

УДК 656.025.4:519.876.3(045)

¹Г. С. Прокудін, д-р техн. наук,
²О. Г. Прокудін**ОПТИМІЗАЦІЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ**¹Національний транспортний університет, e-mail: p_g_s@ukr.net²ТОВ “ЛандГут Україна”, e-mail: a.prokudin@landgutgroup.com

Наведено приклад застосування технології оптимізації вантажних перевезень у транспортних системах, основними етапами якої є процедури перетворення баз даних усіх видів транспорту в матриці транспортних кореспонденцій і знаходження оптимальних планів перевезень вантажів на транспортній мережі. Ці процедури реалізовано у середовищі створеного програмного комплексу, який пройшов експериментальну перевірку у багатьох транспортних системах України.

Ключові слова: транспортна система, база даних, оптимізація, план перевезень.

Вступ. Сучасний стан економіки передових країн світу не можливий без відповідного високого рівня розвитку їх транспортних систем (ТС), призначених, у першу чергу, для задоволення потреб господарства цих країн в економічних перевезеннях пасажирів і вантажів. До того ж намітилася тенденція світової економіки до транснаціонального проникнення і об'єднання, яка ставить додаткові вимоги до ТС щодо спільного використання різних видів транспорту і, як наслідок цього, до підвищення оперативності здійснення перевезень різномірних вантажів [1; 2]. Тому розроблення нових методів підвищення ефективності вантажних перевезень у ТС є актуальним науково-практичним завданням не тільки транспортної галузі, а й усього господарського комплексу України. У роботі описано технологію організації оптимальних вантажних перевезень на прикладі спрощеної транспортної мережі (ТМ), яка включає дві основні технологічні операції – процедуру перетворення баз даних видів транспорту в матриці транспортних кореспонденцій і процедуру знаходження за цими матрицями оптимальних планів перевезень вантажів на ТМ. Описані вище процедури-методи реалізовані у середовищі створеного програмного комплексу [3], який пройшов експериментальну перевірку на багатьох прикладах у ТС України [4; 5].

Процедура перетворення баз даних видів транспорту в матриці транспортних кореспонденцій. Процедuru перетворення баз даних видів транспорту в матриці кореспонденцій розглянемо на спрощеному прикладі ТМ, яка задана у вигляді неорієнтованого графу (рис. 1).

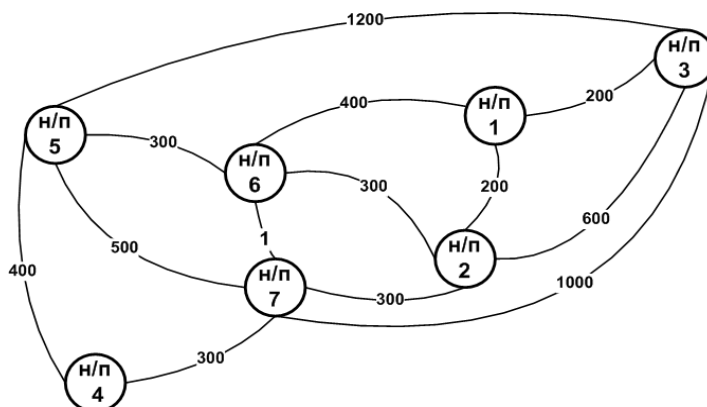


Рис. 1. Приклад транспортної мережі

Після виклику відповідної процедури й натискання на клавішу «Завантажити» у відповідних вікнах форми (рис. 2) з'являються списки населених пунктів (н/п) і ділянок автомагістралей, що з'єднують їх у єдину ТМ. Ці дані завантажуються відповідно з файлів N_р і Marsh_avto системи керування базами даних MS Access.

Потім уводяться початкові дані (клавіша «Ввести») про кількості постачальників і споживачів вантажу й відповідні їм обсяги поставок і заявок (рис. 3).

Рис. 2. Операція «Завантажити»

Рис. 3. Операція «Ввести» – початок

Після введення початкових даних наслідком форми роботи із процедурою будуть заповнені матриці обсягів перевезеного вантажу й зв'язків у вигляді рис. 4.

Після натиснення на клавішу «Зберегти» дані, які містяться у матрицях обсягів вантажу й зв'язків, у разі позитивної відповіді на поставлене в інформаційному повідомленні питання про збереження змін у відповідному Excel-файлі (рис. 5) переміщуються у цей файл.

Рис. 4. Операція «Ввести» – кінець

Рис. 5. Операція «Зберегти»

Дані матриці зв'язків, які були переміщені у відповідний лист Excel-файлу показано на рис. 6. Аналогічно переміщуються і дані з матриці обсягів перевезень вантажу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		н/п 2	н/п 6	н/п 3	н/п 4	н/п 1	н/п 5	н/п 7		
2	н/п 2	0	300	600	0	200	0	300		
3	н/п 6	300	0	0	0	400	300	100		
4	н/п 3	600	0	0	0	200	1200	1000		
5	н/п 4	0	0	0	0	0	400	300		
6	н/п 1	200	400	200	0	0	0	0		
7	н/п 5	0	300	1200	400	0	0	500		
8	н/п 7	300	100	1000	300	0	500	0		
9										
10										

Рис. 6. Excel-файл з даними матриці зв'язків

Процедура знаходження оптимальних планів перевезень вантажів у транспортній мережі.
Процедуру знаходження найкоротших маршрутів на транспортній мережі розглянемо на такому же спрощеному прикладі ТМ (див. рис. 1), для якої основні файли відповідної бази даних будуть мати такий зміст:

Файл N_p:
(н/п)

Kod	Naim	Kol_g
1	н/п 1	5000
2	н/п 2	16500
3	н/п 3	9000
4	н/п 4	2800
5	н/п 5	34500
6	н/п 6	56700
7	н/п 7	990000

Файл G_d:
(залізничних станцій)

Kod	N P	Kol_g
1	н/п 1	5000
2	н/п 3	9000
3	н/п 6	56700
4	н/п 7	990000

Файл A_p:
(авіаційних портів)

Kod	N P	Klass
1	н/п 3	1
2	н/п 4	2
3	н/п 5	3

Файл V_p:
(водних портів)

Kod	N P	Klass
1	н/п 2	2
2	н/п 3	1
3	н/п 7	1

Kod – порядковий номер транспортного вузла (ТВ)

Naim, N_P – назва ТВ

Kol_g – кількість мешканців ТВ

Klass – порядковий номер ТВ

Файл Marsh_avia:
(ділянок авіаліній)

Kod	I_N	P_O	P_N	L
1	P-1	н/п 3	н/п 4	1050
2	P-2	н/п 3	н/п 5	950
3	P-3	н/п 4	н/п 5	375

Файл Marsh_gd:
(ділянок залізничних магістралей)

Kod	I_N	P_O	P_N	L
1	1	н/п 3	н/п 1	200
2	2	н/п 1	н/п 6	400
3	3	н/п 6	н/п 7	100

Файл Marsh_voda:
(ділянок водних магістралей)

Kod	I_N	P_O	P_N	L
1	P-1	н/п 3	н/п 2	600
2	P-2	н/п 2	н/п 7	300

Файл Marsh_avto:
(ділянок автомагістралей)

Kod	I_N	P_O	P_N	L
1	M-1	н/п 3	н/п 1	200
2	M-1	н/п 1	н/п 6	400
3	M-1	н/п 6	н/п 7	100
4	M-1	н/п 7	н/п 4	300
5	E -1	н/п 3	н/п 2	600
6	E -1	н/п 2	н/п 7	300
7	E -1	н/п 7	н/п 5	500
8	P -1	н/п 3	н/п 5	1200
9	P -2	н/п 3	н/п 7	1000
10	Г- 1	н/п 1	н/п 2	200
11	Г- 2	н/п 2	н/п 6	300
12	Г- 3	н/п 5	н/п 6	300
13	Г- 4	н/п 4	н/п 5	400

I_N – номер рейсу

M – міжнародне значення

E – європейське значення

P – державне значення

E – міське значення

P_O – н/п початку ділянки

P_N – н/п кінця ділянки

L – довжина ділянки

У розглянутому прикладі як пункти відправлення вантажу будуть *другий і шостий* н/п, що мають по 5 одиниць вантажу, а пунктами призначення вантажу – *третій і четвертий* н/п, які мають потребу відповідно у 3 і 7 одиницях вантажу.

Після запуску програмно-інструментального комплексу оптимізації перевезень у транспортній системі України (ПІК ОПТСУ) [3] і відпрацювання процедури перетворення баз даних видів транспорту в матриці транспортних кореспонденцій на екрані дисплею з'явиться матриця прямих зв'язків усіх н/п аналізованої ТМ (рис. 7).

Слід зазначити таке: матриця є симетричною внаслідок неорієнтованості ТМ; якщо н/п не мають безпосередніх транспортних зв'язків, то відстань між ними задається свідомо більшою від кожної з наявних відстаней на ТМ (у розглядуваному випадку – це 11600, що дорівнює сумі всіх наявних на ТМ відстаней). Потім процедура знаходження оптимальних планів перевезень вантажів на ТМ починає шукати найвигідніші (щодо вартості перевезень) комбінації застосування різних видів транспорту і формувати відповідний оптимальний план перевезень.

Серед описів змінних ПІК ОПТСУ є масив записів `mas_min: Array[1..4] Of min_str`, що має запис `min_str` такої структури:

```

Type min_str = Record
    cel: Real;
    sttr: String;
End;

```

	н/п 2	н/п 6	н/п 3	н/п 4	н/п 1	н/п 5	н/п 7
н/п 2	11600	300	600	11600	200	11600	300
н/п 6	300	11600	11600	11600	400	300	100
н/п 3	600	11600	11600	11600	200	1200	1000
н/п 4	11600	11600	11600	11600	11600	400	300
н/п 1	200	400	200	11600	11600	11600	11600
н/п 5	11600	300	1200	400	11600	11600	500
н/п 7	300	100	1000	300	11600	500	11600

Рис. 7. Екранна форма з даними матриці зв'язків усіх н/п ТМ

Цей масив записів, що складається із чотирьох елементів відповідно до кількості видів транспорту, у ході роботи ПІК ОПТСУ заповнюється мінімальною вартістю перевезення однієї тонни вантажу від поточного пункту постачання до відповідного пункту споживання (поле `cel`) і відповідно до цієї вартості маршрутом транспортування (поле `sttr`):

```

mas_min[1].cel := voda;      mas_min[1].sttr := sttr_voda;
mas_min[2].cel := gd;        mas_min[2].sttr := sttr_gd;
mas_min[3].cel := avto;      mas_min[3].sttr := sttr_avto;
mas_min[4].cel := avia;      mas_min[4].sttr := sttr_avia;

```

Для цього прикладу вміст масиву `mas_min` буде таким:

Для постачальника н/п 2 і споживача н/п 3

```

mas_min[1].cel := 360.00;    mas_min[1].sttr := 'МОРСЬКИМ СУДНОМ з н/п 2 до н/п 3 за ціною =
360.00 грн';
mas_min[2].cel := 360.00;    mas_min[2].sttr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 2 до н/п 1 за ціною = 200.00 грн
ПОЇЗДОМ з н/п 1 до н/п 3 за ціною = 160.00 грн';
mas_min[3].cel := 400.00;    mas_min[3].sttr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 2 до н/п 1 за ціною = 200.00 грн з
н/п 1 до н/п 3 за ціною = 200.00 грн';
mas_min[3].cel := 400.00;    mas_min[3].sttr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 2 до н/п 1 за ціною = 200.00
грн з н/п 1 до н/п 3 за ціною = 200.00 грн';

```

Для постачальника н/п 2 і споживача н/п 4

```

mas_min[1].cel := 480.00;    mas_min[1].sttr := 'МОРСЬКИМ СУДНОМ з н/п 2 до н/п 7 за ціною =
180.00 грн АВТОМОБІЛЕМ з н/п 7 до н/п 4 за ціною = 300.00 грн';
mas_min[2].cel := 900.00;    mas_min[2].sttr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 2 до н/п 1 за ціною = 200.00 грн
ПОЇЗДОМ з н/п 1 до н/п 6 за ціною = 320.00 грн з н/п 6 до н/п 7 за ціною = 80.00 грн АВТОМОБІЛЕМ з
н/п 7 до н/п 4 за ціною = 300.00 грн';
mas_min[3].cel := 600.00;    mas_min[3].sttr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 2 до н/п 7 за ціною = 300.00 грн з
н/п 7 до н/п 4 за ціною = 300.00 грн';
mas_min[3].cel := 105400.00; mas_min[3].sttr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 2 до н/п 1 за ціною = 200.00 грн з
н/п 1 до н/п 3 за ціною = 200.00 грн ЛІТАКОМ з н/п 3 до н/п 4 за ціною = 105000.00 грн';

```

Для постачальника н/п 6 і споживача н/п 3

```

mas_min[1].cel := 640.00;    mas_min[1].sttr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 6 до н/п 7 за ціною = 100.00 грн
МОРСЬКИМ СУДНОМ з н/п 7 до н/п 2 за ціною = 180.00 грн з н/п 2 до н/п 3 за ціною = 360.00 грн';
mas_min[2].cel := 480.00;    mas_min[2].sttr := 'ПОЇЗДОМ з н/п 6 до н/п 1 за ціною = 320.00 грн з н/п
1 до н/п 3 за ціною = 160.00 грн';

```

mas_min[3].cel := 600.00; mas_min[3].sstr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 6 до н/п 1 за ціною = 400.00 грн з н/п 1 до н/п 3 за ціною = 200.00 грн';
 mas_min[3].cel := 95300.00; mas_min[3].sstr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 6 до н/п 5 за ціною = 300.00 грн ЛІТАКОМ з н/п 5 до н/п 3 за ціною = 95000.00 грн';

Для постачальника н/п 6 і споживача н/п 4

mas_min[1].cel := 400.00; mas_min[1].sstr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 6 до н/п 7 за ціною = 100.00 грн з н/п 7 до н/п 4 за ціною = 300.00 грн';
 mas_min[2].cel := 380.00; mas_min[2].sstr := 'ПОЇЗДОМ з н/п 6 до н/п 7 за ціною = 80.00 грн АВТОМОБІЛЕМ з н/п 7 до н/п 4 за ціною = 300.00 грн';
 mas_min[3].cel := 400.00; mas_min[3].sstr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 6 до н/п 7 за ціною = 100.00 грн з н/п 7 до н/п 4 за ціною = 300.00 грн';
 mas_min[3].cel := 37800.00; mas_min[3].sstr := 'АВТОМОБІЛЕМ з н/п 6 до н/п 5 за ціною = 300.00 грн ЛІТАКОМ з н/п 5 до н/п 4 за ціною = 37500.00 грн';

У результаті знаходження найдешевших маршрутів серед усіх видів транспорту для кожної пари постачальників і споживачів вантажу формується матриця найдешевших маршрутів (рис. 8). Після цього до отриманої матриці, що в сукупності із заданими обсягами поставок і заявок вантажу являє собою не що інше, як транспортну таблицю, застосовується метод оптимізації транспортних перевезень (метод диференціальних рент) і в кінцевому підсумку маємо оптимальний план перевезень вантажу на заданій ТМ (рис. 9).

	н/п 3	н/п 4	н/п 1	н/п 5	н/п 7
н/п 2	360,000	480,000	600	11600	200
н/п 6	480,000	380,000	11600	11600	400

Рис. 8. Матриця найдешевших маршрутів

	н/п 3	н/п 4	н/п 1	н/п 5	н/п 7
н/п 2	3	2	0	0	0
н/п 6	0	5	0	0	0

Рис. 9. Оптимальний плану перевезень вантажу

Екранну форму з остаточними результатами розв'язання поставленої у прикладі мережевої транспортної задачі показано на рис. 10.

Оптимальні плани перевезень	
За поданими даними найбільш оптимальними перевезеннями будуть:	
АВТОМОБІЛЕМ з н/п 2 до н/п 1 за ціною = 200 грн ПОЕЗДОМ з н/п 1 до н/п 3 за ціною = 160.00 грн Веземо 3 т вантажу Загальна вартість перевезення 1 т вантажу по маршруту складає: 360.00 грн	
ПАРОХОДОМ з н/п 2 до н/п 7 за ціною = 180.00 грн АВТОМОБІЛЕМ з н/п 7 до н/п 4 за ціною = 300.00 грн Веземо 2 т вантажу Загальна вартість перевезення 1 т вантажу по маршруту складає: 480.00 грн	
ПОЕЗДОМ з н/п 6 до н/п 7 за ціною = 80.00 грн АВТОМОБІЛЕМ з н/п 7 до н/п 4 за ціною = 300.00 грн Веземо 5 т вантажу Загальна вартість перевезення 1 т вантажу по маршруту складає: 380.00 грн	
Мінімальна вартість виконання плану перевезень	= 3 940.00 грн
Сумарний час виконання плану перевезень	= 44.00 год
Час завершення виконання плану перевезень	= 33.00 год

Рис. 10. Екранна форма з остаточними результатами розв'язання мережевої транспортної задачі

Висновки. Наведено приклад застосування технології оптимізації вантажних перевезень на транспортних мережах, основними етапами якої є процедури перетворення баз даних усіх видів транспорту в матриці транспортних кореспонденцій і знаходження оптимальних планів перевезень вантажів транспортною мережею. Процедури-методи реалізовані у середовищі спеціально створеного програмно-інструментального комплексу, який пройшов експериментальну перевірку у ТС України.

Список літератури

1. Левковець П. Р. Управління перевезеннями вантажів і логістика / П. Р. Левковець, Д. Л. Товкун – К.: НТУ, 2002. – 145 с.
2. Курганов В. М. Логистические транспортные потоки / В. М. Курганов – М.: Изд.-торг. корпорация „Дашков и Ко”, 2003. – 252 с.
3. Прокудін Г. С. Програмно-інструментальний комплекс оптимізації вантажних перевезень на транспортній системі України: свід-во про внесення суб'єкта підприємницької діяльності до Реєстру виробників та розповсюджувачів програмного забезпечення / Г. С. Прокудін, М. М. Дмитрієв. – Серія ВР, № 00941, Україна, МОН – код 02070915; заяв. 18.06.08; опуб. 25.06.08. – 60 с.
4. Прокудін Г. С. Інформаційна система оптимізації вантажних перевезень в транспортних системах / Г. С. Прокудін, В. Д. Данчук, О. Г. Прокудін // Проблеми транспорту – К.: НТУ, 2009. – Вип. 6. – С. 90 – 95.
5. Прокудін Г. С. Информационные технологии на транспорте / Г. С. Прокудін, А. Г. Прокудин, К. Б. Булыга // Информационные процессы и технологии. Информатика – 2010: 3 Всеукр. научно-практ. конф. молодых учёных и студентов: сб. тезисов – Севастополь: СевНТУ, 2010. – С. 25 – 27.

Г. С. Прокудин, А. Г. Прокудин

Оптимизация грузовых перевозок в транспортных системах

Приведен пример применения технологии оптимизации грузовых перевозок в транспортных системах, основными этапами которой являются процедуры преобразования баз данных всех видов транспорта в матрицы транспортных корреспонденций и нахождения оптимальных планов перевозок грузов на транспортной сети. Такие процедуры реализованы в среде созданного программного комплекса, который прошел экспериментальную проверку на многих транспортных системах Украины.

G. S. Prokudin, A. G. Prokudin

Optimization of freight transportations in the transporting systems

The example of application of technology of optimization of freight transportations in the transporting systems, the basic stages of which there are procedures of transformation of databases of all types of transport in the matrices of transporting correspondences and finding of optimum plans of transportations of loads on a transporting network, is resulted in work. The procedures described higher are realized in the environment of the created programmatic complex which passed experimental verification on many transporting systems of Ukraine.