

УДК 656.212.2

*В. В. КУЛЕШОВ*, канд. техн. наук, доцент, *В. М. КУЛЕШОВ*, канд. техн. наук, професор, *М. П. НОСЕНКО*

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Запропоновані методи прогнозування перевезень та обсягів навантаження шляхом рішень на підставі аналізу клієнтського середовища - інтелектуальний аналіз даних (data mining). Удосконалена технологія планування та прогнозування попиту на вантажні перевезення залізничним транспортом, яка дозволяє адміністрації інфраструктури одержувати й обробляти заявки, використовуючи клієнтські WEB-додатки, контролювати статус запитів і переглядати графіки на умовах ресурсозбереження. Дані рекомендації щодо підкріплення організаційно-функціональної структури залізниць на комерційному підході до організації перевезень та визначенні "центрів відповідальності" на кожному етапі надання транспортних послуг.

**Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** На початку незалежності України на мережі залізниць перероблялося і відправлялося понад 850 млн. т вантажів на рік. Через 8 років цей обсяг зменшився на дві третини із темпами 12,5% на рік, потім поступово ще через 8 років, але вже з темпами 5,6 % на рік він почав збільшуватися. Концепцією та програмою реструктуризації [1] до 2010 року були заплановані обсяги відправлення вантажів 510 млн. т щорічно.

Виходячи із Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту України [2], слід удосконалити прогнозування попиту на вантажні перевезення залізничним транспортом за рахунок побудови моделей, наближених до міркувань людини й використання їх у комп'ютерних системах з метою приймання управлінських рішень в умовах неповної й нечіткої інформації. Такі підходи представляють сьогодні найважливішу науково-прикладну задачу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В ряді досліджень [3, 4, 6] та нормативному документі [5] при організації перевезень докладно не враховані розвинені інформаційні технології, за допомогою яких можливо забезпечити графіки поставок продукції за умовами ресурсозбереження.

**Цілі статті.** Розробити та удосконалити технологію планування та прогнозування попиту на вантажні перевезення залізничним транспортом, яка дозволяє адміністрації інфраструктури одержувати, й обробляти заявки, використовуючи клієнтські WEB-додатки, контролювати статус запитів і переглядати графіки на умовах ресурсозбереження.

### Основний матеріал.

У сучасних методах прогнозування перевезень та обсягів навантаження можуть бути виконані шляхом рішень на підставі аналіза клієнтського середовища - інтелектуальний аналіз даних (data mining).

Сучасне клієнтське середовище - система місячного планування перевезень (МЕСПЛАН) надає доступ до великої кількості ресурсів. Але потрібна персоналізація клієнта, яка вирішує пошук з застосуванням, інформаційних каталогів, пропозицій товарів і послуг у в такому порядку, щоб користувачеві легше було знаходити відомості, необхідні саме йому, саме в цей момент.

Наприклад: є деякий набір ресурсів (товарів, послуг, предметів), якими користується величезна кількість клієнтів. Всі дії користувачів протоколюються в електронному виді. Що необхідно для підвищення якості надаваних послуг? Які ресурси найбільш популярні, і серед яких груп клієнтів? Чи можливо вгадати інтереси клієнта й сформуванати для нього персональну пропозицію, від якої він з високою ймовірністю не відмовиться? Як виявити клієнтів, що збираються найближчим часом відмовитися від обслуговування? Ці завдання можливо вирішувати в системах управління взаємовідношеннями із клієнтами (client relationship management, CRM). Створення математичного забезпечення вирішення вказаних задач надасть можливості прогнозування обсягів відправлення, просування та приймання вантажів клієнтами.

В умовах ринкових відносин при функціонуванні залізничного транспорту необхідні підрозділи, мета яких - максимальне задоволення платоспроможного попиту й потреб клієнтів, проведення маркетингових досліджень ринку транспортних послуг, підвищення якості обслуговування й прибутковості вантажних перевезень.

На залізничному транспорті України з'явилися принципово нові фахівці: інженери, що виконують посадові обов'язки інженерів-маркетологів, фахівці служб комерційної робота та маркетингу, комерційних відділів дирекцій залізничних перевезень із транспортного обслуговування клієнтів, фахівці логістичних центрів Укрзалізниці.

Основні завдання - комплексне і якісне обслуговування, забезпечення сервісу, зручності й пунктуальності виконання заявок клієнтів, підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту на принципах "одного вікна" по організації вантажних перевезень.

Завдання полягає в тім, щоб, розподіливши відповідальність за кожен ділянку виконання заявки на перевезення, вивести на принципово новий якісний рівень роботу по підвищенню якості транспортного обслуговування клієнта [8].

Транспортна мережа подається за допомогою орієнтованого графа  $G$ . Вершини графа відповідають окремим дільницям залізниць [6].

За умовою балансу транспортних потоків по кожній станції  $i \in I$ , типу вагонів  $k \in K$  цільова функція моделі буде у межах планового періоду  $T$  (data):

$$\sum_{j \in j^+(i)} y_k(j, t) = \sum_{j \in j^-(i)} y_k(j, t), \quad i \in I, k \in K, t \in T, \quad (1)$$

де  $I$ (data) – множина станцій;  $i$  – символ ідентифікації станцій залізниці,  $i \in I$ ;

$J$ (data) - множина дільниць;  $j$  – символ ідентифікації дільниць залізниці  $j \in J$ ;

$j^+(i)(I^-(i))$ (data) – множина дільниць, які приходять на станцію (які виходять зі станції)  $i$ ;

$i^-(j)(i^+(j))$ (data) – початкова (кінцева) станція дільниці  $j$ ;

$y_k(j, t)$ (result) – інтенсивність (величина) вагонопотоку у вагонах типу  $k$ , який проходить по дільниці  $j$  в інтервалі  $t$  (завантажені, порожні вагони).

Сумарні експлуатаційні витрати по реалізації переміщення вагонопотоку у плановому періоді визначаються формулою

$$F^-(Y) = \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} c_j^-(k, t) y_k(j, t), \quad (2)$$

де  $c_j^-(k,t)$  (data) – експлуатаційні витрати на переміщення вагону типу  $k$  на дільниці  $j$  в інтервалі  $t$ .

Для розв'язання задачі необхідна інформація щодо замовлень (попиту) на вантажні перевезення для інтервалів планового періоду. Вона генерується на основі обробки статистичних даних щодо перевезень за минулий час та прогнозу замовлень на плановий період. Для визначення кількості вагонів типу  $k$ , необхідної для перевезення вантажу типу  $l$  використовуються коефіцієнти  $v_{kl}$  (data), що дорівнюють місткості вагона типу  $k$  в одиницях виміру вантажу  $l$ . При доставці вантажів у порти (відправлення з портів) складається визначений список для кожної припортової станції.

Для кожної реалізації  $\omega \in \Omega_q$  визначено такі дані:

- маршрут прямування  $R_q(\omega)$  (data);
- тип вагона  $k_q(\omega)$  (data);
- тариф вартості перевезення одиниці вантажу  $c_q^+(\omega)$  (data);
- тривалість реалізації перевезення  $\Theta_q(\omega)$  (data);
- нереалізований обсяг кореспонденції  $q$   $x_q^-$  (result);
- $c_q^-(\omega)$  - штраф за наявність одиниці нереалізованого обсягу кореспонденції  $q$ .

Змінні  $x_q(\omega)$  та  $x_q^-$  задовольняють балансовим співвідношенням

$$\sum_{\omega \in \Omega_q} x_q(\omega) + x_q^- = B_q, x_q(\omega) \geq 0, x_q^- \geq 0, q \in Q_q, \quad (3)$$

Загальний прибуток  $F^+(x^q)$  від реалізації перевезень всіх кореспонденцій визначається за формулою

$$F^+(x^q) = \sum_{q \in Q} \sum_{\omega \in \Omega_q} c_q^+(\omega) x_q(\omega), \quad (4)$$

Враховуючи пропускну здатність станцій (вузла) та її потужність з обробки вантажів складаємо нерівність

$$\sum_{l \in L} \{(k_i^+ z_i^+)(i,t) + k_j^- z_j^-(i,t)\} \leq (\beta_i + x_i^\beta) \tau^t, i \in I, t \in T, \quad (5)$$

де  $k_i^+(k_i^-)$  (data) – коефіцієнт трудомісткості розвантаження (навантаження) вантажу типу  $l$ ;

$x_i^\beta$  (result) – додаткова потужність станції  $i$ , щодо обробки вантажів, у результаті її реконструкції;

$x_\beta$  – множина всіх змінних  $x_i^\beta$ ;

$z_i^+(i,t), z_i^-(i,t)$  – відповідно обсяги вантажу типу  $l$ , який приймається на станцію  $i$  в інтервалі  $t$  (або відправляється).

Враховуючи загальні витрати на реконструкцію, поповнення (оновлення) рухомого складу  $F^-(Y)^{Tq}$  складається цільова функція загального прибутку у плануємому періоді

$$F(x^q, Y) = F^+(x^q) - F^-(x^q) - F^-(Y) \rightarrow \max, \quad (6)$$

При обмеженнях:

$1 \leq |T| \leq 4$  – кількість інтервалів планового періоду;

$50 \leq |I| \leq 1000$  – кількість станцій;

$150 \leq |J| \leq 1500$  – кількість дільниць;

$1 \leq |K| \leq 20$  – кількість типів вагонів;

$1 \leq |L| \leq 20$  – кількість типів агрегованих вантажних перевезень;

$40 \leq |Q| \leq 4000$  – кількість кореспонденцій;

$1 \leq |\Omega| \leq 3$  – середня кількість різних варіантів реалізації кореспонденції.

При наявності розвинених телекомунікацій у лінійній мережі залізниць та логістичних центрів лінійного і мережного рівнів дану задачу слід розв'язувати, згідно вказаної моделі – Method\_E\_1.

Однак, враховуючи неповноту та нечіткість окремих даних, слід за рекомендаціями [7, 8] на першому – другому етапах реформування Укрзалізниці використовувати наближене розв'язання задачі – Method\_E\_2., замість постанційних кореспонденцій при цьому використовуються міждорожні з величинами обігу вагонів на мережних напрямках.

До послуг різні клієнти підходять і з різними мірками. Якщо одним досить доставки вантажу від станції відправлення до станції призначення, то інші хотіли б бачити участь транспортного підприємства на всьому логістичному транспортному ланцюжку, якщо мова йде про перевезення вантажу через території суміжних держав або по морю.

Комерційний підхід до організації перевезень повинен бути підкріплений організаційно-функціональною структурою залізниці. Потрібне чітке визначення "центрів відповідальності" на кожному етапі надання транспортних послуг, і функціональна перебудова структури, професійна й кадрова політика підприємства.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.

Комерційний підхід до організації перевезень вантажів ще не підкріплений організаційно-функціональною перебудовою структури залізниці, яка в умовах ринкових відносин надала б максимальне задоволення платоспроможного попиту й потреб користувачів залізничних послуг, проведення маркетингових досліджень ринку транспортних послуг, підвищення якості обслуговування й прибутковості вантажних перевезень. У подальшому потрібний об'єктивний прогноз стану транспортного ринку; визначення затребуваності транспортних послуг; обґрунтованість тарифів і цін на вантажні перевезення й додаткові послуги, розробка нових видів транспортних послуг.

Вже недостатньо тільки визначати час доставки вантажу від станції відправлення до станції призначення, необхідно бачити дії перевізника на усьому логістичному транспортному ланцюжку.

**Список літератури:** 1. Показники роботи залізничного транспорту України. ЦС / ЦД / - К.: Укрзалізниця, 2004 – 2007. 2. Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту України. / Схвалено розпорядженням КМУ № 651-р від 27.12.2006 р. – К.: Магістраль, №1 (1179) 10-16 січня 2007 р. – С. 6. 3. С. Grayley. Railway Technical Review, 2005, № 3, р. 31 – 34. Інтернет-технологии в управлении инфраструктурой // Железные дороги мира – 2006. - № 3. – [zdm@css-rzd.ru](mailto:zdm@css-rzd.ru). 4. Иловыйский Н. Д. Сервис на транспорте (железнодорожном). - М.: Транспорт, 2003. – 218 с. 5. Правила планування перевезень вантажів. – К.: Наказ МТЗУ, 2007. 6. Задачі оптимального проектування надійних мереж / Під ред. Н.З. Шора. – К.: Наукова думка, 2005. – С. 147-210. 7. Блюмин С. Л., Шуйкова И. А. Введение в математические методы принятия решений. – Липецк: Липецкий государственный педагогический институт, 2004. – 100 с. 8. Данько М. І., Кулешов В. В., Носенко М. П. Удосконалення планування використання інфраструктури залізниць операторськими компаніями на основі ресурсозбереження. - Вісник економіки транспорту і промисловості. / УкрДАЗТ, 2007. - Вип. 19-20.- С.230-233.

*Надійшла до редколегії 21.10.08 р*