

УДК 656.11.021.2

ПОБУДОВА МАТРИЦІ ТРАНСПОРТНИХ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ, ТРАНЗИТНИХ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ДІЛОВОЇ ЧАСТИНИ МЕГАПОЛІСА

Є.М. Гецович, проф., д.т.н., Д.В. Засядько, асп.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглянуто питання вибору виду функції транспортного тяжіння в задачі розрахунку транзитних потоків. Запропоновано використовувати розрахункову процедуру Шацького–Шелейховського для уточнення залежності транспортного тяжіння від відстані між транспортними районами шляхом порівняння матриці кореспонденцій до та після балансування.

Ключові слова: інтенсивність транспортного потоку, матриця транспортних кореспонденцій, коригування матриці кореспонденцій.

ПОСТРОЕНИЕ МАТРИЦЫ ТРАНСПОРТНЫХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ, ТРАНЗИТНЫХ ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ДЕЛОВОЙ ЧАСТИ МЕГАПОЛИСА

Е.М. Гецович, проф., д.т.н., Д.В. Засядько, асп.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Рассмотрен вопрос выбора вида функции транспортного тяготения в задаче расчёта транзитных потоков. Предложено использовать расчётную процедуру Шацкого–Шелейховского для уточнения зависимости транспортного тяготения от расстояния между транспортными районами путём сравнения матрицы корреспонденций до и после балансировки.

Ключевые слова: интенсивность транспортного потока, матрица транспортных корреспонденций, корректировка матрицы корреспонденций.

COMPOSING OF ORIGIN–DESTINATION TRIP MATRIX FOR TRANSIT TRAFFIC FLOW ACROSS THE CENTRAL BUSINESS PARTS OF THE METROPOLIS

E. Getsovich, Prof., D. Sc. (Eng.), D. Zasiadiko, P.G.,
Kharkov National Automobile and Highway University

Abstract. The problem of selecting the type of vehicle functions in the problem of calculating the gravitational transit flows is considered. The use of computational procedure of Shatsky–Sheleyhovsky to clarify the relationship of gravity distance between transport areas by comparing the matrix correspondence before and after balancing is proposed.

Key words: traffic intensity, origin-destination trip matrix, origin-destination matrix adjustment.

Вступ

Матриця транспортних кореспонденцій є важливою складовою при моделюванні транспортних мереж міст, оскільки вона відображає транспортний попит у транспортній системі. Питанню отримання, уточнення та

коригування матриць кореспонденцій присвячено велику кількість робіт [1–5]. Однак в задачі визначення інтенсивності та напрямків транзитних транспортних потоків у центральних ділових частинах міст (ЦДЧМ) робота з матрицями кореспонденцій має певні особливості. Найскладнішою задачею є саме

отримання матриці. На практиці найточнішим та найскладнішим (з організаційної точки зору) способом є пряме анкетне опитування власників автомобілів. Інші способи є простішими, але не досить точними. Матрицю кореспонденцій можна отримати, знаючи обсяги відправлення та прибуття автомобілів у кожному транспортному районі та відстань між районами за допомогою гравітаційної моделі розподілення кореспонденцій. Недоліками такого підходу є, по-перше, необхідність точного визначення обсягів відправлення та прибуття для кожного району, по-друге, неточність самої гравітаційної моделі, а саме функції транспортного тяжіння. Перший недолік можна усунути, застосувавши запропонований раніше автором [6] спосіб транспортного мегарайонування (укрупненого районування) при створенні граф-моделі вулично-дорожньої мережі з визначенням ємностей мегарайонів за допомогою відеомоніторингу інтенсивності потоків на контрольних точках на в'їзді в ЦДЧМ. Другою проблемою є визначення виду функції транспортного тяжіння та врахування факторів, які впливають на транспортне тяжіння.

Аналіз публікацій

Функція тяжіння відображає залежність величини кореспонденції від відстані пересування, витрат транспортного часу або грошових витрат. Різні дослідники пропонують різні види функції транспортного тяжіння [1–5]. Зокрема вважається, що транспортне тяжіння зворотно залежить від відстані між транспортними районами або часу на пересування між районами, або грошових витрат на пересування. Крім того, запропоновано різні форми залежності транспортного тяжіння від цих параметрів, зокрема зворотну залежність, зворотну квадратичну та зворотну експоненційну залежність.

Відсутність одностайності дослідників щодо виду функції транспортного тяжіння та необхідність процедури калібрування деяких видів цієї функції спонукає до подальших досліджень у цьому напрямі, оскільки вид функції транспортного тяжіння впливає на розрахунок матриці кореспонденцій та, врешті, на результати розрахунків потрібної пропускної спроможності умовно-кільцевих ділянок для відведення транзитних для ЦДЧМ транспортних потоків.

У роботі [1] згадується такий загальний вид функції транспортного тяжіння

$$d_{ij} = \frac{a}{t_{ij}^k}, \quad (1)$$

де a та k – калібрувальні коефіцієнти; i, j – номери транспортних районів відповідно відправлення та прибуття; t – час на пересування.

Зазвичай у практиці моделювання транспортних систем міст використовуються прості форми такої моделі [3], зокрема

$$d_{ij} = \frac{1}{t_{ij}}, \quad (2)$$

$$d_{ij} = \frac{1}{t_{ij}^2}, \quad (3)$$

Деякі автори пропонують функції тяжіння експоненційного вигляду [4]

$$d_{ij} = a \cdot e^{-bt_{ij}}, \quad (4)$$

$$d_{ij} = a \cdot e^{bt_{ij}^c}, \quad (5)$$

де b, c – калібрувальні коефіцієнти.

Німецькі дослідники пропонують [5] такий вигляд функції під умовною назвою EVA

$$d_{ij} = \frac{1}{(1 + t_{ij})^{\varphi(t_{ij})}}, \quad (6)$$

де

$$\varphi(t_{ij}) = \frac{E}{1 + e^{(F-G \cdot t_{ij})}}, \quad (7)$$

де E, F, G – калібрувальні коефіцієнти.

Мета і постановка задачі

Черговою задачею наших досліджень постає визначення виду функції транспортного тяжіння між периферійними транспортними мегарайонами та ЦДЧМ для визначення величини тих транспортних кореспонденцій, які проходять через ЦДЧМ транзитом, та тих, що мають місцем призначення чи виникнення саме ЦДЧМ.

Уточнення виду функції транспортного тяжіння

У роботі [7] показано, що саме функція EVA найбільш підходить для розрахунку трудових кореспонденцій, що є прийнятним для нашої задачі, оскільки протягом вранішнього та вечірнього пікових періодів у доцентрових та відцентрових транспортних потоках переважають саме трудові кореспонденції.

Для експериментальної перевірки придатності різних видів функції транспортного тяжіння нами було зроблено спробу розрахувати матрицю транспортних кореспонденцій, що проходять через ЦДЧМ, на прикладі міста Харків. Для цього було зроблено макрорайонування за описаним раніше способом

[6]. При цьому територію міста Харків було умовно розділено на 14 периферійних транспортних мегарайонів та виділено центральну частину. На межі ЦДЧМ у пунктах в'їзду (виїзду) у (з) ЦДЧМ було призначено контрольні точки для вимірювання інтенсивності вхідних та вихідних транспортних потоків. Потім було проведено відеомоніторинг транспортних потоків у контрольних точках на в'їздах/виїздах з ЦДЧМ у різні дні тижня та години доби, визначено транспортні ємності мегарайонів, які формують транспортні кореспонденції через ЦДЧМ (табл. 1). Для проведення відеомоніторингу використовувалися ширококутні цифрові відеокамери на штативі. Облік інтенсивності потоків проводився у камеральних умовах за відеозаписами з камер.

Таблиця 1 Дані про транспортний попит для періоду з 8:00–9:00 понеділка

Мегарайон	1	2	3	4	5	6	7	8
Обсяг прибуття, авт./год	989	1480	1100	690	750	720	640	1420
Обсяг відправлення, авт./год	1780	1810	1920	1010	1100	1070	650	1220
Мегарайон	9	10	11	12	13	14	ЦДЧМ	
Обсяг прибуття, авт./год	1210	1740	470	370	750	790	5608	
Обсяг відправлення, авт./год	2026	2120	420	360	1260	1980	–	

Далі було розраховано декілька варіантів матриці транспортних кореспонденцій за гравітаційною моделлю з використанням вищезгаданих видів функції транспортного тяжіння.

У процесі розрахунку матриці слід дотримуватися умови рівності суми значень кореспонденцій, що прямують у певний район, та заданої транспортної ємності по прибуттю для цього району. Для цього використовується розрахункова процедура Шацького–Шелейховського [8, 9]. Однак після розрахунків за цією процедурою значення кореспонденцій змінюються і перестають відповідати заданій функції транспортного тяжіння. Приклад таких змін для варіанта, в якому функція тяжіння є зворотною до відстані поїздки, наведено на рис. 1. На цьому графіку кожна точка відповідає кореспонденції між певними мегарайонами до та після балансування (з урахуванням калібрувальних коефіцієнтів).

На рис. 1 видно, що після коригування залежність між відстанню поїздки та транспортним тяжінням стає не зворотною, а прямою. Аналогічні залежності були отримані і для інших видів функції транспортного тяжіння, де також після балансування матриці залежність змінювалася зі зворотної на пряму. Подібна ситуація спостерігається як для вранішнього, так і для вечірнього пікових періодів.

На нашу думку, отримана зворотна залежність величини кореспонденції від відстані пересування вказує на те, що для мешканців міста, що володіють особистими автомобілями (а частка таких автомобілів є найбільшою у складі транспортного потоку), дальність пересування від дому до робочого місця не є настільки важливим критерієм для вибору місця роботи, ніж для тих мешканців, які пересуваються на роботу громадським транспортом, пішки чи на велосипеді.

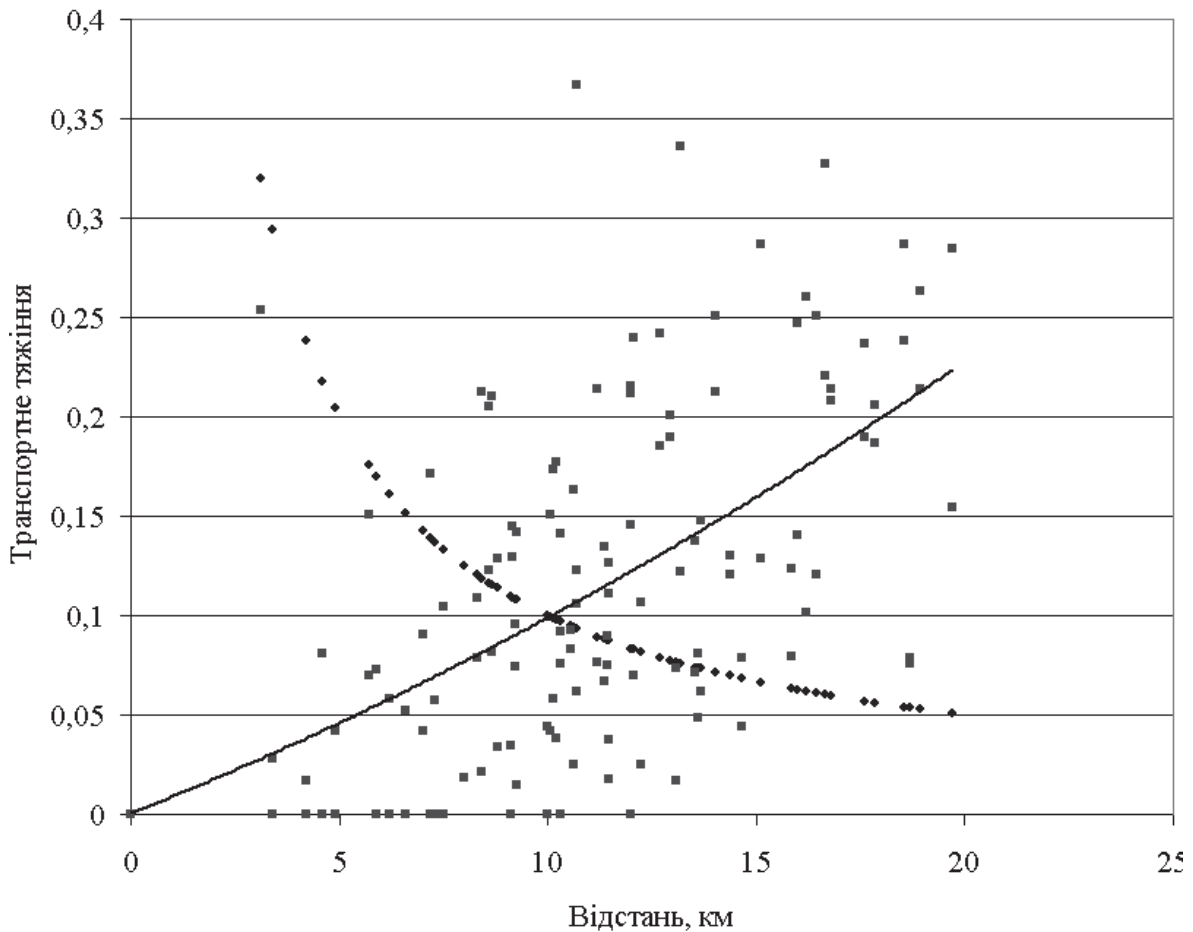


Рис. 1. Залежність транспортного тяжіння від відстані поїздки: ■ – значення транспортного тяжіння як величини, зворотної до відстані; ◆ – значення транспортного тяжіння після коригування за процедурою Шацького–Шелейховського; — – тренд зміни транспортного тяжіння залежно від відстані після коригування

Крім того, як видно з рис. 1, однаковим значенням відстані відповідають різні значення транспортного тяжіння, що, на нашу думку, вказує на існування додаткових факторів, що впливають на транспортне тяжіння між транспортними мегарайонами. Можна припустити, що такими факторами можуть бути комбінація типів транспортних районів («спальні» райони, промислові зони, ділові райони тощо) відправлення та прибуття, оскільки, на нашу думку, комбінація типів забудови у районі відправлення та районі призначення певним чином впливає на вірогідність виникнення транспортної кореспонденції між цими районами.

Висновки

Результати розрахунків та калібрувань матриці кореспонденцій показують, що відомі раніше види функції тяжіння мало придатні для розрахунку матриць транзитних для

ЦДЧМ транспортних кореспонденцій при використанні транспортного макрорайонування. Після коригування матриці за процедурою Шацького–Шелейховського виявляється, що функція тяжіння не є спадаючою, а зростає зі збільшенням відстані. Це можна пояснити особливостями тих транспортних потоків, що рухаються через центр міста. Більшість цих транспортних кореспонденцій відбувається на значні відстані (більше половини від «діаметра» міста) або навіть у діаметрально протилежні райони міста. Отже, введення відповідного виду функції тяжіння, що враховує вищевказані обставини, дозволить збільшити точність розрахунків матриці транзитних для ЦДЧМ транспортних кореспонденцій.

Література

1. Брайловский Н. О. Моделирование транспортных систем / Н.О. Брайловский,

- Б.И. Грановский. – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.
2. Гольц Г.А. Транспорт и расселение / Г.А. Гольц. – М.: Наука, 1981. – 248 с.
 3. Капитанов В. Т. Управление транспортными потоками в городах / В.Т. Капитанов, Е.Б. Хилажев. – М.: Транспорт, 1985. – 94 с.
 4. Вол. М. Анализ транспортных систем / М. Вол., Б. Мартин ; пер с англ. – М.: Транспорт, 1989. – 514 с.
 5. Schnabel W., Lohse D., Latzsch L. Grundlagen der Straenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung / Band 2: Verkehrsplanung 2. neu bearbeitete Auflage.: Berlin, 1997. – 432 p.
 6. Гецович Е.М. Задача делимитации центральной деловой части мегаполиса / Е.М. Гецович, М.О. Казакова, О.А. Холодова // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2009. – Вып. 45. – С. 52–54.
 7. Михайлов А.Ю. Оценка существующей матрицы корреспонденций на основе данных интенсивности движения / А. Ю. Михайлов, И. М. Головных, Р. Ю. Лагерев // Вестник КГТУ. – 2004. – Вып. 35. – С. 191 – 199.
 8. Шацкий Ю.А. Расчёт схемы расселения и трудовых корреспонденций при разработке генерального плана города / Ю.А. Шацкий // Развитие системы городского транспорта. – 1971. – №4. – С. 3–14.
 9. Шелейховский Г.В. Транспортные основания композиции городского плана / Г.В. Шелейховский. – Л., 1936. – 116 с.
- Рецензент: І.С. Наглюк, доцент, д.т.н., ХНАДУ.
- Стаття надійшла до редакції 2 квітня 2014 р.
-