УДК:656.078

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В.О. Дорощук, *ст. викл.,*
Є.Б. Сліпенький, *ст. викл.*
Ю.О. Давідіч, *проф., д-р техн. наук*
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

Сучасний ринок транспортних послуг характеризується високим рівнем конкуренції та постійно зростаючими вимогами до швидкості, надійності та економічності доставки вантажів. В умовах підвищення цін на паливо, зростання заробітних плат водіїв та жорстких екологічних стандартів, оптимізація маршрутів вантажних перевезень стає критично важливим фактором конкурентоспроможності автотранспортних підприємств.

Традиційні методи планування маршрутів, що базуються на досвіді диспетчерів та статичних картах, не здатні забезпечити необхідний рівень ефективності в умовах динамічного транспортного середовища. Цифрові технології відкривають нові можливості для автоматизації процесів маршрутизації, врахування великої кількості змінних факторів та прийняття оптимальних рішень у режимі реального часу.

За даними досліджень, неефективне планування маршрутів призводить до:

- збільшення витрат на паливо на 15-30%;
- зниження коефіцієнта використання пробігу до 0,5-0,6;
- підвищення собівартості перевезень на 20-40%;
- погіршення екологічної ситуації через надмірні викиди CO_2;
- зниження задоволеності клієнтів через порушення термінів доставки.

Впровадження цифрових технологій оптимізації маршрутів дозволяє вирішити ці проблеми та забезпечити якісно новий рівень організації вантажних перевезень.

Оптимізація маршрутів вантажних перевезень передбачає вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань:

1. Мінімізація загального пробігу. Скорочення загальної відстані, яку проходять транспортні засоби, безпосередньо впливає на витрати палива, амортизацію техніки та час доставки.

2. Максимізація використання вантажопідйомності. Ефективне завантаження транспортних засобів дозволяє зменшити кількість необхідних рейсів та підвищити продуктивність роботи автомобілів.

3. Дотримання часових вікон. Багато клієнтів встановлюють жорсткі вимоги до часу доставки вантажів, що необхідно враховувати при плануванні маршрутів.

4. Врахування дорожніх умов. Стан дорожнього покриття, наявність заторів, обмеження руху для вантажного транспорту суттєво впливають на вибір оптимального маршруту.

5. Балансування навантаження. Рівномірний розподіл завдань між транспортними засобами та водіями забезпечує ефективне використання ресурсів підприємства.

Стрімка світова глобалізація, загострення міжнародної конкуренції, еволюція споживчих запитів та незмінний тиск на зниження операційних витрат стали рушійною силою для впровадження революційних технологій та інноваційних бізнес-рішень у сфері логістики за останні роки.

Рисунок 1 – Цифрові технології оптимізації маршрутів

GPS-моніторинг є базовою технологією для оптимізації маршрутів, що забезпечує відстеження місцезнаходження транспортних засобів у режимі реального часу; контроль швидкості руху та дотримання маршруту; моніторинг витрат палива та стилю водіння; збір статистичних даних про фактичні умови руху.

Сучасні телематичні системи інтегруються з бортовими комп'ютерами автомобілів та дозволяють отримувати детальну інформацію про технічний стан транспортних засобів, що важливо для планування їх використання.

ГІС-технології забезпечують візуалізацію та аналіз просторових даних:

цифрові карти з детальною інформацією про дорожню мережу;

дані про висотні профілі доріг, радіуси поворотів, ширину проїзної частини;

інформацію про розташування клієнтів, складів, терміналів;

зони з обмеженнями для вантажного транспорту.

Сучасні системи маршрутизації використовують складні математичні алгоритми:

Алгоритм Дейкстри – класичний метод пошуку найкоротшого шляху між двома точками на графі. Ефективний для простих задач із незначною кількістю пунктів доставки.

Генетичні алгоритми – імітують процес природного відбору для знаходження оптимальних рішень у складних багатопараметричних задачах. Особливо ефективні для маршрутів із великою кількістю точок доставки.

Метод гілок та меж – систематичний підхід до перебору варіантів з відсіканням неперспективних напрямків пошуку.

Алгоритми машинного навчання – використовують історичні дані для прогнозування оптимальних рішень з урахуванням багатьох факторів.

Хмарні технології забезпечують доступ до потужних обчислювальних ресурсів без значних капітальних інвестицій; автоматичне оновлення програмного забезпечення та карт; можливість масштабування системи залежно від потреб; інтеграцію з іншими бізнес-системами (ERP, WMS, TMS). Популярні рішення: Google Maps Platform, HERE Technologies, Trimble Maps, Wialon, Navixy.

ШІ-технології дозволяють прогнозувати дорожню ситуацію на основі історичних даних; адаптувати маршрути до індивідуальних особливостей водіїв; автоматично коригувати плани при виникненні непередбачених ситуацій; оптимізувати час подачі транспорту під завантаження.

Датчики IoT надають додаткову інформацію для оптимізації температура в рефрижераторах, навантаження на осі автомобіля, стан дорожнього покриття, наявність вільних місць на терміналах розвантаження.

Оптимізація маршрутів вантажних перевезень за допомогою цифрових технологій є не просто інструментом підвищення ефективності, а необхідною умовою конкурентоспроможності сучасних автотранспортних підприємств. Впровадження систем автоматизованого планування маршрутів забезпечує суттєве зменшення операційних витрат, підвищення якості обслуговування клієнтів та зниження негативного впливу на довкілля.

Ключовими факторами успішного впровадження є вибір технологічного рішення, адаптованого до специфіки підприємства; поетапний підхід до впровадження з пілотним тестуванням; навчання персоналу та зміна організаційної культури; постійний моніторинг результатів та коригування системи.

Подальший розвиток цифрових технологій, зокрема штучного інтелекту, автономного транспорту та інтернету речей, відкриває нові горизонти для оптимізації транспортної логістики. Підприємства, які вже сьогодні інвестують у цифрову трансформацію своїх процесів, отримують значну конкурентну перевагу та створюють основу для довгострокового успіху на ринку транспортних послуг.

Список використаних джерел

1. Транспортна логістика: навчальний посібник / За ред. М.Ю. Григорака. – К.: Кондор, 2019. – 432 с.
2. Digital transformation in logistics and supply chain management / Research report. – McKinsey & Company, 2022.
3. Route optimization technologies: A comprehensive review // Journal of Transport Economics and Policy. – 2023. – Vol. 57. – P. 145-168.
4. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.II, С. 205-213. DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213
5. Кульова Д.О., Магопець С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.II. С. 298-312. DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285
6. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.I. С. 261-269. DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269
7. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.I. С. 263-271. DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271.
8. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
9. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.