

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПОТОКІВ У ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ ПРОДУКЦІЇ

Дармосюк В. М., канд. фіз.-мат. наук, доцент,
Миколаївський національний аграрний університет
e-mail: darmosiuk@gmail.com

Анотація. Розглянуто застосування математичних моделей для оптимізації логістичних потоків у ланцюгах постачання продовольчої продукції. Висвітлено методи лінійного, цілочисельного та стохастичного програмування, теорія графів та евристичні алгоритми, які використовуються для розподілу потоків, маршрутизації транспорту, розміщення складів та управління запасами. Наведено приклади відомих програмних продуктів, які використовують математичні моделі та алгоритми для вирішення задач маршрутизації транспорту з урахуванням часових та ресурсних обмежень. Окреслено перспективи розвитку моделей з урахуванням динамічних факторів, багатокритеріальної оптимізації та інтеграції з новітніми технологіями.

Ключові слова: математичні моделі, оптимізація, логістичні потоки, ланцюги постачання, маршрутизація, управління запасами.

Ефективна організація логістичних потоків є критично важливою для забезпечення безперебійного постачання продовольчих товарів від виробників до кінцевих споживачів. Ланцюги постачання продуктів харчування часто є складними системами, що включають багато учасників, посередників, пунктів збору та розподілу продукції. Оптимізація маршрутів доставки, визначення оптимальних місць розташування складів та розподільчих центрів, а також управління запасами – все це вимагає ретельного планування та використання сучасних інструментів прийняття рішень. Саме тут математичні моделі та методи оптимізації можуть відігравати ключову роль, допомагаючи мінімізувати логістичні витрати, скорочувати відстані транспортування та втрати продукції.

Одним з основних інструментів для оптимізації логістичних потоків у ланцюгах постачання є математичне програмування. Зокрема, широко застосовуються моделі лінійного програмування для розподілу потоків продукції між постачальниками, складами та пунктами споживання з метою мінімізації загальних витрат на транспортування та зберігання. Змінні у цих моделях представляють потоки між різними вузлами ланцюга постачання, а обмеження відображають наявні ресурси, виробничі потужності, баланс попиту та пропозиції.

Для вирішення складніших завдань часто використовуються узагальнені моделі цілочисельного програмування, які дозволяють враховувати дискретні змінні, такі як кількість відкритих складів або транспортних засобів певного

типу. Ці моделі також можуть враховувати обмеження на маршрути транспортування, часові вікна доставки, сумісність різних видів продукції та інші специфічні фактори.

Проблеми маршрутизації транспорту з урахуванням часових та ресурсних обмежень також успішно розв'язуються за допомогою математичних моделей на основі теорії графів та евристичних алгоритмів. Такі моделі використовуються для планування найкоротших шляхів та оптимальних маршрутів доставки продукції споживачам з мінімізацією пробігу транспорту та витрат часу.

Крім того, у ланцюгах постачання продуктів харчування необхідно враховувати ризики псування та втрати якості продукції через вплив температури, вологості та інших факторів. Для цього застосовуються моделі стохастичного програмування, які дозволяють приймати рішення в умовах невизначеності та ризиків. Ці моделі допомагають визначати оптимальні стратегії управління запасами, резервування ресурсів та розподілу ризиків між учасниками ланцюга постачання.

Розглянемо кілька відомих програмних продуктів, які використовують математичні моделі та алгоритми для вирішення задач маршрутизації транспорту з урахуванням часових та ресурсних обмежень.

Логістичний оптимізатор ORION від Compañía Cervecería de Nicaragua (Нікарагуа) використовує алгоритм Кларка-Райта та кілька інших евристичних алгоритмів для вирішення задач маршрутизації транспорту в ланцюгах постачання пивоварної компанії. ORION дозволяє оптимізувати маршрути та графіки доставок з урахуванням часових вікон, обмежень вантажопідйомності та інших факторів.

Платформа маршрутизації Wise Systems (США), що є хмарною платформою використовує математичні моделі та методи машинного навчання для динамічної оптимізації маршрутів транспортних засобів в режимі реального часу. Wise Systems може враховувати безліч обмежень, включаючи часові вікна, спеціальні вимоги до транспортування вантажів, щоденні події, що впливають на трафік, та інші фактори.

Система транспортного планування Paragon (Великобританія) є потужним інструментом для планування та оптимізації маршрутів транспортних засобів на основі математичних моделей. Вона дозволяє враховувати вантажопідйомність, часові вікна доставки, вимоги до обслуговування клієнтів та різноманітні обмеження, характерні для ланцюгів постачання.

Рішення для маршрутизації транспорту Quintiq (Нідерланди) пропонує програмне забезпечення, яке використовує передові математичні алгоритми та обчислювальні методи для оптимізації планування та маршрутизації транспортних операцій. Воно дозволяє мінімізувати витрати на доставку та підвищити ефективність логістичних процесів у різних галузях.

Програмний комплекс Vehicle Routing від ILOG (IBM, США) є частиною більш широкої лінійки рішень ILOG для оптимізації логістики. Він використовує математичні моделі та евристичні алгоритми для побудови

оптимальних маршрутів з урахуванням різноманітних обмежень, таких як часові вікна, вантажопідйомність, відстані, витрати пального тощо.

Перелічені програмні продукти широко використовуються логістичними компаніями, виробниками, роздрібними мережами у різних країнах світу для підвищення ефективності транспортних операцій. Вони демонструють потужність математичних підходів у поєднанні з передовими інформаційними технологіями для вирішення складних логістичних задач.

У майбутньому, з розвитком обчислювальних потужностей та вдосконаленням алгоритмів, можна очікувати переходу до більш комплексних моделей, що враховуватимуть динамічні фактори, багатокритеріальну оптимізацію. Це дозволить підвищити гнучкість та адаптивність ланцюгів постачання продуктів харчування, а відтак - їх стійкість та ефективність в умовах невизначеності та змін.

Список використаних джерел:

1. Ільченко Т. Логістичний менеджмент як інструмент оптимізації потокових процесів. *Економіка та суспільство*. 2024. № 59. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-83>.

2. Постан М. Я., Куруджи Ю. В. Моделювання ланцюга поставок з урахуванням інноваційної та маркетингової активності виробничих підприємств. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2022. № 20. URL: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.20.2021.252852>.

Abstract. The application of mathematical models to optimise logistics flows in food supply chains is considered. The methods of linear, integer and stochastic programming, graph theory and heuristic algorithms used for flow allocation, transport routing, warehouse location and inventory management are covered. Examples of well-known software products that use mathematical models and algorithms to solve transport routing problems with time and resource constraints are given. Prospects for the development of models taking into account dynamic factors, multi-criteria optimisation and integration with the latest technologies are outlined.

Key words: mathematical models, optimisation, logistics flows, supply chains, routing, inventory management.