

3. Лаута Ю.С., Герасимов Б.И. Создание системы контроллинга на промышленном предприятии/ Под научн.-ред. д-ра эконом. наук, проф. Б.И. Герасимова. — Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005 — 96 с.
4. www.intelcont.ru

УДК 656.013

ЗАСТОСУВАННЯ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ САМООРГАНІЗАЦІЇ МУРАШИНОЇ КОЛОНІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧАХ

Доктор фізико-математичних наук Данчук В.Д.,
Сватко В.В.

В статті на прикладі конкретного підприємства проведено порівняння застосування модифікованого методу самоорганізації мурашиної колонії для визначення оптимального маршруту вантажних перевезень в транспортних задачах.

The article on the example of a particular company a comparison of the modified method of self-organization of ant colonies to determine the optimal route in freight transport problems.

Вступ. Сучасна економічна ситуація характеризується зростаючою конкуренцією на ринку товарів та послуг. Результатом цього є підвищення рівня вимог клієнтів. В таких умовах розвиток будь-якого підприємства, орієнтований на обслуговування великої кількості споживачів, повинен бути надзвичайно динамічним.

Потрібно також відмітити, що задачі маршрутизації є ключовими в галузі транспортних перевезень та логістики. Відомо [1, 2], що у більшості сегментів ринку доставка товару додає до його вартості суму, яка прирівнюється до вартості самого товару. Поряд з цим зауважимо, що використання комп'ютерних методів оптимізації такої доставки виражається економією часто не менше 5-20% від загальної його вартості.

Одними з найважливіших факторів, що впливають на ефективність використання транспортних засобів, є відстань перевезення та час доставки вантажу.

Численними дослідженнями доведено, що скорочення транспортної роботи супроводжується зниженням транспортних витрат і зменшення потреби в транспортних засобах. Тому перевезення вантажів повинні здійснюватися по можливості на короткі (оптимальні) відстані [3].

Відомо [3, 4], що максимальну продуктивність однотипного рухомого складу можна отримати на тому маршруті, де будуть мінімальні витрати часу. Проте критерій, за яким знаходять оптимальне рішення, визначається не тільки витратами часу, а й тією метою, яку необхідно досягти при вирішенні задачі оптимального варіанту проїзду. Найбільш часто в якості критерію приймається мінімум сумарного пробігу, оскільки при однакових умовах руху на всіх ділянках маршруту план, оптимальний по пробігу, буде оптимальним за витратами часу та вартості.

Ефективність та якість вантажних перевезень суттєво залежить від своєчасного формування необхідних управлінських рішень. Особливу увагу при цьому потрібно звернути на два найважливіших показники транспортного обслуговування – вартість здійснення транспортних перевезень та терміни виконання замовлень на доставку вантажів [5].

Виходячи з вищенаведеного, метою даної роботи є проведення порівняння застосування модифікованого методу самоорганізації мурашиної колонії [6] для визначення оптимального маршруту вантажних перевезень в транспортних задачах на основі реального підприємства.

Основна частина. На основі даних реального підприємства проведено економічний аналіз ефективності використання транспорту при перевезенні товару від виробника до споживача. Також на основі реальних даних проведено аналіз та оптимізацію побудови маршруту доставки товару. З етичних міркувань назва підприємства у роботі не вказується.

Як було вказано вище, при оптимізації витрат на доставку товару необхідно виділяти два напрямки:

— мінімізація (оптимізація) пробігу транспортного засобу, що призводить до зменшення витрат на паливо, і як результат, зменшення транспортних витрат;

— оптимізація моделі автомобіля, тобто обрання ефективного транспортного засобу, для здійснення перевезень певного виду вантажу, і, як результат, – зменшення кількості їздок, а отже і витрат на доставку товару.

Під мінімізацією витрат на доставку товару розуміємо зменшення пробігу транспортним засобом при доставці товару, зменшення часу роботи обладнання, зменшення часу доставки товару. Як результат, зменшення кількості витраченого палива при доставці товару, що в свою чергу є зменшенням транспортних витрат.

При розрахунку витрат палива на доставку товару враховуються наступні показники [7]:

— пробіг транспортного засобу;

— вага перевезеного вантажу;

— корегуючі коефіцієнти (збільшуючі та понижуючі).

Згідно [7] норма витрат палива збільшується: при роботі в зимових умовах; при роботі в гірській місцевості; при роботі на дорогах зі складним планом; при роботі в умовах міста; при роботах, що потребують частих зупинок; під час виконання робіт, що потребують понижених швидкостей; під час виконання робіт в важких шляхових умовах; під час виконання робіт в надважких шляхових умовах в період сезонного бездоріжжя, снігових чи піщаних заметів, паводках та ін. стихійних лихах; при пробігу першої тисячі кілометрів новими автомобілями і тими, що вийшли з капітального ремонту; для автомобілів, що експлуатуються більше 8 років; погодинна робота вантажних автомобілів (крім самоскидів) та вантажо-пасажирських або їх постійна робота як технологічного транспорту чи вантажних таксомоторів; у разі використання систем обігріву чи охолодження повітря в салоні автомобіля.

Згідно [7] норму витрат палива зменшують у випадку роботи: за межами приміської зони на дорогах із цементобетону, асфальтобетону, бруківки, мозаїки; при роботі за межами приміської зони на дорогах із бітумомінеральної суміші, дьогтебетону, щебеню (гравію).

Формула розрахунку нормативних витрат палива для вантажних автомобілів [7]:

$$Q_n = 0,01 * (H_{сан} * S + H_w * W) * (1 + 0,01 * K), \quad (1)$$

де Q_n – нормативна кількість витрат палива, л; $H_{сан}$ – лінійна норма витрат палива на пробіг транспортного засобу; S – пробіг автомобіля, км; H_w – норма витрат палива на транспортну роботу, л/100 т-км; W – об'єм виконаної транспортної роботи, т-км; K – сумарний корегуючий коефіцієнт, %.

Згідно [7] об'єм виконаної транспортної роботи визначається за формулою:

$$W = G_{ван} * S_{ван}, \quad (2)$$

де $G_{ван}$ – вага вантажу, т; $S_{ван}$ – пробіг з вантажем, км.

У процесі оптимізації витрат на доставку товару від виробника до споживача, було виявлено, що велику роль відіграє оптимально підібраний транспортний засіб, що наділений певними техніко-експлуатаційними характеристиками. У випадку обрання такого ефективного транспортного засобу вартість на доставку товару значно зменшується.

Під ефективним автомобілем розуміємо такий транспортний засіб, техніко-експлуатаційні характеристики якого найбільше відповідають заданим умовам. Оскільки у нашому випадку мова йде про перевезення продуктів харчування, то для даного виду перевезень існують певні вимоги, які слід врахувати при визначенні ефективного автомобіля.

Запропоноване нами для проведення аналізу підприємство є підприємством сільськогосподарського спрямування, яке спеціалізується на виробництві продуктів харчування. Специфіка товару даного підприємства полягає в тому, що при зберіганні, доставці та реалізації готової продукції повинні бути дотримані певні вимоги.

На сьогоднішній день запропоноване нами підприємство здійснює доставку товару покупцям у більше ніж 55 торгових точок по м. Києву, Київській області та інших регіонах країни. Найбільш цікавим для проведення порівняльного аналізу є доставка товару по місту Києву. Оскільки завантаженість доріг міста надзвичайно велика, то виникає необхідність використання модифікованого методу самоорганізації мурашиної колонії для побудови оптимального маршруту доставки товару.

Фрагмент матриці відстаней між підприємством та торговими точками наведено у табл. 1.

На сьогоднішній день на обраному нами підприємстві при виїзді транспортного засобу на лінію, диспетчер видає водію подорожній лист. У даному документі вказуються дані про транспортний засіб, показники спідометра при виїзді, час виїзду, вантаж, що буде перевозитись, вага вантажу, точки доставки та визначається маршрут доставки. На даний момент маршрут доставки товару визначається логістом в залежності від потреб та часу доставки товару. Оскільки на сьогоднішній день важливу роль відіграє вчасність доставки товару замовнику, то при побудові маршруту дана характеристика відіграє важливу роль. У випадку відсутності залежності від часу доставки товару, маршрут будується на основі даних водія та логіста. Оскільки, як правило, один транспортний засіб здійснює перевезень у одні й ті ж самі торгові точки, то водій має уявлення про ситуацію на дорогах. Мова йде про затори, перекриття доріг, у зв'язку з проїздом делегацій, несправність регульовальної техніки та інше. Тому водій на свій власний розсуд приймає рішення про послідовність об'їзду замовників при доставці товару. Як показують розрахунки, не завжди даний підхід до пошуку оптимального маршруту є економічно виправданим.

Таблиця 1

Фрагмент матриці відстаней між підприємством та торговими точками

	Підприємство	ТОВ "САМШИД"	ТОВ "АШАН Україна "	ТОВ "АШАН Україна "	ТОВ "АШАН Україна "	ТОВ "Фудмаркет"	ТОВ "Фудмаркет"	ТОВ "Фудмаркет"	ТОВ "Фудмаркет"	ТОВ "Фудмаркет"	ТОВ "Фудмаркет"	ТОВ "Фудмаркет"	ТОВ "Фудмаркет"	ТОВ "Фудмаркет"	ТОВ "Фудмаркет"	ТОВ "Фудмаркет"
Підприємство		28	36	21	29	24	26	16	21	41	16	19	34	16	24	27
ТОВ "САМШИД"	28		19	18	11	15	12	19	12	7	21	26	12	23	7	14
ТОВ "АШАН Україна "	36	19		14	16	15	9	23	12	11	31	36	8	33	18	19
ТОВ "АШАН Україна "	21	18	14		17	7	5	12	4	13	19	25	13	22	10	22
ТОВ "АШАН Україна "	29	11	16	17		28	22	29	18	9	20	27	12	22	10	5
ТОВ "Фудмаркет"	24	15	15	7	28		5	14	4	18	25	30	18	27	14	28
ТОВ "Фудмаркет"	26	12	9	5	22	5		15	4	14	21	26	13	24	10	24
ТОВ "Фудмаркет"	16	19	23	12	29	14	15		9	21	15	18	21	15	18	26
ТОВ "Фудмаркет"	21	12	12	4	18	4	4	9		16	22	23	16	21	12	25
ТОВ "Фудмаркет"	41	7	11	13	9	18	14	21	16		24	29	7	26	10	12
ТОВ "Фудмаркет"	16	21	31	19	20	25	21	15	22	24		8	26	3	16	17
ТОВ "Фудмаркет"	19	26	36	25	27	30	26	18	23	29	8		28	4	18	21
ТОВ "Фудмаркет"	34	12	8	13	12	18	13	21	16	7	26	28		29	13	15
ТОВ "Фудмаркет"	16	23	33	22	22	27	24	15	21	26	3	4	29		18	19
ТОВ "Фудмаркет"	24	7	18	10	10	14	10	18	12	10	16	18	13	18		13
ТОВ "Фудмаркет"	27	14	19	22	5	28	24	26	25	12	17	21	15	19	13	

Запропонований нами алгоритм пошуку оптимального маршруту доставки товару побудований на основі модифікованого методу самоорганізації мурашиної колонії[6]. Даний алгоритм дає можливість при побудові маршруту враховувати не лише довжину шляху, але й реальну ситуацію на дорогах. На основі даних про дорожню ситуацію розраховується середня швидкість руху транспортного потоку на кожній окремій ділянці маршруту. У випадку наявності ділянок дороги, де швидкість руху транспортного потоку становить нуль або наближається до вказаного значення, дана ділянка маршруту вилучається з пошуку та маршрут перебудовується уже без врахування даної ділянки.

Для проведення порівняльного аналізу використання модифікованого методу мурашиної колонії при побудові маршруту доставки товару, використовувались дані по одному транспортному засобу, за 11 календарних днів. Вантаж перевозився автомобілем ГАЗ-3307.

На основі реальних даних з подорожніх листів, що були видані транспортному засобу, який здійснює перевезення товару від виробника до торгових точок проведено порівняльний аналіз ефективності побудови маршруту, виходячи з маршрутних даних згідно подорожнього листа та результатів оптимізації маршруту за вказаним алгоритмом, результати якого наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз побудови маршрутів доставки товару споживачам

№ м-ту	Маршрут згідно подорожнього листа	Пробіг, км	Витрати палива, л	Оптимізований маршрут	Пробіг, км	Витрати палива, л
1.	1=>32=>14=>27=>29=>55=>=>51=>53=>1	77	21	1=>32=>14=>27=>29=>53=>=>55=>51=>1	77	21
2.	1=>47=>7=>10=>6=>13=>1	111	31	1=>47=>6=>7=>10=>13=>1	86	24
3.	1=>22=>27=>36=>3=>1	79	22	1=>22=>36=>3=>27=>1	73	20
4.	1=>50=>45=>5=>24=>8=>49=>54=>55=>53=>51=>1	118	33	1=>24=>50=>5=>45=>8=>54=>53=>49=>55=>51=>1	100	28
5.	1=>46=>34=>48=>36=>33=>26=>25=>1	86	24	1=>48=>46=>36=>34=>33=>25=>26=>1	73	20
6.	1=>4=>5=>2=>3=>1	104	29	1=>4=>3=>5=>2=>1	90	25
7.	1=>7=>21=>19=>4=>6=>17=>1	75	21	1=>17=>6=>7=>19=>4=>21=>1	60	17
8.	1=>53=>55=>54=>24=>23=>48=>8=>1	67	19	1=>55=>53=>54=>8=>24=>23=>48=>1	63	18
9.	1=>10=>30=>9=>31=>17=>1	111	31	1=>17=>9=>10=>31=>30=>1	70	19
10.	1=>49=>12=>11=>34=>33=>36=>1	96	27	1=>49=>12=>11=>33=>36=>34=>1	81	22
11.	1=>45=>5=>3=>31=>30=>19=>1	108	30	1=>45=>19=>3=>31=>5=>30=>1	91	25
Всього:		1032	288		864	239

Як видно з табл. 2 без урахування ваги перевезеного вантажу довжина пробігу зменшується для конкретного маршруту на 168 км та, відповідно, витрати палива на 49 л.

Аналогічно проведено відповідний порівняльний аналіз з урахуванням ваги перевезеного вантажу (див. табл. 3), з якої видно, що відсоток зменшення витрат палива при застосуванні модифікованого методу самоорганізації мурашиної колонії при побудові оптимального маршруту доставки товару складає

$$\left(\frac{312 - 261}{312}\right) * 100\% = 16,4\%$$

Порівняльний аналіз витрат палива в залежності від методу пошуку оптимального маршруту доставки товару

№ маршруту	Перевезено вантажу, т	Дані з подорожнього листа			Оптимізовані дані		
		пробіг, км	виконано ткм	витрачено палива, л	пробіг, км	виконано ткм	витрачено палива, л
1.	2,5	77	193	23	77	193	23
2.	3,2	111	355	34	86	275	27
3.	1,6	79	126	23	73	117	21
4.	2	118	236	35	100	200	30
5.	3,1	86	267	26	73	226	22
6.	2,5	104	260	31	90	225	27
7.	2,7	75	203	23	60	162	18
8.	2,3	67	154	20	63	145	19
9.	1,84	111	204	33	70	129	21
10.	2,07	96	199	29	81	168	24
11.	3,8	108	410	34	91	346	29
Всього	27,61	1032	2607	312	864	2185	261

Станом на сьогоднішній день обране нами підприємство здійснює розвезення товару власного виробництва у більше ніж 55 торгових точок у місті Києві, Київській області та інших населених пунктах України. Для цього використовуються 5 транспортних засобів наступних моделей: ГАЗ 3307 (2 автомобілі), ЗІЛ 5301 БО (2 автомобілі), MAN TGA01 (1 автомобіль). Кожен із зазначених транспортних засобів має свої техніко-експлуатаційні характеристики, серед яких: модель транспортного засобу, тип авто, місткість паливного баку, норма витрат палива (л/100км), максимальна швидкість, повна вага автомобіля, вантажопідйомність, габарити транспортного засобу (довжина, ширина, висота), розмір внутрішньої платформи (довжина, ширина, висота), колісна формула та екологічний стандарт.

У роботі [8] для здійснення даного виду перевезень підприємства було знайдено ефективний транспортний засіб. Таким автомобілем було визначено КАМАЗ 5308. Техніко-експлуатаційні характеристики даного транспортного засобу, а також фактично автомобіль ГАЗ 3307, який використовується в транспортних перевезеннях, наведені у табл. 4.

Аналогічний аналіз, проведений за вище вказаною схемою моделей транспортних засобів ГАЗ 3307 та КАМАЗ 5308 (див. табл. 5) доводить, що зменшення витрат палива при використанні запропонованого нами ефективного транспортного засобу КАМАЗ 5308 при доставці товару складає

$$\left(\frac{312 - 208}{312}\right) * 100\% = 33,3\%$$

Таким чином, у випадку заміни існуючого парку транспортних засобів на автомобілі, що були визначені як найбільш ефективні для даного виду доставки товару, дасть можливість зменшити витрати більше, ніж на 30%.

Техніко-експлуатаційні характеристики фактичного та ефективного транспортних засобів

№ п/п	Характеристика	Значення	
		фактичний автомобіль	ефективний автомобіль
1.	Модель транспортного засобу	ГАЗ 3307	КАМАЗ 5308
2.	Тип транспортного засобу	фургон	сер.тон.
3.	Вид палива	А-80	ДП
4.	Паливний бак, л	100	400
5.	Норма витрат палива (л/100км) базові	27,7	17,6
6.	Максимальна швидкість, км/год	90	117
7.	Повна вага автомобіля, кг	7850	15000
8.	Вантажопідйомність, кг	4500	7500
9.	Габарити (довжина), мм	6330	9540
10.	Габарити (ширина), мм	2380	2550
11.	Габарити (висота), мм	2350	3520
12.	Розмір внутрішньої платформи (довжина), мм	3490	7120
13.	Розмір внутрішньої платформи (ширина), мм	2170	2550
14.	Розмір внутрішньої платформи (висота), мм	510	2350
15.	Колісна формула	4x2	4x2
16.	Екологічний тип (EURO)	0	IV

Таблиця 5

Порівняльний аналіз витрат палива в залежності від моделі транспортного засобу

№ маршруту	перевезено вантажу, т	пробіг, км	виконано ткм	Витрачено палива, л	
				ГАЗ 3307	КАМАЗ 5308
1.	2,5	77	193	23	15
2.	3,2	111	355	34	23
3.	1,6	79	126	23	15
4.	2	118	236	35	23
5.	3,1	86	267	26	18
6.	2,5	104	260	31	21
7.	2,7	75	203	23	15
8.	2,3	67	154	20	13
9.	1,84	111	204	33	22
10.	2,07	96	199	29	19
11.	3,8	108	410	34	23
Всього	27,61	1032	2607	312	208

Висновки. Проведені розрахунки показують, що застосування модифікованого методу самоорганізації мурашиної колонії при побудові оптимального маршруту доставки товару дає можливість зменшити витрати палива в середньому на 15–20%. Заміна парку транспортних засобів на більш ефективні дозволить зменшити вартість доставки товару більше, ніж на 30%. Отже, запропоновані методи оптимізації маршруту та знаходження ефективного транспортного засобу дають можливість підприємству зменшити витрати на доставку товару в середньому на 50%. В умовах жорсткої конкуренції на ринку даного виду послуг це може мати вирішальне значення.

Література

1. Ковалев В.П. Эффективность грузовых автомобильных перевозок: Состояние, проблемы, перспективы. – Мн.: Беларусь, 1984.
2. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений. – М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг». — 2000.
3. Николин В.І., Вітвіцький О.Є., Мочалін С.М., Ланьков Н.І. «Основи теорії автотранспортних систем (вантажні автомобільні перевезення)».
4. Николин В.І. «Автотранспортний процес і оптимізація його елементів».
5. Прокудін Г.С. Моделі та методи оптимізації вантажних перевезень в транспортних системах : Дисертація д-ра наук: 05.22.01 – К.:НТУ,2009.-280с.
6. Данчук В.Д., Сватко В.В. Оптимізація пошуку шляхів по графу в динамічній задачі комівояжера методом модифікованого мурашиного алгоритму. – Системні дослідження та інформаційні технології НТУУ «КПІ», № 4,2011. -К.:НТУУ «КПІ»,2011.
7. Наказ № 43 від 10.02.98 «Про затвердження Про затвердження Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті (Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства транспорту № 893 (v0893361-02) від 17.12.2002 та № 99 (v0099361-04) від 16.02.2004).
8. Данчук В.Д., Олійник Р.В., Сватко В.В. Визначення ефективних засобів вантажних перевезень в транспортних задачах методом аналізу ієрархій. — Вісник НТУ, № 22. — К.: НТУ, 2011. — С.127-136.

УДК 656.13.022

ЗАТОРИ В ТРАНСПОРТНІЙ ПРОБЛЕМІ ВЕЛИКИХ МІСТ

Кандидат технічних наук Єресов В.І.,
Григор'єва О.В.

В даній статті досліджено проблеми великих міст, розглянуто негативні наслідки заторів та їх причини.

In this article investigational problems of cities, the negative consequences of congestions and their reason are considered.

В умовах істотної різниці темпів зростання чисельності парку автомобілів і, відповідно, розвитку ВДМ ускладнюються умови руху, виникають затори на міських і позаміських магістралях. Ще десяток років тому жителі міст України не відчували істотного впливу заторових явищ, адже останні були настільки незначні, що відчуті повною мірою їх негативний вплив було досить проблематично. Однак за останній час кількість автомобілів, особливо у великих містах, значно збільшилася, і існуючі вулиці і дорожні розв'язки часто не спроможні забезпечити номінальну пропускну здатність, внаслідок чого все частіше і частіше почали виникати затори. За статистикою, тільки зареєстрованих машин в Україні понад 8 млн., близько 6 млн. з яких — легкові автомобілі. Щорічний їх приріст — майже 400 тис. автомобілів. Причому переважна їх більшість зосереджені саме у великих містах .

Треба зауважити, що негативні наслідки заторів як явищ, емпірично властивих дорожньому руху, як правило, мають різнорідну природу. Серед них:

- втрати часу;
- затримки пасажирів у дорозі. Приводять до запізньованості пасажирів, тим самим приносячи економічний збиток, штрафні санкції;
- подальше збільшення часу в дорозі. Учасники руху починають «на випадок затору» відводити більше часу на дорогу;
- перевитрати палива. У заторах питомий вжиток автомобільного палива значно збільшується із-за холодно-го ходу, «старт-стопні» режими руху, що позначається на довкіллі і витратах на автомобілі;
- підвищена амортизація агрегатів автомобілів. Довга робота, «старт-стопні» режими руху призводять до додаткового зносу і вимагають частішої заміни деталей;
- стрес і роздратування водіїв транспортних засобів, що негативно позначаються на здоров'ї і активній безпеці руху;
- служби екстреної допомоги (швидка допомога, пожежники, міліція) не в змозі оперативно дістатися до місця призначення;