

МАШИНОБУДУВАННЯ І ТРАНСПОРТ

УДК 656.025

І. А. Демчук¹

РОЗРОБЛЕННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТІВ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ТРАНСАКЦІЙ АБОНЕНТІВ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

¹Національний університет «Львівська політехніка»

Запропоновано методику формування матриці альтернативних маршрутів громадського транспорту на основі транзакцій абонентів стільникового зв'язку. Вона ґрунтується на інформації про місце розташування зупинок громадського транспорту, антен мобільного зв'язку та радіусу їх дії.

Ключові слова: матриця маршрутів, координати зупинок, радіус дії антени, прямий маршрут, маршрут з пересадкою.

Вступ

Міський пасажирський транспорт загального користування є невід'ємною частиною сучасного міста, а також головним чинником, що дозволяє забезпечити транспортне обслуговування населення та знайти компроміс між інфраструктурними обмеженнями міської території і потребами мешканців у перевезеннях. Надійна і ефективна робота громадського транспорту є найважливішим показником соціально-політичної та економічної стабільності міста. Тому розвиток систем громадського транспорту має стати найвищим пріоритетом у розвитку транспортної інфраструктури міста.

Аналіз сучасних тенденцій розвитку великих та середніх міст України показав, що в більшості з них приріст території практично не спостерігається, територіальне розміщення об'єктів міста та його населення істотно не змінюється, введення в експлуатацію нових видів маршрутного пасажирського транспорту не проводиться та найближчим часом не планується. Звідси випливає, що єдиним напрямом підвищення ефективності роботи громадського транспорту є удосконалення існуючої маршрутної системи. На сьогодні вважається прийнятним і порівняно дешевим способом досягнення ефекту від удосконалення системи — її оптимізація [1, 2].

З використанням даних про транзакції операторів мобільного зв'язку авторами створено матрицю кореспонденцій між парами зон дії антен стільникового зв'язку [3].

Метою статті є розроблення методики формування матриці маршрутів між парами зон дії антен та, власне, її побудова.

Результати дослідження

Відомо, що перевезення пасажирів за маршрутною технологією, рух громадського транспорту та пов'язані з ним пасажирські потоки переміщуються за заздалегідь визначеними маршрутами.

Розглянемо фрагмент міста, територію якого покривають n антен стільникового зв'язку. Кожна антена характеризується місцезнаходженням — довготою та широтою її розміщення $A_i \{lon_i; lat_i\}$. Радіус дії антени R визначається залежно від очікуваної в ній щільності рухомих абонентів. Звичайно він становить 10...20 км за містом і в передмістях, 2...3 км на більшості території міста та 0,5...2 км — у його центрі.

Нехай існуюча система громадського транспорту на досліджуваній території представлена такими маршрутами ($Tr_p; p = 1..f$), тут p — номери маршрутів; f — загальна їх кількість. На рис. 1 зображено фрагмент міської території, яку охоплюють 5 маршрутів громадського транспорту.

Траскторія кожного маршруту, що проходить по окремих стільниках (зонах дій антен стільникового зв'язку), описується таким чином:

$$Tr_1 = \{A_1, A_2, A_{13}, A_{12}, A_{10}, A_6\}, \quad (1)$$

тобто маршрут Tr_1 проходить через зони дії антен $A_1, A_2, A_{13}, A_{12}, A_{10}, A_6$; початок маршруту у зоні

дії антени A_1 , кінцева зупинка — зона дії антени A_6 .

Кожен користувач громадського транспорту може добратися з пункту A (пункт походження поїздки) до пункту призначення B (призначення), використовуючи один прямий маршрут або кілька, здійснюючи пересадки (рис. 2).

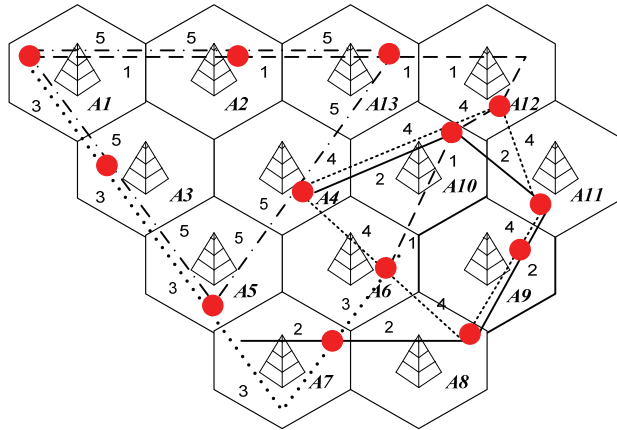


Рис. 1. Система маршрутів громадського транспорту досліджуваної території

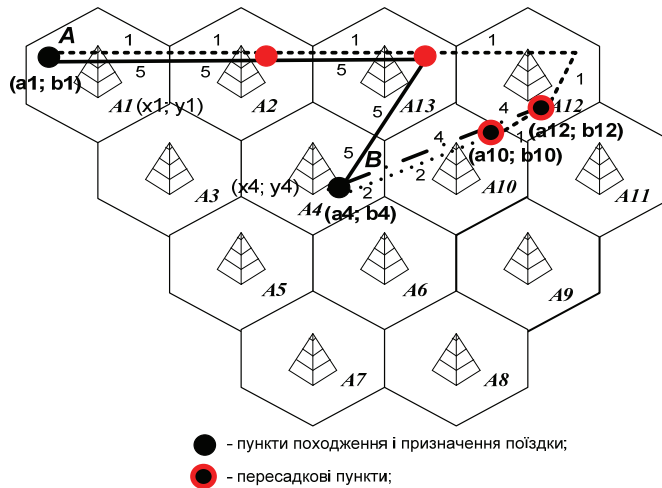


Рис. 2. Приклад варіантів транспортного сполучення між двома пунктами міста

Наприклад, із зони дії антени A_1 у зону дії антени A_4 можна добратися прямим маршрутом Tr_5 , а також можливі варіанти із пересадкою, у яких можна скористатися маршрутами Tr_1 і Tr_4 , маршрутами Tr_3 і Tr_4 . У матриці такі варіанти поїздок записуються таким чином ($Tr_5, Tr_1; Tr_4, Tr_3; Tr_4$).

Маршрут вважається таким, що сполучає зони дії антени, наприклад, A_1 і A_4 тоді, коли мінімум одна з його зупинок належить зоні дії антени A_1 і мінімум одна з них — зоні дії антени A_4 .

Позначимо координати місця розташування антени стільникового зв'язку $(x; y)$, координати зупинки $(a; b)$ (рис. 3).

Тоді розташування зупинки у межах радіусу дії однієї антени визначається

$$\sqrt{(a-x)^2 + (b-y)^2} \leq R. \tag{2}$$

Зупинка буде розташована за межами зони дії антени стільникового зв'язку у тому разі, коли

$$\sqrt{(a-x)^2 + (b-y)^2} > R. \tag{3}$$

Тоді для випадку, зображеного на рис. 2, коли потрібно здійснити пересування з пункту A (зупинка з координатами $(a_1; b_1)$) в пункт B (зупинка з координатами $(a_4; b_4)$) з зони дії антени A_1 (координати $(x_1; y_1)$) в зону дії антени A_4 (координати $(x_4; y_4)$), прямий маршрут описуватиметься таким чином:

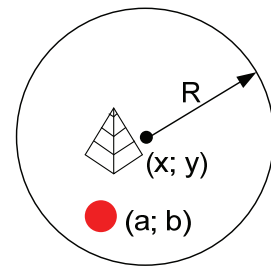


Рис. 3. Зона дії антени стільникового зв'язку з координатами зупинки та антени стільникового зв'язку

$$\text{if } \sqrt{(a_1 - x_1)^2 + (b_1 - y_1)^2} \leq R \text{ and } \sqrt{(a_4 - x_4)^2 + (b_4 - y_4)^2} \leq R. \quad (4)$$

Щодо непрямих варіантів доїзду з пункту A в пункт B , то маршрут з пересадкою вважатиметься таким, що сполучає зони дії антен A_1 та A_4 , тоді, як мінімум, одна із зупинок маршруту до пересадки (маршрут Tr_1 з координатами зупинки $(a_1; b_1)$) належить зоні дії антени A_1 , мінімум одна із зупинок маршруту після пересадки (маршрут Tr_4 з координатами зупинки $(a_4; b_4)$) належить зоні дії антени A_4 і обидва маршрути варіанта з пересадкою мають мінімум одну спільну зупинку (у цьому випадку зупинка з координатами $(a_{12}; b_{12})$ або ж $(a_{10}; b_{10})$).

Використовуючи такий методичний підхід, створено матрицю альтернативних маршрутів, які сполучають пари зон дії антен стільникового зв'язку (табл.). Площі міської території, що розглядалася, 26 км² з кількістю жителів — 35 тис. осіб. Досліджувану ділянку покривають 13 антен стільникового зв'язку, радіус дії кожної з яких $R = 0,8$ км. Маршрутна мережа міста складається із п'яти маршрутів громадського транспорту, що охоплюють всю територію.

Фрагмент матриці маршрутів громадського транспорту між парами зон дії антен стільникового зв'язку

№ антени	Зони поглинання													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Зона генерування	1	—	1, 5	3, 5	1;4, 5, 3;4	3, 5	1, 3, 5;4	1;2, 3, 5;2	3;2, 5;4, 5;2	3;2, 5;4, 5;2	1, 3, 5;4	1;4, 5;4, 3;4	1, 5;4, 3;4	1, 5
	2	1, 5	—	5, 1;3	5, 1;4	5, 1;3	5;3, 1, 5;4	5;2, 1;3, 5;3	5;2, 5;4, 1;4	1;4, 5;4, 5;2	5, 2, 1, 5;4	5;2, 5;4, 1;4	1, 5;4	1, 5
	3	3, 5	5, 1;3	—	3;2, 5, 3;4	3, 5	5;1, 5;4, 3	3, 5;2	3;4, 5;4, 5;2	5;2, 5;4, 3;4	5;2, 3, 5;4	3;4, 5;4, 5;2	5;1, 5;4, 3;4	5, 3;1
	4	1;4, 5, 3;4	5, 1;4	3;2, 5, 3;4	—	5, 4;3	4, 5;3, 5;1	2, 4;3, 5;3	2, 4	2, 4	2, 4, 5;3	2, 4	4, 5;1, 2;1	5, 4;1, 2;1
	5	3, 5	5, 1;3	3, 5	5, 4;3	—	3, 5;4, 5;1	3, 5;2	3;4, 5;4, 5;2	3;4, 5;4, 5;2	3, 5;4, 5;2	3;4, 5;4, 5;2	5;1, 5;4, 3;4	5, 3;1
	6	1, 3, 5;4	5;3, 1, 5;4	5;1, 5;4, 3	4, 5;3, 5;1	3, 5;4, 5;1	—	3, 2;4	4, 3;2	4, 1; 2, 3;2	1, 3, 4	3, 2, 4, 1;2	1, 4	3, 5;1, 4;5
	7	1;2, 3, 5;2	5;2, 1;3, 5;3	3, 5;2	2, 4;3, 5;3	3, 5;2	3, 2;4	—	2, 3;4	2, 3;4	2, 3	2, 3, 4	3;1, 2;4, 3;4	3;1, 3;5, 2;5
	8	3;2, 5;4, 5;2	5;2, 5;4, 1;4	3;4, 5;4, 5;2	2, 4	3;4, 5;4, 5;2	4, 3;2	2, 3;4	—	2, 4	2, 4	2, 4	4, 2;1	4;1, 4;5, 2;5
	9	3;2, 5;4, 5;2	1;4, 5;4, 5;2	5;2, 5;4, 3;4	2, 4	3;4, 5;4, 5;2	4, 1;2, 3;2	2, 3;4	2, 4	—	2, 4	2, 4	4, 2;1	4;1, 2;5, 4;5
	10	1, 3, 5;4	5;2, 1, 5;4	5;2, 3, 5;4	2, 4, 5;3	3, 5;4, 5;2	1, 3, 4	2, 3	2, 4	2, 4	—	3;4, 2, 1;4	1, 4	2;5, 1, 4;5
	11	1;4, 5;4, 3;4	5;2, 5;4, 1;4	3;4, 5;4, 5;2	2, 4	3;4, 5;4, 5;2	3;2, 4, 1;2	2, 3, 4	2, 4	2, 4	3;4, 2, 1;4	—	4, 2;1	4;5, 2;5, 4;1
	12	1, 5;4, 3;4	1, 5;4	5;1, 5;4, 3;4	4, 5;1, 2;1	5;1, 5;4, 3;4	1, 4	3;1, 2;4, 3;4	4, 2;1	4, 2;1	1, 4	4, 2;1	—	1, 4;5
	13	1, 5	1, 5	5, 3;1	5, 4;1, 2;1	5, 3;1	3;5, 1, 4;5	3;1, 3;5, 2;5	4;1, 4;5, 2;5	4;1, 4;5, 2;5	2;5, 1, 4;5	4;5, 2;5, 4;1	1, 4;5	—

Наприклад, для випадку, коли потрібно добратися із зони дії антени A_1 у зону дії антени A_4 , (з пункту A в пункт призначення B), варіанти доїзду у відповідній клітинці матриці виділено жирним (прямий маршрут 5, варіант з пересадкою з 1 на 4 маршрут або ж варіант з пересадкою з 3 на 4 маршрут).

У клітинках «1—1», «2—2», «3—3» і т. д. інформація відсутня, оскільки переміщення в зоні дії однієї антени не розглядалося з огляду на те, що коло, утворене дією однієї антени мобільного зв'язку — це зона пішохідної досяжності потенційного пасажира.

Висновки

Світова практика свідчить про сталу тенденцію до збільшення частки перевезень пасажирів громадським транспортом, що пояснюється економічною та екологічною доцільністю, зниженням напруженого управління навантаження на вулично-дорожню мережу, легкістю управління транспортними потоками та уникненням проблем з паркуванням. З цією метою виникає проблема щодо вдосконалення системи пасажирських перевезень, корегування графіків руху маршрутних транспортних засобів.

Одним з ефективних методів розв'язання її, може стати використання масивів транзакцій користувачів мобільного зв'язку. З їх допомогою можна отримати пасажиропотоки мешканців міста, побудувати матриці кореспонденцій пересувань населення між зонами дії кожної з антен стільникового зв'язку та матриці альтернативних маршрутів. В подальшому ця інформація буде використана для розподілу кількості пасажирів між існуючими маршрутами громадського транспорту для побудови матриць пасажиропотоків за кожним з маршрутів з метою їх оптимізації за критерієм привабливості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Славич В. П. Модель оптимізації руху громадського транспорту загального користування / В. П. Славич // Проблеми інформаційних технологій. — 2013. — № 13. — С. 118—121.
2. Лежнева О. І. Рациональна організація руху на маршрутах міського пасажирського транспорту / О. І. Лежнева // Вісник НТУ «ХПІ». — 2014. — № 17 (1060). — С. 37—42.
3. Форнальчик Є. Ю. Створення матриці кореспонденції пересувань пасажирів на основі даних операторів стільникового зв'язку / Є. Ю. Форнальчик, І. А. Демчук // Економіка та управління на транспорті. — 2016. — Вип. 3. — С. 85—91.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 21.03.2016

Демчук Інна Андріївна — аспірантка кафедри транспортних технологій, e-mail: demchuk_inna@ukr.net.
Національний університет «Львівська політехніка», Львів

I. A. Demchuk¹

Development of Variants of Routes of Public Transport on the Basis of Transactions of Cellular Subscribers

¹National University «Lviv Polytechnic»

There has been suggested the method of forming a matrix of alternative routes of public transport based on transactions of cellular subscribers. It is based on the information on the location of public transport stops, cell towers and radius of action.

Keywords: matrix routes, coordinates of stops, radius of antenna, direct route, route with connection.

Demchuk Inna A. — Post-Graduate Student of the Chair of Transport Technology, e-mail: demchuk_inna@ukr.net

И. А. Демчук¹

Разработка вариантов маршрутов общественного транспорта на основе транзакций абонентов сотовой связи

¹Национальный университет «Львовская политехника»

Предложена методика формирования матрицы альтернативных маршрутов общественного транспорта на основе транзакций абонентов сотовой связи. Она основывается на информации о местоположении остановок общественного транспорта, антенн мобильной связи и радиуса их действия.

Ключевые слова: матрица маршрутов, координаты остановок, радиус действия антенны, прямой маршрут, маршрут с пересадкой.

Демчук Инна Андреевна — аспирант кафедры транспортных технологий, e-mail: demchuk_inna@ukr.net