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.8.74 URL: https://nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/4486 (дата звернення: 16.11.2025).

11. Даценко В.К. Невизначеність економічних процесів в Україні в умовах воєнного стану. *Наукові перспективи*. 2025. № 10 (64). С. 458–463. DOI: https://doi.org/10.52058/2708-7530-2025-10(64)-458-473

12. Oteri O.J., Onukwulu E.C., Igwe A.N., Ewim C.P.M., Ibeh A.I., Sobowale A. Cost optimization in logistics product management: strategies for operational efficiency and profitability. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*. 2023. Vol. 04. Issue 01. P. 852–860. DOI: https://doi.org/10.54660/.IJMRGE.2023.4.1-852-860

13. Мудрик С.О. Вплив логістичних і трансакційних витрат на ефективність ланцюга постачання дистриб'юторських підприємств. *Бізнес Інформ.* 2024. № 8. С. 318-325. DOI: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-8-318-325

14. Подолянчук О.А. Облік та звітність в системі інформаційного забезпечення прийняття рішень в умовах цифрової економіки. *Агросвіт*. 2025. № 22. С. 130–137. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.22.130

15. Зрибнєва І. Аналіз новітніх технологій, методів та підходів у логістиці, їх вплив на оптимізацію ланцюгів постачання та підвищення продуктивності. *Економіка та суспільство*. 2024. № 60. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-60

URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3615 (дата звернення: 15.11.2025).

16. Nnaji U. O., Benjamin L. B., Eyo-Udo N. L., Etukudoh E. A. Effective cost management strategies in global supply chains. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*. 2024. Vol. 6. Issue 5. P. 945–953. DOI: https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i5.1146

17. Gendreau M., Laporte G. Stochastic vehicle routing. *European Journal of Operational Research.* 1996. Vol. 88(1). P. 3–12. DOI: https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00050-X

18. Psaraftis H.N., Wen, M., Kontovas C.A. Dynamic vehicle routing problems: Three decades and counting. *Networks.* 2016. Vol. 67 (1). P. 3–31. DOI: https://doi.org/10.1002/net.21628

19. Toth P., Vigo D. Vehicle routing: problems, methods, and applications. 2-nd ed. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2014. 463 p. DOI: https://doi.org/10.1137/1.9781611973594

20. Turban E., Sharda R., Delen D. *Decision support and business intelligence systems* (9th ed.). 2011. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education. URL: https://www.researchgate.net/publication/258099211_Decision_Support_and_Business_Intelligence_Systems_9th_Edition (дата звернення: 15.11.2025).

21. Power D.J. A brief history of decision support systems. Version 2.8. 2007. URL: http://dssresources.com/history/dsshistory2.8.html (дата звернення: 12.11.2025).

22. Keen P.G.W., Morton M.S.S. *Decision support systems: An organizational perspective*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1978. 264 p. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-027321-1.50007-9

23. Rota O.H., Liang J.H., Huang K.T. Evaluating strategies for cost reduction in supply chain management relating to exports and imports in Japan. *Journal of Procurement & Supply Chain.* 2023. Vol. 7. № 3. P. 11–22. DOI: https://doi.org/10.53819/81018102t5228

References

1. Beheshtinia, M., Feizollahy, P., & Fathi, M. (2021). Supply chain optimization considering sustainability aspects. *Sustainability*, 13 (21), 11873. DOI: https://doi.org/10.3390/su132111873 [in English].

2. Nguyen, N.A.T, Wang, C.N., & Dang, T.T. (2025). Advanced Process Optimization in Logistics and Supply Chain Management. *Processes*, 13(6), 1864. DOI: https://doi.org/10.3390/pr13061864 [in English].

3. Dalal, S., Lilhore, K., Simaiya, S., Radulescu, M., & Belascu, L. (2024). Improving Efficiency and Sustainability via Supply Chain Optimization through CNNs and BiLSTM. *Technological Forecasting and Social Change*, 209, 123841. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123841 [in English].

4. Dai, A. (2025). Approaches to Supply Chain Logistics Cost Optimization. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 164, 177-183. DOI: https://doi.org/10.54254/2754-1169/2025.20830 [in English].

5. Nitsenko, V., Samoilyk, Iu., & Hrynko, O. (2024). Theoretical approaches

to the development of logistics systems in conditions of economic environment instability. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, 4, 24-29. DOI: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-4-3 [in English].

6. Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C., & Medaglia, A.L. (2013). A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 225 (1), 1–11. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.08.015 [in English].

7. Gendreau, M., & Potvin, J.-Y. (Eds.). (2019). *Handbook of Metaheuristics* (3rd ed.). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91086-4 [in English].

8. Sharvan, M., & Ustenko, A. (2025). Optymizatsiia lohistychnykh protsesiv u postachalnytsko-zbutovii systemi pidpryiemstva [Optimization of logistics processes in the supply chain system of the enterprise]. Sotsialnyi rozvytok: ekonomiko-pravovi problemy – *Social Development: Economic and Legal Issues*, 4. DOI: https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.4.20 Retrieved from: https://www.eu-scientists.com/index.php/sdel/article/view/184/178 [in Ukrainian].

9. Shapovalova, O.O., Kamardin, A.S., & Petukhova, O.A. (2018). Systema pidtrymky pryiniattia rishen pry vykonanni lohistychnykh zavdan [Decision support system for logistics tasks]. *Systemy obrobky informatsii – Information processing systems,* 3 (154), 57-63. DOI: https://doi.org/10.30748/soi.2018.154.08 [in Ukrainian].

10. Martseniuk, O.V., Ruda, O.L., & Ozvenchuk, O.A. (2024). Mozhlyvosti optymizatsii biznes-protsesiv ta vprovadzhennia innovatsiinykh rishen i novykh tekhnolohii [Possibilities of optimizing business processes and implementing innovative solutions and new technologies]. *Efektyvna ekonomika – Effective Economics,* 8. DOI: http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.8.74 Retrieved from: https://nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/4486 [in Ukrainian].

11. Datsenko, V.K. (2025). Nevyznachenist ekonomichnykh protsesiv v Ukraini v umovakh voiennoho stanu [Uncertainty of economic processes in Ukraine under martial law]. *Naukovi perspektyvy – Scientific perspectives*, 10 (64), 458-463. DOI: https://doi.org/10.52058/2708-7530-2025-10(64)-458-473 [in Ukrainian].

12. Oteri, O.J., Onukwulu, E.C., Igwe, A.N., Mikki Ewim, C.P., Ibeh, A.I., & Sobowale, A. (2023). Cost Optimization in Logistics Product Management: Strategies for Operational Efficiency and Profitability. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 04, 01, 852–860. DOI: https://doi.org/10.54660/.IJMRGE.2023.4.1-852-860 [in English].

13. Mudryk, S.O. (2024). Vplyv lohistychnykh i transaktsiinykh vytrat na efektyvnist lantsiuha postachannia dystrybiutorskykh pidpryiemstv [The Impact of Logistics and Transaction Costs on the Efficiency of the Supply Chain of Distribution Enterprises]. *Biznes Inform – Business Inform*, 8, 318-325. DOI: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-8-318-325 [in Ukrainian].

14. Podolianchuk, O.A. (2025). Oblik ta zvitnist v systemi informatsiinoho zabezpechennia pryiniattia rishen v umovakh tsyfrovoi ekonomiky [Accounting and reporting in the information support system for decision-making in the digital economy]. *Ahrosvit – Agrosvit*, 22, 130–137. DOI: 10.32702/2306-6792.2025.22.130 [in Ukrainian].

15. Zrybnieva, I. (2024). Analiz novitnikh tekhnolohii, metodiv ta pidkhodiv u

lohistytsi, yikh vplyv na optymizatsiiu lantsiuhiv postachannia ta pidvyshchennia produktyvnosti [Analysis of new technologies, methods and approaches in logistics, their impact on supply chain optimization and productivity improvement]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, 60. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-60 Retrieved from: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3615 [in Ukrainian].

16. Nnaji, U.O., Benjamin, L.B., Eyo-Udo, N.L., & Etukudoh, E.A. (2024). Effective cost management strategies in global supply chains. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 6 (5), 945–953. DOI: https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i5.1146 [in English].

17. Gendreau, M., & Laporte, G. (1996). Stochastic vehicle routing. *European Journal of Operational Research,* 88 (1), 3–12. DOI: https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00050-X [in English].

18. Psaraftis, H.N., Wen, M., & Kontovas, C.A. (2016). Dynamic vehicle routing problems: Three decades and counting. *Networks,* 67 (1), 3–31. DOI: https://doi.org/10.1002/net.21628 [in English].

19. Toth, P., & Vigo, D. (2014). Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications 2nd edition. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics. DOI: https://doi.org/10.1137/1.9781611973594 [in English].

20. Turban, E., Sharda, R., & Delen, D. (2011). *Decision support and business intelligence systems* (9-th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/258099211_Decision_Support_and_ Business_Intelligence_Systems_9th_Edition [in English].

21. Power, D.J. (2007). A brief history of decision support systems (Version 2.8). *dssresources.com.* Retrieved from: http://dssresources.com/history/dsshistory2.8.html [in English].

22. Keen, P.G.W., & Morton, M.S.S. (1978). *Decision support systems: An organizational perspective*. Reading, MA: Addison-Wesley. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-027321-1.50007-9 [in English].

23. Rota, O. H., Liang , J. H., & Huang, K. T. (2023). Evaluating Strategies for Cost Reduction in Supply Chain Management (SCM) Relating To Exports and Imports in Japan. *Journal of Procurement & Supply Chain*, 7(3), 11–22. DOI: https://doi.org/10.53819/81018102t5228 [in English].

Відомості про авторів

КОЛЯДЕНКО Світлана Василівна – доктор економічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних наук та цифрової економіки, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: kolyadenkosv@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-7670-6905).

ТИТАРЧУК Євгеній Олександрович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук та цифрової економіки, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: etitarchuk+vnau@gmail.com, https://orcid.org/0009-0003-9518-7057).

КІПОРЕНКО Світлана Сергіївна – асистент кафедри комп'ютерних наук та цифрової економіки, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: kiporis11@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-5045-5052).

KOLIADENKO Svitlana – Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Computer Sciences and Digital Economy, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., e-mail: kolyadenkosv@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-7670-6905).

TYTARCHUK Yevhenii – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Computer Sciences and Digital Economy, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., e-mail: etitarchuk+vnau@gmail.com, https://orcid.org/0009-0003-9518-7057).

KIPORENKO Svitlana – Assistant of the Department of Computer Sciences and Digital Economy, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., e-mail: kiporis11@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-5045-5052).

Надходження статті 11.09.2025.
Прийнято 14.10.2025.
Опубліковано 25.12.2025.