

УДК 656.081

МОДЕЛЮВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ МІЖ МІСТАМИ

Доля К.В.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Досліджено процес надання послуг з перевезення пасажирів на маршрутах загального користування. Отримано дані фактичних кореспонденцій пасажирів. Проведено дослідження можливості застосування відомих наукових підходів щодо розрахунку пасажирських транспортних кореспонденцій. Здійснено аналіз адекватності отриманих результатів. За результатами проведеної роботи виявлено параметри складових, при яких застосування розглянутих методів є можливим в рамках дослідженої системи.

Ключові слова: кореспонденція, пасажир, система, транспорт, гравітаційна модель.

Введення. Сучасні транспортні системи потребують виважених рішень щодо їх розвитку, змін та адаптації до вимог середовища функціонування цих систем. Середовище функціонування транспортних систем є техногенною, штучно створена для задоволення потреб людства з перевезення пасажирів або вантажів. Для досягнення транспортною системою стану, при якому

вона має можливість вдовольнити потреби з перевезень, необхідно зважено приймати рішення щодо змін елементів самої транспортної системи.

Так, останнім часом, отримали розвиток інтелектуальні транспортні системи. Здебільшого, вони знайшли своє місце в організації дорожнього руху. Яскравим прикладом впливу змін стану середовища на транспортну систему можна

вважати заміну статичних засобів регулювання дорожнього руху на активні, які змінюються за рекомендацією інтелектуальних транспортних систем відповідно до змін в часі основних характеристик руху транспортних засобів у дорожній мережі. На існуючих прикладах можна стверджувати, що введення в організацію руху інтелектуальних транспортних систем в містах є витратним та тривалим процесом.

В питанні організації пасажирських перевезень пасажир являє собою основу всіх розрахунків. Відомо, що від обсягів й характеристик перевезень пасажирів залежить розклад руху, кількість та тип транспортних засобів, схеми руху транспортних засобів. Для перевізника обсяги перевезень обумовлюють грошові потоки підприємства. Важливість встановлення обсягів перевезень для пасажирської транспортної системи є значною.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Актуальність питання щодо розрахунку транспортних кореспонденцій між населеними пунктами полягає у тому, що досі на достатньому рівні не досліджено закономірності параметрів пасажирських транспортних систем. На даний час науковцями вже було розглянуто питання щодо розрахунку обсягів перевезень пасажирів, в контексті міжміських перевезень пасажирів, на державному рівні [1-7]. Відповідно існуючих досягнень сучасних наукових положень щодо прогнозування пасажирських кореспонденцій між містами дослідниками, здебільшого, пропонується використовувати гравітаційну модель. Для встановлення кореспонденції між містами авторами [8], запропоновано застосування класичної гравітаційної моделі:

$$H_{ij} = \frac{d H_{vi} H_{vj}}{L^2_{ij}}, \quad (1)$$

де H_{ij} – потенційна кореспонденція між містами i та j , відповідно;

H_{vi} – кількість відправлень з пункту i ;

H_{vj} – кількість прибуття в пункт j ;

L_{ij} – відстань між містами i та j ;

d_{ij} – функція тяжіння від пункту i до пункту j .

Іншими дослідниками [3] запропоновано інший метод розрахунку потенційних відправлень між містами i та j :

$$H_{ij} = \frac{P_i P_j}{L^2_{ij}}, \quad (2)$$

де L_{ij} – відстань між містами i та j ;

P_i та P_j – кількість мешканців міст i та j відповідно;

H_{ij} – потенціальне відправлення з міста i в місто j .

З рівняння (2) дослідниками запропоновано інший метод розрахунку H_{ij} – потенційної кореспонденції між містами, який наведено в рівнянні (3).

$$V_{ij} = S_{ij} d_{ij}, \quad (3)$$

де S_{ij} – потенціальне відправлення з міста i в місто j ;

d_{ij} – функція тяжіння від пункту i до пункту j .

Іншими дослідниками [9-11] запропоновано використовувати залежність (4) для розрахунку потенційної кореспонденції між містами i та j .

$$H_{ij} = Q_i Q_j f(d_{ij}) / \sum_k A_k f(d_{ik}), \quad (4)$$

де H_{ij} – потенційна кореспонденція між містами з міста i в місто j ;

H_{vi} – кількість відправлень з пункту i ;

H_{vj} – кількість прибуття в пункт j ;

d_{ij} – функція тяжіння від пункту i до пункту j ;

d_{ik} – комплексна функція тяжіння з пункту i в пункт j ;

A_k – калібрувальний коефіцієнт.

Авторами [7] розглядалися питання розподілу кореспонденцій між містами на робочі та розважальні потоки та запропоновано двояко обмежену гравітаційну модель, яка обумовлює врахування робочих та розважальних кореспонденцій. В даному випадку, для розрахунку кореспонденцій між містами запропоновано залежність, яка має наступний вигляд:

$$H_{ij} = H_{vi} H_{vj} X_i Y_j f(d_{ij}) / \sum_k A_k f(d_{ik}), \quad (5)$$

де H_{ij} – потенційна кореспонденція між містами з міста i в місто j ;

H_{vi} – кількість відправлень з пункту i ;

H_{vj} – кількість прибуття в пункт j ;

d_{ij} – функція тяжіння від пункту i до пункту j ;

d_{ik} – комплексна функція тяжіння з пункту i в пункт j ;

A_k – калібрувальний коефіцієнт;

X_i та Y_j – балансуєчі чинники.

Одночасно, авторами [12-14] запропоновано введення залежності (6, 7) для обрахування X_i та Y_j , які мають наступний вигляд:

$$X_i = 1 / \sum_j H_{vi} Y_j f(d_{ij}), \quad (6)$$

$$Y_j = 1 / \sum_i H_{vi} X_i f(d_{ij}), \quad (7)$$

де H_{vi} – кількість відправлень з пункту i ;

H_{vj} – кількість прибуття в пункт j ;

d_{ij} – функція тяжіння від пункту i до пункту j ;

X_i та Y_j – балансуєчі чинники.

Як і попередні залежності мають складові встановлення яких потребує застосування емпіричних методів. Авторами [5-7] в своїх роботах пропонується проведення обстеження наявних кореспонденцій між містами для вирахування калібрувальних коефіцієнтів, які було ними введено в залежності.

Проведення досліджень не зупинилось на питанні встановлення методів розрахунку потенційної кореспонденції між містами. Так, авторами [8] було запропоновано й метод розрахунку використання засобів пересування пасажирів між містами з набору запропонованих режимів. На думку авторів [8] для встановлення розподілу потенційної кореспонденції пасажирів між містами доречно використання наступної залежності:

$$p_k = e^{U_k} / \sum_z e^{U_z}, \quad (8)$$

де p_k – частка поїздок зроблених в режимі k ;

U_k – корисність режиму k ;

Z – індекс ефективності всіх режимів;

e – 2,718281...

Також авторами [8] запропоновано засоби встановлення U_k та Z . Відповідно до їх стверджень розрахунок корисності режиму k (U_k) та індексу ефективності всіх режимів (Z) можна розрахувати за наступними залежностями:

$$U_k = a_k + a_1 t + a_2 c + \dots, \quad (9)$$

де a – емпіричні константи;
 t, c – фактори опору кореспонденції (час, вар-
 тість та ін.).

$$Z = \varphi_n \ln \sum_k e^{Z_k/\varphi_n} + \mu_n, \quad (10)$$

U_n – це утиліта режиму на один рівень нижче;
 φ_n, μ_n – константи для потоків відповідного
 рівня.

У викладеному матеріалі роботи авторами [8] передбачається проведення обстежень наявних кореспонденцій пасажирів між містами для встановлення фактичних значень емпіричних констант, факторів опору, балансуючих коефіцієнтів та інших калібрувальних констант.

Можна зазначити, що авторами робіт [13; 15], також запропоновано проведення обстежень наявних кореспонденцій пасажирів між містами для встановлення фактичних значень в запропонованих ними рівняннях.

З огляду на проведені дослідження можна стверджувати, що наведені методи встановлення кореспонденцій пасажирів між містами за запропонованими залежностями потребують додаткових досліджень. Існуючих кількісних показників кореспонденцій пасажирів між містами з метою встановлення d_{ij} – функції тяжіння від пункту i до пункту j . Інші запропоновані дослідниками методи для розрахунку кореспонденцій пасажирів між містами потребують встановлення більшої кількості складових.

Враховуючи зазначене, залежність (1) є найсприятливішою для проведення досліджень щодо розрахунку міжміських кореспонденцій пасажирів.

Мета та задачі дослідження. Мета роботи полягає у моделюванні транспортних міжміських пасажирських кореспонденцій H_{ij} шляхом формулізації адекватної функції тяжіння.

Для досягнення поставленої в роботі мети передбачається вирішити наступні задачі:

- експериментально встановити пасажирські транспортні кореспонденції між містами з різною кількістю мешканців;

- провести попередні теоретичні розрахунки між містами при різних варіантах комбінації функції тяжіння;

- провести порівняння отриманих теоретичних та експериментальних масивів H_{ij} з метою встановлення адекватної функції тяжіння d_{ij} .

Матеріали та методи дослідження. На даний час можна виділити автоматизовані та не автоматизовані методи дослідження пасажиропотоків. До не автоматизованих можна віднести такі методи: табличний, талонний, таблично-опитувальний та візуальний. Не автоматизовані методи дослідження пасажиропотоків потребують залучення обліковців в кількості, що дорівнює кількості транспортних засобів або зупиночних пунктів. На відміну від не автоматизованих методів автоматизовані не потребують використання обліковців, що значно спрощують проведення дослідження пасажиропотоків. Використання зазначених методів в дослідженні міжміських пасажиропотоків є витратним з огляду на застосування людського або грошового ресурсів.

До обробки отриманих кількісних показників було застосовано емпіричний метод, як рекомендовано іншими дослідниками з даного питання [2–8].

Результати досліджень показників пасажиропотоків між містами. З метою проведення аналізу функціонування пасажирської транспортної системи, в якості міст відправлення та прибуття пасажирів було обрано наступні міста: Київ, Харків, Одеса, Суми, Миколаїв, Херсон та Полтава. Визначені міста охоплюють значну територію країни та значно відрізняються населенням, це надає можливість оперувати відносно різними показниками за для досягнення розглядання різноманітності в попередньо отриманій інформації.

Проведення аналізу отриманих фактичних значень пасажиропотоків між містами емпіричним методом було розраховано матрицю найкоротших відстаней. Даний розрахунок передбачає наявність відомостей щодо вузлів та дуг моделі транспортної мережі, яка забезпечує процес перевезення пасажирів територією України. В якості вузлів було прийнято міста – обласні центри та присвоєно їм відповідні порядкові номери, а довжина дуг – відповідно відстань між обраними містами.

В якості залежності для розрахунку кореспонденції пасажирів між містами від пункту i до пункту j було обрано залежність (1). Для спрощення проведення досліджень залежність (2) запропоновано розглянути у наступному вигляді:

$$H_{ij} = \frac{H_{vi} H_{nj} k_j d_{ij}}{\sum_{i=1}^n (H_{pi} k_i d_{ij})}, \quad (11)$$

де H_{ij} – потенційна кореспонденція між містами i та j , відповідно;

H_{vi} – кількість відправлень з пункту i ;

H_{nj} – кількість прибуття в пункт j ;

d_{ij} – функція тяжіння кореспонденції від пункту i до пункту j ;

k_i та k_j – балансуювальні коефіцієнти.

В даному випадку пропонується функцію тяжіння кореспонденції між містами розрахувати за наступною залежністю:

$$d_{ij} = \frac{a}{L^x_{ij}}, \quad (12)$$

де a – емпірична константа;

L_{ij} – відстань між містами i та j ;

x – калібрувальний коефіцієнт.

З урахуванням, залежності (12) рівняння (11) набуває наступного вигляду:

$$H_{ij} = \frac{H_{vi} H_{nj} k_j \frac{1}{L^x}}{\sum_{i=1}^n (H_{pi} k_i \frac{1}{L^x})}, \quad (13)$$

де H_{ij} – потенційна кореспонденція між містами i та j , відповідно;

H_{vi} – кількість відправлень з пункту i ;

H_{nj} – кількість прибуття в пункт j ;

t – функція довірчої ймовірності тяжіння кореспонденції від пункту i до пункту j ;

x – калібрувальний коефіцієнт;

k_i та k_j – балансуювальні коефіцієнти.

Обраний підхід відповідає обраним попередніми дослідниками в частинах врахування відстані між містами в якості основного фактору впливу на функцію тяжіння кореспонденції від пункту i до пункту j та забезпечує наявність емпіричної

константи, яка може нести в собі вплив інших факторів середі або елементів самої транспортної системи.

Висновки. Моделювання транспортних міжміських пасажирських кореспонденцій H_{ij} шля-

хом формалізації адекватної функції тяжіння дозволило отримати функцію тяжіння для H_{ij} , що надало можливість у моделюванні транспортних міжміських пасажирських кореспонденцій H_{ij} .

Список літератури:

1. KJS Associates, Inc. Statewide Travel Demand Model Update and Calibration: Phase II, Michigan Department of Transportation, April 1996.
2. Wilbur Smith Associates. Kentucky Statewide Traffic Model Final Calibration Report, Kentucky Transportation Cabinet, April 1997.
3. Modeling Procedure, Connecticut Department of Transportation, February 1997.
4. Shimpeler, Corridino Associates. Florida Highway Traffic Forecasting Models Technical Report 1: Statewide Model Development, Florida Department of Transportation, September 1990.
5. URS Consultants, Inc. Effects of Interstate Completion and Other Major Highway Improvements on Regional Trip Making and Goods Movement: Network Development, New Jersey Department of Transportation, June 1995.
6. URS Consultants, Inc. Effects of Interstate Completion and Other Major Highway Improvements on Regional Trip Making and Goods Movement: Auto Trip Table, New Jersey Department of Transportation, March 1995.
7. Vanasse, Hangen Brustlin, Inc. Statewide Travel Demand Model Development, Vermont Agency of Transportation, April 1996.
8. M. Pagano A. Measuring Intercity Bus Transportation Unmet Needs / A. M. Pagano, P. Metaxatos. // University of Illinois at Chicago. – 2003. – № 82. – С. 2–24.
9. Prasolenco O., Lobashov O., Galkin A. The Human Factor in Road Traffic City // International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems, Vol. 1, No. 3, 2015, p. 77-84.
10. Grigорова Т., Давідіч Ю., Дольа В. Transport Fatigue Simulation of Passengers in Suburban Service // International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems, Vol. 1, No. 2, 2015. – P. 47-50.
11. Григорова Т. М., Давідіч Ю. О., Дольа В. К. Assessment of elasticity of demand for services of suburban road passenger transport // Technology audit and production reserves. – 2015. – Т. 3. – № 2 (23). – С. 13-16.
12. Григорова Т. М., Давідіч Ю. О., Дольа В. К. Умови обслуговування пасажирів на приміських автобусних станціях та їх вплив на транспортну стомлюваність // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 2 (3). – С. 4-7.
13. Григорова Т. М., Давідіч Ю. О., Дольа В. К. розробка моделі розподілу обсягів перевезень пасажирів між видами приміського транспорту // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т. 3. – № 3 (75).
14. Guelat, J., M. Florian, and T. G. Crainic. A Multimode Multiproduct Network Assignment Model for Strategic Planning of Freight Flows. Transportation Science, Vol. 24, No. 1, February 1990, pp. 25-39.
15. Prasolenco O., Lobashov O., Galkin A. The Human Factor in Road Traffic City // International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems, Vol. 1, No. 3, 2015, p. 77-84.

Дольа К.В.

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ МЕЖДУ ГОРОДАМИ

Аннотация

Исследован процесс предоставления услуг с перевозки пассажиров на маршрутах общего пользования. Получены данные фактических корреспонденций пассажиров. Проведено исследование возможности применения известных научных подходов относительно расчета пассажирских транспортных корреспонденций. Осуществимо анализ адекватности полученных результатов. По результатам проведенной работы изобретено параметры составляющих, при которых применение рассмотренных методов является возможным в рамках исследованной системы.

Ключевые слова: корреспонденция, пассажир, система, транспорт, гравитационная модель.

Dolya K.V.

Kharkiv National University of Municipal Economy O.N. Beketov

MODELING PASSENGER TRANSPORT COMMUNICATIONS BETWEEN CITIES

Summary

The process of providing services to passengers on routes of General use. The data obtained the actual correspondence of passengers. A study of the application of known scientific approaches regarding the calculation of passenger vehicle trips. Feasible analysis of adequacy of obtained results. The results of the work invented by the parameters of components under which the application of the considered methods is possible in the framework of the studied system.

Keywords: mail, passenger, system, transport, gravity model.