

набирають масового характеру, та засоби особистої комунікації. Для ринку також характерним є більш кількісний, а не якісний розвиток, хоча в майбутньому прогнозується зміна цієї тенденції.

### Література

1. "Под чертой" ориентируются все!// Маркетинг и реклама. – 2006, № 5. – С. 27-37.
2. Дьячук И. Анализ применения современных маркетинговых технологий в продвижении товаров// Маркетинг и реклама. – 2006, № 5. – С. 46-49.
3. [www.interbiz.ru](http://www.interbiz.ru)
4. Итоги рекламного-коммуникационного рынка Украины 2006 года и прогноз развития рынка на 2007 год// Маркетинг и реклама. – 2006, № 12. – С. 51-55.

УДК 656.078.12

*Доц. Р.В. Зінко, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"; пров. інж.-прогр. О.М. Маковейчук – ТЗОВ "БІТ"; інж. В.Г. Ульященко – ПП "Європростір Плюс"*

## ГРАФОВА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ЗАДАЧІ КОНТРЕЙЛЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Побудовано графову модель контрейлерних перевезень. Прораховано оптимальні умови їх ефективності для міжнародних перевезень лісоматеріалів залежно від вхідних параметрів, таких як геометрія задачі та швидкість перевезення.

**Ключові слова:** контрейлерні перевезення, математичне моделювання, зважені графи, оптимізація на графах.

*Assoc. prof. R.V. Zinko – NU "L'viv's'ka Politekhnika";  
eng. A.M. Makoveychuk – "BIT" Ltd; eng. V.H. Ulyashchenko –  
"Evroprostir Plus" Ent.*

### Contrailer transportations as graph theory task

The given work reconstructs a simplified mathematical model of the international contrailer transportations as graph theory task. The mathematical model investigates the optimum conditions of their efficiency depending on the incoming parameters, such as task geometry and transportation speed.

**Keywords:** contrailer transportations, mathematic modeling, weighted graphs, graph optimization.

Останнім часом зростають обсяги міжнародних перевезень лісоматеріалів. Проте перевезення носять однонапрямлений характер – в одному напрямку перевозяться лісоматеріали, у зворотному напрямку бувають порожні їздки. Тому доцільно підняти рентабельність таких перевезень навіть у випадку одностороннього завантаження. Перспективним напрямком такого покращання можуть бути інтермодальні, зокрема контрейлерні перевезення [1]. В даній роботі проведено дослідження задачі контрейлерних перевезень в рамках графової інтерпретації.

У зв'язку із зростанням обсягів міжнародних перевезень актуальність застосування комбінованих автомобільно-залізничних перевезень істотно зростає. Так у країнах Євросоюзу частка інтермодальних перевезень (основними серед них є автомобільно-залізничні) становить 10-15 % [2].

Різновидом інтермодальних перевезень є контрейлерні перевезення, які є системою переміщення контрейлерів автомобільним, залізничним і морським транспортом. Контрейлер є пересувним контейнером на колесах автомобільного типу, який перевозиться на залізничних платформах або переміщається по дорогах автотягачами. Контрейлерним перевезенням властиві такі переваги [3-6] як поєднання якостей двох домінантних видів транспорту – маневреності, оперативності і швидкості автомобільного транспорту і високої продуктивності, незалежності від погодних умов і безпеки залізничного транспорту; забезпечення збереження автомобільних доріг та інше.

Таким чином, втілюється в життя найпривабливіший на ринку транспортних послуг принцип доставки вантажу "від дверей до дверей". Окрім того, створюються сприятливі умови для розширеного використання технології JIT ("Just in time").

Контрейлерні перевезення найбільш доцільно використовувати в межах до 1800-2000 км залізничним транспортом при річному обсязі перевезень за тарно-штучними вантажами не більше 25 тис. т і на відстані перевезення автомобільним транспортом в пунктах відправлення і призначення до 50 км [6].

При проходженні митного контролю час простою автотрейлерів є істотно вищим, ніж для залізничного транспорту. Значні витрати на простій підвищують вартість перевезень і знижують швидкість доставки вантажів. В зв'язку з цим є актуальною задача оптимізації часу перетину кордону автотрейлерами на залізничних платформах з метою зменшення собівартості перевезень.

На сьогодні не сформованого завершеного переліку критеріїв оцінки ефективності використання контрейлерних перевезень. Відсутня єдина або хоча б узагальнена методика оптимізації інтермодальних перевезень. Тому різні автори обґрунтовують доцільності використання контрейлерних перевезень для різних обсягів вантажу і на різних відстанях, базуючись на різних критеріях оцінки оптимальності.

Обґрунтуємо доцільність використання контрейлерних перевезень за критерієм мінімальності собівартості перевезення. Для розв'язання цієї задачі зручно скористатись методами теорії графів [7, 8].

Нехай транспортна мережа представлена графом

$$G = (V, S), \quad (1)$$

що заданий множиною вершин  $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ , матрицею суміжності  $S = [s_{ij}]$  порядку  $n$ , де

$$s_{ij} = \begin{cases} 1, & v_i, v_j \text{ з'єднані ребром;} \\ 0, & \text{в інакшому випадку} \end{cases}, \quad (2)$$

приймемо що вага для переходу між вершинами задана матрицею  $w_{ij}$  і набуває нескінченне значення у випадку, якщо  $s_{ij} = 0$ .

Дано дві довільні вершини  $v_{\text{поч}}$  і  $v_{\text{кін}}$  з множини  $V$ . Необхідно знайти шлях із  $v_{\text{поч}}$  в  $v_{\text{кін}}$ , який би мав найменшу сумарну вагу.

Введемо цілочисельні змінні, що приймають значення

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{найкоротший шлях містить перехід із вершини } v_i \text{ у вершину } v_j; \\ 0, & \text{в інакшому випадку.} \end{cases} \quad (3)$$

Цільова функція має такий вигляд

$$J = \sum_i \sum_j w_{ij} s_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (4)$$

у якій знаходиться сумарна вага для переходів між вершинами в оптимальному шляху.

Окрім того необхідно врахувати граничні умови, що задаються у вигляді обмежень. Перша пара обмежень задає умови для початкової вершини шляху  $v_{\text{поч}}$ . Для шуканого шляху в цю вершину не повинно бути входу, але повинен існувати один вихід:

$$\sum_i s_{i, \text{поч}} x_{i, \text{поч}} = 0, \quad (5a)$$

$$\sum_i s_{\text{поч}, i} x_{\text{поч}, i} = 1. \quad (5b)$$

Аналогічно друга пара обмежень задає умови для кінцевої вершини шляху  $v_{\text{кін}}$ , у неї повинен бути один вхід, але не повинно бути виходів:

$$\sum_i s_{i, \text{кін}} x_{i, \text{кін}} = 0, \quad (6a)$$

$$\sum_i s_{\text{кін}, i} x_{\text{кін}, i} = 1. \quad (6b)$$

Для всіх інших вершин (окрім  $v_{\text{поч}}$  і  $v_{\text{кін}}$ ) встановлюються обмеження, що задають рівність кількості входів і виходів в них для шуканого оптимального шляху:

$$\sum_i s_{ik} x_{ik} - \sum_j s_{k'j} x_{k'j} = 0, \quad (7)$$

де  $k$  набуває всі значення, окрім початкового, аналогічно  $k'$  – всі окрім кінцевого.

Для кожної вершини кількість входів і виходів не може перевищувати 1

$$\sum_i s_{ik} x_{ik} \leq 1, \quad (8a)$$

$$\sum_j s_{k'j} x_{k'j} \leq 1. \quad (8b)$$

Задані граничні умови (5)-(8) встановлюють в якості області допустимих значень для змінних  $x_{ij}$  значення 0 або 1.

Для транспортних перевезень вагова матриця – це собівартість перевезення одиниці вантажу із пункту  $v_i$  у пункт  $v_j$ .

Врахувавши різницю собівартості перевезення вантажу автомобілем і залізницею і зафіксувавши пункти  $v_{\text{поч}}$  і  $v_{\text{кін}}$ , які є терміналами (в нашому випадку  $v_{\text{поч}}$ =Медика,  $v_{\text{кін}}$ =Свецько), оптимальний шлях буде складатися із 3 ділянок: Львів-Медика (автострада), Медика-Свецько (залізниця), Свецько-Донген (автострада) (рис. 2). Формально друга ділянка є найкоротшою на даній транспортній мережі, тобто знаходився найкоротший шлях Медика-Свецько, оскільки собівартість перевезення по території Польщі приймалася постійною (табл. 1).

**Табл. 1. Собівартість наявного маршруту**

| Пункт        | Відстань, км | Собівартість перевезення, грн./км | Сума, грн.     |
|--------------|--------------|-----------------------------------|----------------|
| Львів        |              |                                   |                |
| Медика       | 82           | 1.98                              | 162.36         |
| Люблін       | 226          | 3.10                              | 700.60         |
| Варшава      | 164          | 3.10                              | 508.40         |
| Познань      | 310          | 3.10                              | 961.00         |
| Свецько      | 179          | 3.10                              | 554.90         |
| Ольдензаль   | 549          | 3.10                              | 1701.90        |
| Донген       | 212          | 3.10                              | 657.20         |
| <b>Разом</b> |              |                                   | <b>5246.36</b> |

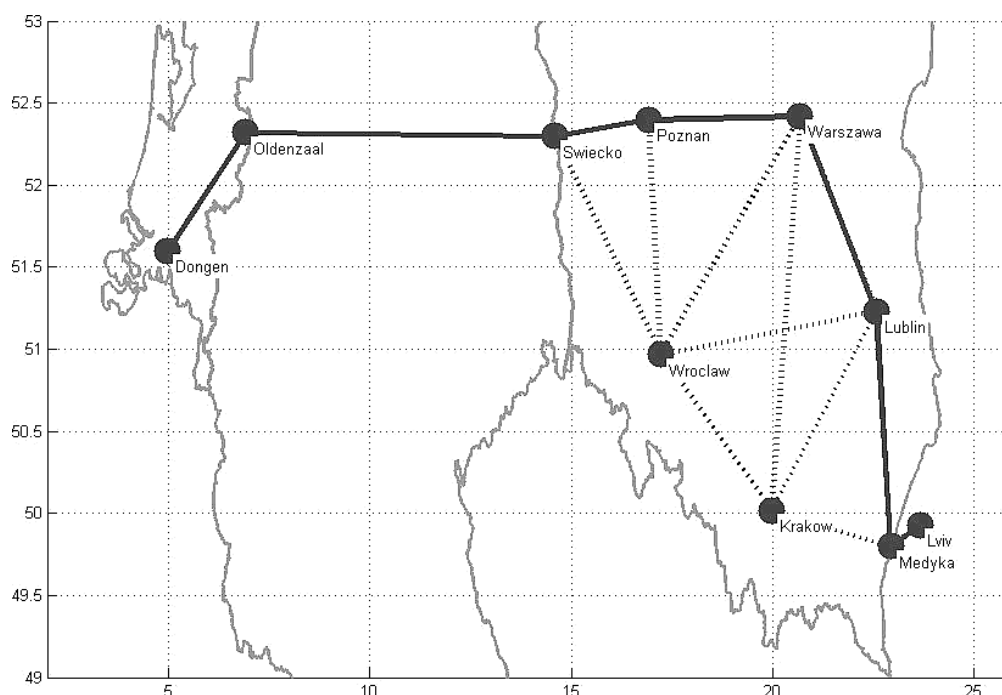


**Рис. 1. Наявний маршрут Львів-Медика-Варшава-Свецько-Донген**

**Табл. 2. Собівартість рекомендованого маршруту**

| Пункт        | Відстань, км | Собівартість перевезення, грн./км | Сума, грн.     |
|--------------|--------------|-----------------------------------|----------------|
| Львів        |              |                                   |                |
| Медика       | 82           | 1.98                              | 162.36         |
| Краків       | 259          | 1.70                              | 440.30         |
| Вроцлав      | 277          | 1.70                              | 470.90         |
| Свецько      | 267          | 1.70                              | 453.90         |
| Ольдензаль   | 549          | 3.10                              | 1701.90        |
| Донген       | 212          | 3.10                              | 657.20         |
| <b>Разом</b> |              |                                   | <b>3886.56</b> |

На практиці на вибір маршруту залежить від великої кількості супутніх факторів, тому найкоротший шлях не завжди є оптимальним. Так для автотранспорту важливим є наявність угод, які надають певні пільги і знижки при заправці автомобіля на території Польщі. Необхідно додатково враховувати якість доріг, наявність розвинутої інфраструктури (стоянок, що охороняються, готелів тощо), що також визначає оптимальність вибраного маршруту

(рис. 1). Зауважимо, що наша модель здатна враховувати всі названі фактори за допомогою відповідної модифікації цінкової матриці.

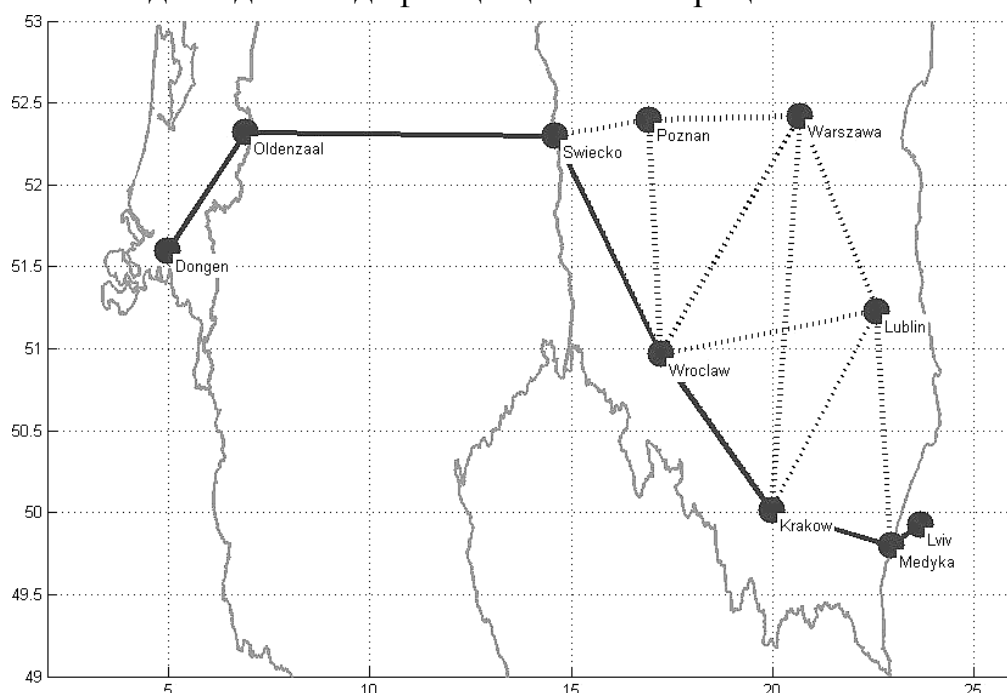


**Рис. 2. Рекомендований маршрут Львів-Медика-Вроцлав-Свєцко-Донген**

## Висновки

Використання контрейлерних технологій дає змогу підвищити рентабельність міжнародних перевезень лісоматеріалів. Побудована математична модель враховує різноманітні чинники, що впливають на собівартість шляхом модифікації вагової матриці.

В рамках нашого певною мірою спрощеного підходу, застосування контрейлерних перевезень на маршруті Львів-Донген дає змогу зменшити вартість перевезення вантажу на 25 %.

## Література

1. Франчішек Нєц. Способи реанімації комбінованих перевезень// Перевізник Уа. – 2007, № 1, 2. – С. 16–17.
2. Куренков П.В., Котляренко А.Ф. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении. Экономика. Логистика. Управление. – Самара: МПС, "Самарская ГАПС", 2002. – 628 с.
3. Кирпа Г.Н., Демин Ю.В. Перспективы развития контрейлерных перевозок по международным коридорам Украины// Бюлетень ОСЖД. – 1997, № 1. – С. 3-8.
4. Демин Ю.В. Кирпа Г.М. Технічне забезпечення контрейлерних перевезень міжнародними коридорами України// Залізничний транспорт України. – 1997, № 1. – С. 28-32.
5. Кирпа Г.Н., Демин Ю.В. О возможных путях развития комбинированных перевозок грузов в Украине// Праці Західного наукового центру ТАУ: Проектування, виробництво та експлуатація транспортних засобів і поїздів. – 1995, т. 2. – С. 64-66.
6. Кирпа Г.М. Підвищення ефективності використання рухомого складу для інтенсифікації перевезень у міжнародному сполученні// Праці Західного наукового центру ТАУ: Проектування, виробництво та експлуатація транспортних засобів і поїздів. – 2006, № 13. – С. 40-50.
7. Майника Э. и др. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах/ Под ред. Е.К. Масловского – М.: Мир, 1981. – 322 с.
8. Фрэнк Г., Фриш И. Сети, связь и потоки: Пер. с англ./ Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Связь, 1978. – 448 с.