

УДК 656.072

## ІМОВІРНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ МАРШРУТІВ ПРИМІСЬКОЇ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ

*Луб'яний П.В., к.т.н., доц., Єрьоменко В.Ю., ас.*

*Херсонський факультет Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*

*73028, м. Херсон, вул. І.Кулика, 130*

*E-mail: [Eremenko40@yandex.ru](mailto:Eremenko40@yandex.ru)*

Рассматриваются вопросы поиска новых способов проведения численного эксперимента с моделью пригородной транспортной системы. Особенностью данного эксперимента является существенное отличие между направляемыми управляемыми факторами.

**Ключевые слова:** конкуренция, пассажиропоток, пригородные транспортные районы, маршрутная сеть, оптимальные маршруты.

Questions of search of new ways of carrying out of numerical experiment with model of suburban transport system are considered. Feature of the given experiment is essential difference between controlled factors which are observed.

**Key words:** competition, a volume of passenger traffic, suburban transport areas, a routing network, optimum routes.

**Вступ.** Існуючі методики обстежень пасажиропотоків приміських сполучень з метою встановлення тарифів на перевезення, ведення статистичних спостережень і планування транспортної мережі засновані на принципах фіксації фактів наповнюваності транспортних засобів і встановлення середніх показників на основі зібраних даних. Недивно, що склалася повсюдна практика, коли відкриття нових маршрутів здійснюється шляхом досвідченої “накатки” маршруту, необхідність якої виникає, як правило, після неодноразових скарг населення.

Існуючі теоретичні розробки у області обстеження транспортних мереж не мають системного зведення показників, які в достатній мірі характеризують населений пункт.

Задача маршрутизації приміського пасажирського транспорту набуває все більшої актуальності у світлі неухильних змін структури зайнятості населення міст і приміської зони та бурхливого підвищення рівня автомобілізації.

**Аналіз літературних джерел.** Задача маршрутизації приміських пасажирських перевезень є однією з найбільш складних серед усього комплексу транспортних проблем, так як це питання ще не досить вивчено. Для її вирішення найбільш зручними можливо вважати евристичні алгоритми пошуку раціональних варіантів маршрутної мережі, оскільки класичні методи математичної оптимізації не можуть бути використані через складну структуру зв'язків між різними елементами маршрутної системи [1]. Тому єдиним доступним способом визначення раціонального варіанту маршрутної мережі є повний перегляд усіх варіантів сполучень маршрутів, а це можливо тільки для невеликих розмірностей задачі, за якої вона не представляє практичного інтересу [2].

Разом із тим, даний підхід за своєю сутністю не може вирішити головної задачі – прогнозування змін транспортної мережі і максимально ефективний

розподіл пасажиропотоків. З урахуванням інертності в зміні пасажиропотоку, часто проходить не один місяць, перш ніж стає зрозумілим, що маршрут був розрахований не вірно і не може існувати з причини хоча б однієї невірної врахованої умови: рівня тарифу, довжини їздки, недостатнього пасажиропотоку, неправильно вибраних маршрутів, графіків, інтервалів руху, часу відстою, місткості транспортних засобів і багатьох інших чинників. Невдачі (збитковість перевезень) на ранніх стадіях „обкатки” маршруту тягнуть необґрунтовану відмову від перевезень.

В евристичних алгоритмах не ставиться задача пошуку оптимального варіанту маршрутної мережі, вони покликані забезпечити пошук „ефективного” варіанту маршрутної мережі за рахунок систематичних процедур. Ці процедури полягають або в послідовному розширенні „базової” мережі за рахунок включення в неї конкурентоспроможних маршрутів, або навпаки - виключенні з множини конкурентоспроможні частини без перспективних маршрутів.

Наявність великої кількості конкурентоспроможних маршрутів не може претендувати на близькість до оптимального варіанту за результатами роботи евристичних алгоритмів. Тому основним способом підвищення їхньої ефективності є визначення імовірності влучення конкурентоспроможних маршрутів в оптимальний варіант маршрутної мережі. Це дасть можливість істотно скоротити кількість потенційно придатних до реалізації варіантів приміської маршрутної мережі і звести задачу проектувальника до оцінки неформалізованих у моделі факторів.

**Мета роботи.** Проведення чисельного експерименту з моделлю транспортної системи.

**Матеріал і результати досліджень.** Головна складність при проведенні такого експерименту - пошук оптимального варіанту шляхом перебору всіх можливих сполучень маршрутів.

Первинні дані можуть бути оцінені через аналіз системи показників, що характеризують населені пункти. Система показників населеного пункту характеризується безліччю показників, які умовно можна розділити на групи:

- структура населення за віком, діловою активністю, рівнем платоспроможності населення і т.д.;
- густина заселення територіальної одиниці населених пунктів;
- потреба населення в об'ємах транспортних послуг і переваги населення за якістю транспортної послуги (анкетний метод збору інформації);
- забезпеченість дорогами, прохідність і якість дорожнього покриття, можливість розширення старих і прокладки нових доріг, придатних для приміського пасажирського повідомлення.

Іншими словами пропонується створювати систему управління пасажиропотоками, що базується на комплексному аналізі населених пунктів.

Для вирішення цієї глобальної задачі необхідно вирішити ряд послідовних задач зі збору і попередньої обробки інформації.

Керованими (екзогенними) факторами в експерименті є вид транспортного планування адміністративного району, загальна кількість транспортних районів у схемі і характер розселення населення. Для кожного фактора прийнято два крайні рівня варіювання.

Характер розселення населення для першого рівня приймається рівномірним, тобто ємності транспортного району з відправлення і прибутку дорівнюють одна одній. Для другого - виключним, при цьому ємності районів визначаються за наступним правилом:

$$\begin{aligned} \epsilon_{ПНО}(i) > 0, HP(i) = 0; \\ \epsilon_{ПНР}(i) > 0, HO(i) = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

$HO(i)$ ,  $HP(i)$  - відповідно ємності  $i$ -го транспортного району по відправленню і прибуттю.

Особливістю даного експерименту є істотна відмінність між керованими факторами і факторами, що спостерігаються. Усі керовані фактори належать до характеристик усієї маршрутної мережі, що є цілком природним, і тому що результати експерименту повинні бути поширені на райони, що мають різні характеристики транспортного планування і розселення, різний ступінь наявності кінцевих зупиночних пунктів. Але вивчення поверхні реакції для даного випадку присвячено не оцінці впливу екзогенних перемінних на значення критерію ефективності, а визначенню закономірностей формування оптимального варіанту маршрутної мережі [3].

Тому й ендогенною змінною є не значення критерію ефективності для оптимального варіанта мережі, імовірність улучення маршруту в цей варіант, відповідно і набір перемінних, що характеризують кожний маршрут буде відрізнятися від керованих параметрів.

При вивченні поверхні реакції повинні бути враховані різні групи факторів, що характеризують сам

маршрут і умови його функціонування. Ці фактори повинні відповідати таким умовам:

- легко розраховуватися при наявності стандартного для задачі маршрутизації набору даних;
- впливати на імовірність в улучення маршруту в оптимальний варіант.

Під стандартним набором даних розуміється топологічна схема, ємності транспортних районів за відправленням (прибуттям) і набір конкурентноспроможних маршрутів.

Ступінь впливу фактора на імовірність влучення маршруту в оптимальний варіант мережі на початковому етапі можна визначити тільки гіпотетично. Серед параметрів маршруту, що відповідають описаним умовам можна виділити наступні групи характеристик: траси маршруту, потенційні споживачі і рівень конкуренції.

Характеристика траси маршруту містить: його довжину, кількість зупинок, середню довжину перегону, коефіцієнт непрямолінійності. Потенційні споживачі характеризуються сумою кореспонденцій, що обслуговуються, максимальною транспортною роботою, середньою дальністю поїздки, коефіцієнтами ефективності маршруту і нерівномірності пасажиропотоків за напрямками.

Сума кореспонденцій, що обслуговуються  $k$ -им маршрутом  $H_{kmax}$  розраховується без урахування впливу маршрутів-конкурентів за такою залежністю:

$$H_{kmax} = \sum_i^{n_0} \sum_j^{i-1} (h_{ij} + h_{ji}), \quad (2)$$

де  $n_0$  - кількість зупиночних пунктів на  $k$ -му маршруті;  $H_{kmax}$  - величина кореспонденції між транспортними районами  $i$  і  $j$ .

Максимальна транспортна робота  $P_k$  також визначається без урахування впливу маршрутів-конкурентів:

$$P_k = \sum_i^{n_0} \sum_j^{i-1} (h_{ij} + h_{ji}) \cdot l_{ijk}, \quad (3)$$

де  $l_{ijk}$  - відстань між транспортними районами  $i$  і  $j$  по трасі  $k$ -го маршруту.

Середня дальність їздки пасажирів на маршруті дорівнює частці від розподілу максимальної транспортної роботи на суму кореспонденцій, що обслуговуються. Коефіцієнт ефективності  $k_{\phi}$  маршруту розраховується за залежністю:

$$k_{\phi} = \frac{2 \cdot F_{max} \cdot L_M}{\sum_i^{n_n} F_i \cdot l_j}, \quad (4)$$

де  $F_{max}$  - максимальний за обома напрямками пасажиропотік на маршруті;  $L_M$  - довжина маршруту, км;  $n_n$  - кількість перегонів на маршруті в обох напрям-

ках;  $F_i$  - пасажиропотоків на  $i$ -му перегоні маршруту в одному напрямку;  $l_i$  - довжина  $i$ -го перегону маршруту.

Коефіцієнт ефективності  $k_{\phi}$  маршруту розраховується за такою залежністю:

$$k_{\phi} = \frac{Q_{np}}{Q_{обр}}, \quad (5)$$

де  $Q_{np}$ ,  $Q_{обр}$  - відповідно обсяг перевезень у прямому і зворотному напрямках, пас.

У моделі функціонування маршрутної системи, використовуваної для проведення експерименту, можливе існування декількох маршрутів-конкурентів, що починаються і закінчуються в одних і тих самих кінцевих пунктах.

Тому рівень конкуренції характеризується кількістю маршрутів із тими ж кінцевими пунктами, абсолютним і питомим обсягом кореспонденцій, що обслуговуються тільки розглянутим маршрутом, питомим обсягом перевезень при рівноймовірному використанні маршрутів.

Абсолютний обсяг кореспонденцій, що обслуговуються розглянутим  $k$ -м маршрутом дорівнює:

$$H_k = \sum_i^{n_0} \sum_j^{i-1} (h_{ij} + h_{ji}) \cdot p_{ij}, \quad (6)$$

де  $p_{ij} = 1$ , якщо райони  $i$  і  $j$  з'єднані тільки одним маршрутом,  $p_{ij} = 0$  у протилежному випадку.

Відносний обсяг кореспонденцій, що обслуговуються розглянутим маршрутом  $Y_k$  дорівнює:

$$Y_k = \frac{H_k}{H_{k \max}}. \quad (7)$$

Питомий обсяг перевезень при рівноймовірному використанні маршрутів розраховується за залежністю:

$$Y_{k1} = \sum_i^{n_0} \sum_j^{i-1} \frac{(h_{ij} + h_{ji})}{n_{mij}}, \quad (8)$$

де  $n_{mij}$  - загальна кількість конкурентоздатних маршрутів, що проходять між пунктами  $i$  і  $j$ .

Кількість наборів даних для аналізу за кожним розрахунком дорівнює кількості маршрутів у розглянутій схемі. При 6-ти кінцевих зупиночних пунктах мінімальна кількість маршрутів у схемі дорівнює 15-ти одиницям, а з урахуванням можливості організації декількох маршрутів між кожною парою зупиночних пунктів воно буде значно вище. Тому восьми розрахунків буде цілком достатньо для визначення залежності імовірності влучення маршруту в оптимальний варіант маршрутної мережі від його параметрів, тому що кількість зафіксованих спостережень складе як мінімум 120.

**Висновки.** Результати експерименту дозволяють істотно спростити і підвищити точність вирішення задачі маршрутизації за допомогою евристичних алгоритмів.

Зрештою, як і в разі стандартного походу в обстеженнях пасажиропотоків, так і в пропонованому підході до обстежень, усе зводиться до рішення основної транспортної задачі: максимальне задоволення потреб населення в об'ємах і якості перевезень за умови забезпечення беззбиткової роботи перевізників. Проте, не дивлячись на велику трудомісткість обстежень і вимоги до професійної підготовки обстежувачів, пропонована методика обстежень значно підвищує точність обстежень і, відповідно, прогнозів, вибудованих на його основі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Нейлор Т. Машинні імітаційні експерименти з моделями економічних систем: Пер. с англійського під ред. А.А. Петрова. - М.: Світ, 1975. - 500 с.
2. Луб'яний П.В. Ефективність пасажирської маршрутної мережі міст. Дис...канд. техн. наук.-Харків, 2005. - 175 с.
3. Грановский Б.И. Моделирование пассажирских потоков в транспортных системах / В кн.: Итоги науки и техники. Серия «Автомобильный и городской транспорт», т. II. - М.: ВИНТИ, 1986. - С. 67-107.

Стаття надійшла 6.11.2007.  
Рекомендовано до друку к.т.н., доц.  
Морозом М.М.