

УДК : 519.21: 621.86

АНАЛІЗ ГРАВІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНО-ПАСАЖИРСЬКИХ ВЗАЄМОДІЙ РЕПОНУ

Омещенко Любов Михайлівна, аспірантка, Національний авіаційний університет
(м. Київ)

Ринок транспортних послуг є відкритою самоорганізованою системою, елементи якої змінюються нерівномірно у просторі та часі внаслідок зміни зовнішніх та внутрішніх економічних чинників (ВВП, рівня заробітної плати, безробіття, рудявості населення тощо). Особливістю моделювання транспортно-пасажирських взаємодій є використання складних нелінійних та динамічних моделей. Статичні моделі використовуються, якщо завантаження моделюється у термінах усереднених характеристик руху на вибраний період моделювання і середній час усіх маршрутів не перевищує характерний час, за який кореспонденція може помітно змінитися. Якщо динаміка виїзду змінюється швидко, а маршрути достатньо довгі, представники тієї або іншої кореспонденції завантажуватимуть кожну ділянку вибраного маршруту у різний час. У цьому випадку кореспонденція і об'єми прибуття-відправлення повинні задаватися як функції часу.

Для прогнозування пасажиропотоків використовують багато груп математичних моделей, основними з них є: 1) детерміновані – розглядають пересування як однозначну функцію детермінованих факторів (гравітаційна, електростатична аналогі); 2) імовірнісні – розглядають пересування у вигляді стохастичних (випадкових) величин, які задовольняють статистичні закономірності (моделі множинної кореляції, імітаційні моделі тощо); 3) евристичні – визначають динаміку зростання об'ємів пересувань на основі евристичного прогнозування (методи динамічних рядів, коефіцієнтів зростання тощо). Існують також комбіновані моделі.

За методами отримання даних про пасажиропотоки виділяють моделі:

- аналогові (екстраполяційні), які застосовують для розрахунку існуючих транспортних систем з відомими за даними емпіричних досліджень тенденціями розвитку пасажироперевезень у часі;
- синтетичні (імітаційні) моделі відображають процес формування пасажирських зв'язків у заданих транспортних умовах.

Гравітаційну модель використовують і як аналогову, і як синтетичну. Моделі прогнозування пасажиропотоків ґрунтуються на розрахунку кореспонденцій між окремими регіонами i та j . У статичній гравітаційній моделі кількість кореспонденцій між регіонами i та j визначається як [1]:

$$A_{ij} = k \cdot A_i^{\alpha} \cdot A_j^{\beta} / R_{ij}^{\gamma}, \quad (1)$$

де k – масштабний коефіцієнт;

A_i і A_j – смисли взаємодіючих транспортних районів;

R_{ij} – «функція опору» транспортного зв'язку регіонами i та j (відстань, вартість проїзду, складність повідомлення між регіонами тощо),

α, β, γ – емпіричні коефіцієнти.

Зазвичай приймають $\alpha = \beta = 1, \gamma = 0,5 \div 3,5$. При $\alpha = \beta = 1$ і $\gamma = 2$ вираз (1) повторює фізичний закон гравітаційної взаємодії. Однією з апроксимацій «функції опору» є експонентна. Гравітаційна модель належить до класу детермінованих, оскільки при відомих детермінованих факторах вона дає однозначні значення об'ємів пасажиропотоків A_{ij} , які є, з іншого боку, статистичними величинами, що не визначаються однозначно (характеризуються математичним сподіванням і дисперсією). Гравітаційну модель можна вважати імовірнісною, оскільки «функція опору» імітує у ній найбільш імовірні розподіли

Секція 1. Нелінійні моделі економічної динаміки

зв'язків між транспортними районами. Регресійний аналіз дозволяє включати у розрахунок додаткові незалежні змінні, наприклад, модель Островського має п'ять незалежних змінних і враховує такі фактори, як відстань між зонами, чисельність населення, рівень автомобілізації, кількість працюючих:

$$Y_{AB} = a_0 + a_1 \cdot \frac{P_A^2}{D_{AB}^{1,5}} + a_2 \cdot \frac{E_A^2}{D_{AB}^{1,5}} + a_3 \cdot \frac{V_A^2}{D_{AB}^{1,5}} + a_4 \cdot \frac{L_A^2}{D_{AB}^{1,5}}, \quad (2)$$

де Y_{AB} – поїздки із зони A у зону B ;

P_A – населення зони A ;

E_A – кількість працюючих у зоні A ;

V_A – рівень автомобілізації у зоні A ;

L_A – показник використання території у зоні A ;

D – найкоротша відстань між центрами зон;

a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 – коефіцієнти, знайдені методом найменших квадратів.

В ентропійних моделях транспортну систему з фізичною об'єднує наявність великого числа некерованих елементів. При певних припущеннях (незмінність витрат на проїзд за маршрутами та топології вулично-дорожньої системи) транспортну систему можна вважати замкнутою і визначення кореспонденції можна поставити як задачу максимізації ентропії. У моделях проміжних можливостей кореспонденції між двома центрами визначаються кількістю і смістю альтернативних центрів прибуття на шляху, що сполучає центри, фактор дальності у них не враховується. Відомі різні варіанти агрегованих моделей, що враховують обидва фактори, наприклад, відома об'єднана «гравітаційно-конкуруюча» модель ентропійного типу, що ґрунтується на пошуку розподілу кореспонденції з максимальною статистичною вагою [2].

Загалом відомі гравітаційні моделі транспортно-пасажирської взаємодії не враховують зміну пасажиропотоків з часом (добові, тижневі та сезонні коливання) та його розподіл відносно державного і приватного видів транспорту, ці обставини зумовляють необхідність подальшого дослідження та удосконалення моделей такого типу відносно змінних параметрів транспортно-пасажирської системи конкретного регіону.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Теория городских пассажирских перевозок. Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с.
2. Gongalves M. B., Ulysses-Neto I. The development of a new gravity-opportunity model for trip distribution // *Envir. & Plan. A.* – 1993. – V. 25. – P. 817–826.

