

**Коханевич Т.П.**

*старший викладач кафедри  
економіки та управління бізнесом,  
Рівненський державний гуманітарний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8600-0113>*

**Kokhanevych Tetiana**

*Rivne State University of the Humanities*

**Марценюк В.В.**

*викладач кафедри документальних  
комунікацій та менеджменту,  
Рівненський державний гуманітарний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4343-7306>*

**Martseniuk Viktor**

*Rivne State University of the Humanities*

## МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ В ЛОГІСТИЦІ ТА МАРКЕТИНГУ: ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ

## MATHEMATICAL METHODS IN LOGISTICS AND MARKETING: ENHANCING MANAGEMENT EFFICIENCY AND PROCESS OPTIMIZATION

**Анотація.** У статті досліджено застосування математичних методів у логістиці та маркетингу для підвищення ефективності управління, оптимізації процесів та підвищення конкурентоспроможності підприємств. Логістичні та маркетингові процеси стають дедалі складнішими, що вимагає впровадження сучасних математичних підходів до планування, прогнозування та прийняття рішень. Зокрема, розглядаються методи лінійного програмування, які використовуються для розподілу ресурсів, мінімізації витрат і визначення оптимальних маршрутів транспортування. Теорія графів дозволяє аналізувати транспортні та комунікаційні мережі, а також визначати найефективніші шляхи доставки товарів та взаємодії між маркетинговими об'єктами. Теорія масового обслуговування допомагає управляти чергами та розподіляти навантаження в логістичних центрах та сервісних системах. Імітаційне моделювання дає змогу оцінювати ефективність логістичних схем і маркетингових кампаній у віртуальному середовищі перед їх реалізацією. Особливо розглянуто застосування машинного навчання та аналізу великих даних у логістиці та маркетингу. Алгоритми штучного інтелекту сприяють покращенню точності прогнозування попиту, аналізу поведінки споживачів, автоматизації управління запасами та підбо-

ру персоналізованих маркетингових пропозицій. Досліджено використання методів кластеризації, нейромереж та генетичних алгоритмів для оптимізації бізнес-процесів. У статті також представлено аналітичний огляд реальних практичних випадків застосування математичних методів у логістиці та маркетингу. Продемонстровано, як математичні моделі допомагають міжнародним корпораціям скорочувати витрати на транспортування, підвищувати рівень обслуговування клієнтів, ефективно керувати запасами та адаптувати маркетингові стратегії до змін на ринку. Аналізуються методи прогнозування продажів, управління дистрибуцією, вибору оптимальних каналів постачання та персоналізації рекламних кампаній. Таким чином, у роботі обґрунтовано, що використання математичних методів у логістиці та маркетингу є ключовим фактором успіху підприємств у сучасному конкурентному середовищі. Оптимізаційні алгоритми, графові моделі, методи імітаційного моделювання та штучного інтелекту не тільки покращують ефективність управління бізнес-процесами, але й сприяють впровадженню інноваційних підходів у сфері логістики та маркетингу.

**Ключові слова:** маркетинг, математичні методи, логістика, ефективність управління, оптимізація.

**Постановка проблеми.** Сучасні підприємства функціонують у середовищі, де швидкість прийняття рішень, ефективне управління ресурсами та точне прогнозування ринкових змін є критичними для успішної діяльності. Логістика та маркетинг є двома ключовими напрямками, які визначають конкурентоспроможність компаній, однак традиційні підходи до їх управління часто не відповідають вимогам сучасного ринку. Однією з основних проблем є складність обробки та аналізу великих обсягів даних, що генеруються в процесах постачання, транспортування, складування та маркетингових досліджень. Відсутність ефективних математичних моделей та алгоритмів для обробки цих даних призводить до неефективного розподілу ресурсів, невиправданих витрат та втрати ринкових можливостей. Другою важливою проблемою є оптимізація логістичних процесів, таких як вибір оптимальних маршрутів доставки, зменшення часу транспортування та зниження витрат на складування. Традиційні методи управління часто не враховують змінні фактори, такі як сезонні коливання попиту, транспортні затримки та зміни у витратах на паливо. У сфері маркетингу головною проблемою є необхідність персоналізації пропозицій для споживачів, аналіз споживчої поведінки та прогнозування майбутніх трендів. Без застосування сучасних математичних методів, таких як машинне навчання та аналіз великих даних, маркетингові стратегії залишаються менш ефективними, що впливає на залучення та утримання клієнтів. Таким чином, існує нагальна потреба у впровадженні математичних методів у логістику та маркетинг для підвищення ефективності управління, оптимізації процесів та адаптації до сучасних викликів ринку. У цій статті досліджуються основні математичні підходи, що можуть забезпечити вирішення зазначених проблем, та аналізується їх практичне застосування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останні дослідження в галузі застосування математичних методів у логістиці та маркетингу демонструють значний прогрес у підвищенні ефективності управління та оптимізації процесів. У сфері застосування математичних методів у логістиці та маркетингу працює багато науковців, які зробили вагомий внесок у розвиток цієї галузі. Це такі, як І.Б. Романич, С.О. Тимчишин, М.Р. Логойда-Копик, Р.О. Миколенко, В.В. Жебка, В.О. Корецька, М.Я. Постан, Ю.В. Куруджи та інші.

**Мета статті.** Метою даної статті є дослідження та аналіз математичних методів, що

застосовуються в логістиці та маркетингу, для підвищення ефективності управління та оптимізації процесів. У межах дослідження розглядаються сучасні підходи до математичного моделювання, методи оптимізації логістичних ланцюгів та маркетингових стратегій, а також їх вплив на підвищення конкурентоспроможності підприємств.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасна логістика та маркетинг є невід'ємними складовими ефективного управління підприємством. Використання математичних методів дозволяє удосконалити процеси планування, прийняття рішень і розподілу ресурсів. У зв'язку з ростом обсягу даних та ускладненням бізнес-процесів особливої актуальності набуває застосування аналітичних підходів для прогнозування попиту, оптимізації поставок і розподілу товарів.

Лінійне програмування використовується для оптимізації логістичних і маркетингових процесів. У логістиці воно допомагає мінімізувати транспортні витрати та оптимізувати складування, а в маркетингу - визначити оптимальний розподіл рекламного бюджету та ціноутворення.

Графові моделі широко застосовуються для маршрутизації транспортних потоків, визначення оптимальних шляхів доставки та аналізу соціальних мереж у маркетингу. Зокрема, алгоритм Дейкстри допомагає знаходити найкоротші маршрути для доставки товарів, а аналіз мереж впливу використовується у маркетингових кампаніях.

Імітаційне моделювання дозволяє аналізувати поведінку логістичних систем і маркетингових стратегій у різних сценаріях. Це дає змогу прогнозувати ризики, оцінювати ефективність рекламних кампаній та знаходити оптимальні логістичні рішення без необхідності впровадження їх у реальному середовищі.

Методи машинного навчання використовуються для прогнозування попиту, аналізу поведінки клієнтів і оптимізації маркетингових стратегій. В логістиці вони допомагають в управлінні запасами, аналізі транспортування та автоматизації логістичних процесів.

Математичні методи широко використовуються у логістиці та маркетингу. Наприклад, великі ритейлери застосовують алгоритми прогнозування для автоматичного поповнення складів, а транспортні компанії використовують оптимізаційні моделі для вибору маршрутів. У маркетингу методи кластерного аналізу та нейромережі допомагають створювати персоналізовані пропозиції для клієнтів, що підвищує ефективність рекламних кампаній.

Окрему увагу слід приділити застосуванню алгоритмів штучного інтелекту у сфері логістики та маркетингу, які дозволяють підприємствам більш точно прогнозувати попит, ефективно керувати запасами, глибше аналізувати поведінку клієнтів та покращувати персоналізовані маркетингові пропозиції. Використання сучасних технологій ШІ дає змогу зменшити витрати, підвищити прибутковість бізнесу та покращити якість обслуговування клієнтів.

Штучний інтелект (ШІ) відіграє ключову роль у підвищенні точності прогнозування попиту, аналізі поведінки споживачів, автоматизації управління запасами та персоналізації маркетингових стратегій. Розглянемо основні алгоритми, які використовуються в цих сферах.

Для прогнозування попиту. Лінійна та нелінійна регресія використовується для моделювання залежності між історичними даними продажів і зовнішніми факторами (погодні умови, сезони, економічні показники). Допомагає визначити майбутній рівень попиту на основі трендів. Нейронні мережі (Recurrent Neural Networks, RNN; Long Short-Term Memory, LSTM) обробляють великі обсяги часових даних і враховують складні залежності між змінними. LSTM забезпечує ефективний аналіз довгострокових залежностей у часі, що корисно для прогнозування попиту. Градієнтний бустинг (XGBoost, LightGBM, CatBoost) забезпечує високу точність прогнозів, обробляючи багатовимірні дані та визначаючи найважливіші фактори, що впливають на попит. Ефективно працює з нерегулярними та великомасштабними даними.

ШІ допомагає аналізувати споживчі звички, визначати сегменти аудиторії та прогнозувати майбутні покупки. Кластеризація (K-Means, DBSCAN, Hierarchical Clustering) використовується для групування клієнтів на основі їхньої поведінки (частота покупок, середній чек, категорії товарів), дозволяє створювати таргетовані маркетингові кампанії. Машинне навчання на основі асоціативних правил (Apriori, FP-Growth) аналізує покупки клієнтів та визначає, які товари часто купують разом використовується для побудови систем рекомендацій. Глибоке навчання (Deep Learning, Transformer-based Models) використовує текстові та візуальні дані (соціальні мережі, відгуки, зображення) для розпізнавання настроїв та уподобань споживачів, покращує персоналізацію маркетингових повідомлень.

ШІ дозволяє оптимізувати процеси закупівель і мінімізувати надлишкові запаси. Динамічне програмування використовується для

оптимізації постачання та визначення точного рівня запасів, враховує зміни попиту, затримки постачання та витрати на зберігання. Байєсівські моделі (Bayesian Networks) прогнозують ризики дефіциту товарів або надлишкових запасів та використовують ймовірнісні підходи для обробки невизначених даних. Генетичні алгоритми використовуються для оптимізації маршрутів постачання та перерозподілу ресурсів, дозволяють знайти найкращі варіанти розподілу товарів між складами та магазинами.

ШІ допомагає створювати унікальні пропозиції для кожного клієнта, підвищуючи ефективність реклами. Рекомендаційні системи (Collaborative Filtering, Content-Based Filtering, Hybrid Methods) аналізують історію покупок користувачів і пропонують персоналізовані товари, використовуються такими платформами, як Amazon, Netflix, Spotify. Natural Language Processing (NLP, GPT, BERT, T5) аналізує текстові дані (відгуки, запити в пошуку, чат-боти) для кращого розуміння споживчих потреб, використовується для автоматизації взаємодії з клієнтами через чат-боти та голосових асистентів. Генеративні моделі (GANs, Variational Autoencoders) генерують унікальний рекламний контент на основі аналізу попередніх успішних кампаній, допомагають створювати реалістичні зображення та відео для маркетингових матеріалів.

Розглянемо конкретні підходи та приклади використання математичних методів міжнародними корпораціями для скорочення витрат, підвищення якості обслуговування, ефективного управління запасами та адаптації маркетингових стратегій.

Скорочення витрат на транспортування. Моделі оптимізації маршрутів (Vehicle Routing Problem, VRP) – використовуються для визначення найкоротших і найефективніших маршрутів доставки товарів, враховують фактори, такі як трафік, мито, паливо, часові обмеження. Приклад: Amazon застосовує алгоритми VRP, які дозволяють оптимізувати доставку товарів із складів до споживачів, скорочуючи витрати на логістику та покращуючи швидкість доставки. Модель лінійного програмування (Linear Programming, LP) – використовується для вибору оптимальних транспортних засобів і маршрутів при обмежених ресурсах, допомагає мінімізувати витрати на транспортування та складування. Приклад: DHL використовує лінійне програмування для розподілу вантажів між транспортними засобами, мінімізуючи витрати на паливо та перевезення.

Підвищення рівня обслуговування клієнтів. Прогностичне моделювання попиту (Time Series Forecasting, ARIMA, Prophet, LSTM) допомагає передбачати потреби клієнтів, зменшуючи час очікування та покращуючи наявність товарів, використовує історичні дані про продажі, сезони, тренди. Приклад: Walmart застосовує LSTM (Long Short-Term Memory) для прогнозування попиту в різних регіонах, що допомагає підтримувати необхідний рівень запасів і покращує обслуговування клієнтів.

Системи управління взаємовідносинами з клієнтами (Customer Relationship Management, CRM) використовують алгоритми машинного навчання для персоналізації послуг, аналізують дані клієнтів для створення персоналізованих пропозицій. Приклад: Starbucks використовує AI-алгоритми для аналізу споживчих звичок і пропонує персоналізовані акції через мобільний додаток.

Ефективне управління запасами. Модель економічного розміру замовлення (Economic Order Quantity, EOQ) визначає оптимальний розмір замовлення для мінімізації витрат на зберігання та замовлення. Приклад: Nike використовує EOQ для визначення ідеальних партій виробництва та закупівлі, що дозволяє мінімізувати надлишкові запаси та витрати на зберігання. Стохастичні моделі управління запасами (Stochastic Inventory Models) враховують невизначеність у попиті та поставках, зменшуючи ризик дефіциту. Приклад: Zara застосовує стохастичні моделі, щоб оптимізувати постачання одягу в магазини, враховуючи змінність попиту.

Адаптація маркетингових стратегій. Класифікація клієнтів (K-Means, DBSCAN, Hierarchical Clustering) групує споживачів за їхньою поведінкою, що допомагає створювати ефективні маркетингові кампанії. Приклад: Coca-Cola використовує кластеризацію для сегментування клієнтів у різних регіонах і адаптації реклами до місцевих вподобань. Динамічне ціноутворення (Dynamic Pricing, Reinforcement Learning) використовує алгоритми машинного навчання для коригування цін у режимі реального часу залежно від попиту та конкурентного середовища. Приклад: Uber застосовує дина-

мічне ціноутворення, змінюючи тарифи залежно від попиту на поїздки в різних районах.

**Висновки.** Отже, застосування математичних методів у логістиці та маркетингу є критично важливим для сучасного бізнесу. Завдяки оптимізації ресурсів, ефективному прогнозуванню попиту, автоматизації процесів та адаптації маркетингових стратегій компанії отримують значні конкурентні переваги. Подальші дослідження у цій сфері можуть бути зосереджені на розширенні можливостей застосування глибокого навчання та штучного інтелекту для підвищення точності прогнозування та автоматизації управлінських рішень.

### Література:

1. Немцев С. В., Дубровін В. В. Математичне моделювання в логістиці: методи та алгоритми. Київ : Наукова думка, 2019.
2. Петренко І. О., Коваленко В. В. Оптимізація логістичних процесів: математичний підхід. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021.
3. Романич І. Б., Тимчишин С. О., Логойда-Копик М. Р. Математичні методи в логістиці: аналіз, класифікація, прикладові моделі. *Вісник ХДУ. Серія Економічні науки*. 2024. № 53. С. 53–62.
4. Chopra, S., & Meindl, P. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson. 2019.
5. Christopher, M. *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson. 2016.
6. Ballou, R. H. *Business Logistics/Supply Chain Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. Pearson Prentice Hall. 2004.
7. Ivanov, D., Tsipoulanidis, A., & Schönberger, J. *Global Supply Chain and Operations Management*. Springer. 2019.

### References:

1. Niemtsev, S. V., & Dubrovin, V. V. (2019). *Mathematical Modeling in Logistics: Methods and Algorithms*. Kyiv: Naukova Dumka.
2. Petrenko, I. O., & Kovalenko, V. V. (2021). *Optimization of Logistic Processes: A Mathematical Approach*. Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic.
3. Romanych, I. B., Tymchyshyn, S. O., & Logoyda-Kopik, M. R. (2024). *Mathematical Methods in Logistics: Analysis, Classification, and Applied Models*. *Bulletin of KhSU. Economic Sciences Series*. No. 53, pp. 53–62.
4. Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson.
5. Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson.
6. Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics/Supply Chain Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. Pearson Prentice Hall.

**Summary.** The article explores the application of mathematical methods in logistics and marketing to enhance management efficiency, optimize processes, and increase the competitiveness of enterprises. Logistics and marketing processes are becoming increasingly complex, necessitating the implementation of modern mathematical approaches to planning, forecasting, and decision-making. In particular, linear programming methods are examined, which are used for resource allocation, cost minimization, and determining optimal transportation routes. Graph theory enables the analysis of transportation and communication networks, as well as the identification of the most efficient delivery routes and interactions between marketing entities. Queueing theory helps manage queues and distribute workloads in logistics centers and service systems. Simulation modeling allows for the assessment of the effectiveness of logistics schemes and

marketing campaigns in a virtual environment before their implementation. A separate focus is given to the application of machine learning and big data analysis in logistics and marketing. Artificial intelligence algorithms contribute to improving demand forecasting accuracy, analyzing consumer behavior, automating inventory management, and selecting personalized marketing offers. The study explores the use of clustering methods, neural networks, and genetic algorithms for business process optimization. The article also presents an analytical review of real-world cases of mathematical methods applied in logistics and marketing. It demonstrates how mathematical models help international corporations reduce transportation costs, enhance customer service levels, effectively manage inventories, and adapt marketing strategies to market changes. The study analyzes sales forecasting methods, distribution management, selection of optimal supply channels, and the personalization of advertising campaigns. Thus, the research substantiates that the use of mathematical methods in logistics and marketing is a key success factor for enterprises in the modern competitive environment. Optimization algorithms, graph models, simulation modeling methods, and artificial intelligence not only improve business process management efficiency but also facilitate the implementation of innovative approaches in logistics and marketing.

**Keywords:** marketing, mathematical methods, logistics, management efficiency, optimization.