

УДК 656.072

РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ МОДЕЛЮВАННЯ МІСЬКОЇ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Луб'яний П.В., к.т.н., доц., Савінкіна О.Є., ас.

Херсонський факультет Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

73028, м. Херсон, вул. І.Кулика, 130

E-mail: savinkina_o@mail.ru, lubpavel@yandex.ru

Рассматривается расчет возможных вариантов маршрутной сети городского пассажирского транспорта из множества конкурентных маршрутов, описываются факторы, которые могут быть использованы для конечного расчета значения критерия эффективности текущего варианта маршрутной сети.

Ключевые слова: маршрутная сеть, матрица маршрутных поездок.

The calculation of possible variants of rout network of public passenger transport from the great number of competition routes is examined, factors which can be used for the eventual calculation of value of criterion of efficiency of current variant of rout network are described.

Key words: routing network, a matrix of routing trips.

Вступ. Вирішення задачі маршрутизації займає головне місце в організації роботи міського пасажирського транспорту загального користування, тому що створює базу, на основі якої приймаються інші, більш детальні рішення, що стосуються роботи міського транспорту. Практично в усіх роботах, присвячених дослідженню міської маршрутної мережі, під задачею формування нової схеми маршрутів розуміється формування трас і визначення провізних можливостей маршрутів, за яких досягається раціональне значення критерію ефективності.

При цьому вирішення задачі маршрутизації моделювання маршрутної мережі є не самостійною задачею, а проміжним етапом у рішенні всієї задачі маршрутизації. Якщо моделювання маршрутної мережі є кінцевим етапом рішення деякої задачі, то відповідь на питання про максимальний ступінь відповідності моделі маршрутної мережі й об'єкту є простою - чим більше вершин у графі маршрутної мережі, тим краще. Межа розмірності графа – здібності програмного забезпечення.

Але кінцевою метою моделювання маршрутної мережі при вирішенні задачі маршрутизації є одержання максимально точних результатів розрахунків оптимального стану маршрутної системи.

Аналіз попередніх досліджень. Вирішення задачі маршрутизації займає головне місце в організації роботи міського пасажирського транспорту загального користування, тому що створює базу, на основі якої приймаються інші, більш детальні рішення, що стосуються роботи міського транспорту. Практично в усіх роботах, присвячених дослідженню маршрутної мережі, під задачею формування нової схеми маршрутів розуміється формування трас і визначення провізних можливостей маршрутів, за яких досягається раціональне значення критерію ефективності.

Найпростішими інструментами маршрутизації є методи, розроблені для розрахунків мережі без застосування ЕОМ. До них належать самі ранні розробки [1], а також ряд робіт, що були зроблені в період комп'ютеризації, проведених останнім часом [2]. Основний акцент у аналітичних методах здійснюється на досвід працівників транспорту, з використанням стандартів транспортного обслуговування і системного аналізу із застосуванням спрощених моделей розподілу пасажиропотоків по маршрутній мережі.

Застосування цих методів обмежено невеликою кількістю альтернатив, що можуть бути розглянуті при вирішенні задачі. Можливості аналітичних методів розширюються шляхом використання засобів інтерактивної графіки. Це значно розширює можливості проектувальника, однак відсутність формальних указівок до вибору раціональної маршрутної мережі не дозволило одержати практично придатні результати. Крім того, у даних методах застосовуються спрощені моделі поведінки пасажирів - пасажиропотоки на ланках маршрутної мережі звичайно вважаються постійною величиною. Це не відповідає дійсності і призводить до зсуву проєктованих маршрутів до існуючих маршрутних мереж.

Для кожного з етапів задачі маршрутизації в описаних роботах може бути знайдений досить ефективний варіант вирішення.

Виключенням є лише використовувані моделі маршрутної мережі. Всі автори покладаються на топологічний метод моделювання і розглядають проблеми маршрутизації, думаючи, що модель мережі існує, і вона досить адекватно описує маршрутну мережу. У той же час, загально відома залежність результатів розрахунків від вихідних моделей, і необхідно визначити можливості удосконалення методик маршрутизації за рахунок поліпшення моделей маршрутної мережі.

Мета роботи. Розробка принципів моделювання міської транспортної мережі.

Матеріал і результати дослідження. Кількість пасажирів, які використовують 1-й варіант шляху пересування, розраховується на основі значень кореспонденцій та ймовірності його використання:

$$h_{ij} = h_{ij} \cdot P_l, \quad (1)$$

де h_{ij} – кількість пасажирів, що їдуть по шляху l з району i у район j , чол; h_{ij} – значення кореспонденції між районами i та j ; P_l – ймовірність вибору l -го шляху пересування.

У (1) виконується перший крок розподілу пасажиропотоків між маршрутами, в якому матриця кореспонденцій перетворюється у матрицю маршрутних поїздок. На відміну від матриці кореспонденцій матриця маршрутних поїздок відображає не стільки потреби населення у пересуваннях, скільки засіб їх реалізації.

Перетворення однієї матриці у другу здійснюється шляхом перебору всіх пар транспортних районів міста та всіх потенційно конкурентних варіантів шляхів пересування між ними.

Для однієї пари транспортних районів може існувати декілька шляхів без пересадок ($n = 1$), якщо існують маршрути, які з'єднують ці райони різними шляхами. Однак значення в матриці кореспонденцій перетворюються тільки тоді, коли кількість посадок (маршрутних поїздок) на поточному шляху перевищує 1 ($n > 1$), тобто на ньому існують пересадки.

У цьому випадку після визначення частки пасажирів, що використовують x -тий варіант шляху пересування з району i до району j за залежністю (1) h_{ij} перераховуються значення кореспонденцій в матриці за допомогою перетворень (2) та (3).

Поточне значення кореспонденції між районами i та j зменшується на кількість пасажирів, що обрали l -тий варіант шляху:

$$h'_{ij} = h_{ij} - h_{lij}, \quad (2)$$

де h'_{ij} – скореговане значення кореспонденції між районами i та j .

Далі виконується n наступних перерахунків:

$$h'_{rs} = h_{rs} + h_{lij}, \quad (3)$$

де h'_{rs} – скореговане значення кореспонденції між районами r та s ; r, s – відповідно пункти начала та закінчення чергової маршрутної поїздки.

$$\begin{cases} r = i, \text{ при } q = 1 \\ s = j, \text{ при } q = n \end{cases}, \quad (4)$$

де q – порядковий номер маршрутної поїздки, $q = 1 \dots n$.

Після перегляду всіх пар транспортних районів у кожній клітині матриці вноситься кількість пасажирів, які здійснюють безпересадкові маршрутні поїздки. Матриця маршрутних поїздок надалі використовується для другого кроку розподілу пасажиропотоків між маршрутами.

Другий етап виконується на основі припущення, що з множини транспортних засобів тих маршрутів, які задовольняють пасажирів, він завжди використовує перший транспортний засіб, що підійшов до зупинки. Це припущення разом із припущенням про рівномірний розподіл інтенсивності підходу пасажирів до зупиночного пункту призводить до розподілу пасажирів між маршрутами пропорційно інтенсивності руху транспортних засобів на них:

$$h_{xij} = h'_{ij} \cdot \frac{I_x}{\sum_k I_k}, \quad (5)$$

де h_{xij} – кількість пасажирів, що прямують маршрутом x між пунктами посадки i та висадки j ; I_x – інтенсивність руху транспортних засобів на маршруті x , од/год.; m_m – кількість маршрутів, що прямують між пунктами посадки i та висадки j .

Інтенсивність руху транспортних засобів на маршрутах є функцією максимального пасажиропотоку на маршруті:

$$I_x = \frac{F_{max}}{q_x \cdot g}, \quad (6)$$

де F_{max} – максимальний пасажиропотік на маршруті, пас/год; q_x – місткість транспортного засобу, що визначається за правилами, наведені в табл. 1, чол/од; g – коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу на максимально завантаженої ділянці маршруту.

$$F_{max} = \max(\forall F_k), \quad (7)$$

де F_k – пасажиропотік на k -тої ділянці маршруту x , пас/год; k – номер ділянці маршруту x за оборотним рейсом, тобто за прямим та зворотнім напрямом.

Таблиця 1 – Рекомендації призначення марки транспортного засобу на маршрут [3]

Показник	Значення				
Місткість транспортного засобу, чол.	15	45	67	110	180
Пасажиропотік на маршруті, пас/год.	0...200	201...1000	1001...2600	2601...800	більше 800 3800

У свою чергу пасажиропотік на ділянках маршруту x визначається кількістю пасажирів, що ним користуються:

$$F_k = \sum_{i=1}^r \sum_{j=s}^{n_x} h_{xij} \quad (8)$$

де r, s – відповідно порядкові номери початку та закінчення k -тої ділянки в межах одного напрямку маршруту x ; n_x – кількість транспортних районів у одному напрямку маршруту x .

Таким чином, існує подвійна залежність між інтенсивністю руху транспортних засобів на маршруті та визначається кількістю пасажирів, що користуються цим маршрутом. Для подолання цього протиріччя у моделі використовується ітераційна процедура розподілу транспортних засобів на маршруті.

На першому кроці цієї процедури, за невідомістю обсягу перевезень та пасажиропотоків на маршрутах, інтенсивність руху транспортних засобів на всіх маршрутах прирівнюється до одиниці, оскільки для залежності (5) важливим є співвідношення між інтенсивностями руху на маршрутах, а не їх абсолютне значення:

$$I_x = 1, \text{ для } \forall x \in [1, M_m], \quad (9)$$

де M_m – кількість маршрутів у поточному варіанті маршрутної мережі, од.

Після першого розрахунку кількості пасажирів, які використовують той чи інший маршрут, для кожного маршруту визначаються максимальний пасажиропотік за залежностями (7), (8) та розраховується наступне значення інтенсивності руху транспортних засобів на маршрутах за залежністю (6). Отримані значення I_x використовуються у наступному кроці розрахунків.

Отримані в такий спосіб характеристики маршрутів використовуються для остаточного розрахунку значення критерію ефективності поточного варіанту маршрутної мережі.

На цих принципах сформована модель функціонування міського пасажирського транспорту, що дозволяє розрахувати значення критерію ефективності для заданого варіанта маршрутної мережі.

Складний характер зв'язків між елементами маршрутної системи міст, який відображається у опи-

саній вище моделі, не дозволяє застосувати відомі методи математичної оптимізації.

У цих умовах єдиним способом пошуку оптимального, що гарантує досягнення такого, є повний перебір усіх можливих варіантів маршрутної мережі з множини конкурентноздатних маршрутів.

Тому для кожного варіанту маршрутної мережі, у рамках одного міста, необхідно виконати розрахунок значення критерію ефективності і обирати той варіант, який має мінімальне значення критерію.

Окрім значення оптимального критерію ефективності, модель дозволяє зберегти трасування раціональної маршрутної мережі, та її основні характеристики, що дозволяє робити висновки, засновані не лише на оптимальному значенні критерію, а з використанням інтегральних показників роботи маршрутної мережі міського пасажирського транспорту.

Висновки. Можливим способом пошуку раціональної маршрутної мережі міського пасажирського транспорту є повний перебір усіх можливих варіантів маршрутної мережі з множини конкурентноздатних маршрутів.

При формуванні раціонального варіанту маршрутної мережі треба розглядати незначну частину можливих рішень у деякій периферії базового варіанту, яку можна прийняти за одиничну подію.

Факторами, що визначають значення критерію ефективності раціональної маршрутної мережі, можуть виступати ємності транспортних районів з відправлення і прибуття, а також територіальна структура міста.

ЛІТЕРАТУРА

1. Самойлов Д.С. Принципы построения и координации маршрутов городского пассажирского транспорта. - М.: ОНТИ АКХ им. К.Д. Памфилова, 1959. - 74 с.
2. Гуц Н.П., Малевич А.А. Опыт построения рациональных систем городского пассажирского транспорта в Белорусской ССР. - Обзорная информация. Серия 73.31.65. - Минск.: БелНИИТИ, 1986. - 40 с.
3. Доля В.К. Організація пасажирських перевезень у містах. - Х.: Нове слово 2002. – 140 с.

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