

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-79-2-2.40>

## ОПТИМІЗАЦІЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕСОРА

**Прокудін Г. С.**

*доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю  
Національного транспортного університету*

**Прокудін О. Г.**

*кандидат технічних наук,  
доцент кафедри транспортного права та логістики  
Національного транспортного університету*

**Хоботня Т. Г.**

*старший викладач кафедри міжнародних перевезень  
та митного контролю  
Національного транспортного університету  
м. Київ, Україна*

Більшість оптимізаційних задач на – це задачі про потоки у (*network flow problems*) [1]. Для задач фундаментальним є *принцип збереження потоку* в будь-якому [2], а саме:

сума потоків  $F_{вих}(x)$  на виході вузла дорівнює сумі потоків на його вході  $F_{вх}(x)$  + потенціал  $p(x)$  вузла (+пропозиція / попит).

Розглянемо розв'язання на транспортній мережі (ТМ) задачі, що найбільш часто зустрічається на практиці [3, 4], а саме мережевої транспортної задачі методом Вагнера Ш.М.

ТМ на рис. 1 взята з електронного атласу України у вигляді зваженого графа з 8 вузлами і 24 дугами. Вона задана неорієнтованою мережею, де усі дуги неорієнтовані, що вдвічі збільшує розмір задачі, бо представляються вже не одною, а парою направлених назустріч о дуг (*Київ → Коростень, Коростень → Київ*). На ТМ присутні три різновиди вузлів:

- пункти-постачальники вантажу (вони зображені у вигляді квадратів);
- пункти-споживачі цього вантажу (вони зображені у вигляді кіл);
- транзитні пункти (вони зображені у вигляді овалів).

Обсяги поставок (зі знаком +) і заявок вантажу (зі знаком –) представлені поруч із кожним пунктом, а проставлена на кожній дузі дріб являє собою вартість перевезення одиниці вантажу (чисельник дробу) і пропускну здатність цієї дуги (знаменник дробу). Для спрощення

сприйняття матеріалу значення вартості перевезення одиниці вантажу штучно отримані діленням відстані між відповідними транспортними вузлами на 100, а пропускні здатності дуг – діленням на 10 з наступним округленням до найближчого цілого.

Загальний обсяг пропозиції (поставок) у 40 одиниць деякого однорідного вантажу повністю дорівнює сумарному обсягу попиту (споживання), тобто ми маємо закриту транспортну задачу.

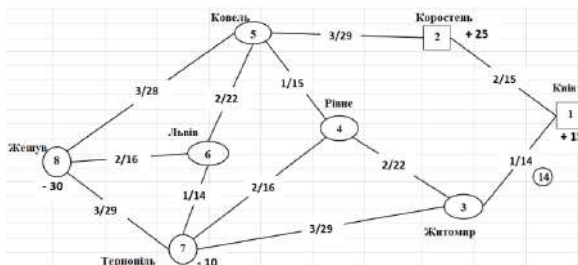


Рис. 1. Графічне представлення мережевої транспортної задачі

Спочатку у табл. 1 покажемо результати зведення вихідних даних ТМ до матричної форми. Для дуг тут відведені рядки, а для вершин стовпці. Пропускні здатності кожної дуги, так само як і вартості перевезення одиниці вантажу на ній, беремо безпосередньо з рис. 1. Там, де на мережі немає безпосереднього зв'язку між вершинами, передбачається їхнє блокування свідомо більшим числом – у таблиці 1 це 9. Відсутність петель у кожного транспортного вузла моделюється нулем.

Таблиця 1

### Зведення мережевої задачі до матричної форми методом Вагнера

Дуги	Пропускні	1	2	3	4	5	6	7	8	Дуги	Пропускні	1	2	3	4	5	6	7	8
1-2	15	0	2	9	9	9	9	9	9	4-7	16	9	9	9	0	9	9	2	9
2-1	15	2	0	9	9	9	9	9	9	7-4	16	9	9	9	2	9	9	0	9
1-3	14	0	9	1	9	9	9	9	9	5-6	22	9	9	9	9	0	2	9	9
3-1	14	1	9	0	9	9	9	9	9	6-5	22	9	9	9	9	2	0	9	9
2-5	29	9	0	9	9	3	9	9	9	5-8	28	9	9	9	9	0	9	9	3
5-2	29	9	3	9	9	0	9	9	9	8-5	28	9	9	9	9	3	9	9	0
3-4	22	9	9	0	2	9	9	9	9	6-7	14	9	9	9	9	9	0	1	9
4-3	22	9	9	0	2	0	9	9	9	7-6	14	9	9	9	9	9	1	0	9
3-7	29	9	9	0	9	9	9	3	9	6-8	16	9	9	9	9	9	9	0	2
7-3	29	9	9	3	9	9	9	0	9	8-6	16	9	9	9	9	9	2	9	0
4-5	15	9	9	9	0	1	9	9	9	7-8	29	9	9	9	9	9	9	0	3
5-4	15	9	9	9	1	0	9	9	9	8-7	29	9	9	9	9	9	9	3	0

У нашому прикладі обсяги постачання дорівнюють пропускній здатності дуги, тобто  $a_i = d_{ij}$ . Обсяг споживання для виробляючих вершин (1, 2) мережі визначають за формулою:  $b_j = \sum_{j \neq i} d_{ij} - a(x)$ ,

(1) для вершин, які споживають вантаж (7, 8) за формулою:

$$b_j = \sum_{j \neq i} d_{ij} + b(x), \quad (2)$$

для транзитних вершин (3, 4, 5, 6) за формулою:

$$b_j = \sum_{j \neq i} d_{ij}. \quad (3)$$

Таким чином, для виробляючої вершини **1** обсяг споживання дорівнює  $14 + 15 - 15 = 14$ , для споживаючої вершини **8** —  $28 + 16 + 29 + 30 = 103$ , а для транзитної вершини **6** —  $22 + 16 + 14 = 52$ .

На рис. 2 представлений результат розв’язання мережевої задачі у середовищі *Excel*, поданий у вигляді виділених знаком підкреслення значень. У клітинках з вартістю, рівною нулю (тобто для петель), потік є доповненням до пропускної здатності, тобто фіктивним.

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						
31																						

		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Дуги	0	2	9	9	9	9	9	9
2	Пропускні здатності (обсяги виробництва)	2	0	9	9	9	9	9	9
3	Витрати на перевезення одиниці вантажу	0	2	9	9	9	9	9	9
4	1-2	15	0	2	9	9	9	9	9
5	2-1	15	2	0	9	9	9	9	9
6	1-3	14	0	9	1	9	9	9	9
7	3-1	14	1	9	0	9	9	9	9
8	2-5	29	9	0	9	9	3	9	9
9	5-2	29	9	3	9	9	0	9	9
10	3-4	22	9	9	0	2	9	9	9
11	4-3	22	9	9	2	0	9	9	9
12	3-7	29	9	9	0	9	9	3	9
13	7-3	29	9	9	3	9	9	9	0
14	4-5	15	9	9	0	1	9	9	9
15	5-4	15	9	9	9	1	0	9	9
16	4-7	16	9	9	0	9	9	2	9
17	7-4	16	9	9	9	2	9	9	0
18	5-6	22	9	9	9	0	2	9	9
19	6-5	22	9	9	9	2	0	9	9
20	5-8	28	9	9	9	9	0	9	3
21	8-5	28	9	9	9	3	9	9	0
22	6-7	14	9	9	9	9	0	1	9
23	7-6	14	9	9	9	9	1	0	9
24	6-8	16	9	9	9	9	0	9	2
25	8-6	16	9	9	9	9	2	9	0
26	7-8	29	9	9	9	9	9	0	3
27	8-7	29	9	9	9	9	9	3	0
28			0	2	14	0	78	4	42
29									
30	Витрати на перевезення								226
31									

		1	2	3	4	5	6	7	8
30	Усього	14	19	65	53	94	52	98	103
31	Споживання	14	19	65	53	94	52	98	103

Рис. 2. Розв’язання мережевої ТЗ з обмеженнями на пропускні здатності за допомогою Excel-таблиці

Графічне зображення оптимального плану перевезень вантажу представлено на рис. 3.

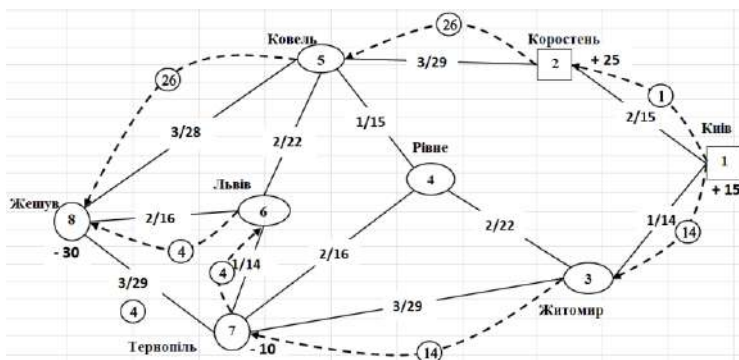


Рис. 3. Оптимальні потоки у мережевій транспортній задачі

У роботі описується один з підходів до рішення найбільш характерної для ТМ задачі знаходження оптимального плану перевезень вантажів у середовищі стандартного додатка *Microsoft Office* табличного процесора *Excel*, заснований на фундаментальному *принципі збереження потоку* в будь-якому вузлу ТМ.

Однією з переваг цього підходу є його відносна простота й зручність роботи в табличному процесорі *Excel*. Стандартний інтерфейс, що властивий всім додаткам *Microsoft Office*, дозволяє без особливих зусиль вирішувати різні задачі на ТМ. До основних недоліків описаного підходу варто віднести його обмеженість на кількість змінних (до 200) при рішенні задач середньої й великої розмірності, що значною мірою звужує область його практичного застосування. Незважаючи на це, описаний підхід може бути ефективно використаний у навчальному процесі при розв'язанні транспортних задач невеликої розмірності, які представлені у мережевому вигляді.

#### Література:

1. Кузьмичов А.І., Медведєв М.Г. Математичне програмування в Excel: Навчальний посібник. 2005. 320 с.
2. Orden A. Survey of research on mathematical solutions of programming problems. *Manag. Sci.* 1965. 1(2). P. 170–172.
3. Prokudin, G., Chupaylenko, O., Dudnik, O., Omarov, D. Improvement of the Methods for Determining Optimal Characteristics of Transportation Networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2016. N. 6/3 (84). P. 54-61. DOI:10.15587/1729-4061.2016.85211.

4. Prokudin, G., Chupaylenko, O., Dudnik, O., Svatko, V. Application of Information Technologies for the Optimization of Itinerary when Delivering Cargo by Automobile Transport. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. N. 2/3 (92). P. 51-59. DOI:10.15587/1729-4061.2018.128907, <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/128907>).

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-79-2-2.41>

**ФОРМУВАННЯ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ  
ПРИОРИТЕТУ ОБРОБКИ ВАГОНІВ  
НА СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ  
ФАКТОРІВ ПОТОЧНОЇ ЗАТРИМКИ**

**Прохоров В. М.**

*кандидат технічних наук,  
доцент кафедри управління експлуатаційною роботою  
Українського державного університету залізничного транспорту*

**Калашнікова Т. Ю.**

*кандидат технічних наук,  
доцент кафедри управління експлуатаційною роботою  
Українського державного університету залізничного транспорту*

**Прокопов А. О.**

*аспірант кафедри управління експлуатаційною роботою  
Українського державного університету залізничного транспорту  
м. Харків, Україна*

Проблема недотримання терміну доставки вантажів на Українській залізниці завжди була актуальною, але останнім часом її стан значно погіршився.

З точки зору побудови моделі оцінювання можливості недотримання термінів доставки вантажів для вагонів, що проходять обробку на сортувальних станціях, найбільш технологічним є підхід, що використовує математичний апарат нечіткої логіки. Він надає можливість визначення величини пріоритету для кожного вагона на основі наявної інформації, уникнувши необхідності безпосереднього обчислення імовірностей. Адже обчислення величин імовірностей не є ціллю такої моделі, а ціллю моделі є визначення величини пріоритету. Однак ін-