

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ КОРИСТУВАННЯ ТРАНСПОРТОМ ПРИ МІСЬКИХ ПЕРЕМІЩЕННЯХ

Канд. техн. наук І.Є. Іванов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТОМ ПРИ ГОРОДСКИХ ПЕРЕМЕЩЕНИИ

Канд. техн. наук И.Е. Иванов

DETERMINATION OF THE COEFFICIENT USING TRANSPORT TO THE CITY MOVE

Cand. of techn. sciences I. Ivanov

Розроблено ряд математичних моделей визначення функціонального зв'язку коефіцієнту користування транспортом залежно від змінних, що характеризуються групою поселень, транспортними характеристиками та економічною складовою населення.

Ключові слова: транспорт, місто, коефіцієнт, модель, кореляція.

Разработан ряд математических моделей определения функциональной связи коэффициента пользования транспортом в зависимости от переменных, характеризующихся группой поселений, транспортными характеристиками и экономической составляющей населения.

Ключевые слова: транспорт, город, коэффициент, модель, корреляция.

A number of mathematical models determine the functional connection using transport coefficient depending on the variables that are characterized by a group of settlements, traffic characteristics and economic components of population. Conducted regression analysis showed diverse effects, characterized types of models and corresponding coefficients of determination.

The models can be used for a specific group of cities that have a certain set of distinct variables.

Keywords: transportation, city, coefficient, model, correlation.

Постановка проблеми. Одна з основних проблем організації роботи міського пасажирського транспорту (МПТ), полягає в адекватному розрахунку або прогнозуванні розподілу трудових переміщень між індивідуальним і суспільним транспортом [1-3]. Тому є зацікавленість вчених та практиків в синтезі моделей залежностей рухливості реалізованої на всьому транспорті та окремо на МПТ від сукупності змінних, яка в значній мірі утруднена тим, що потребує проведення дороговартісних та багаточислених спостережень [1-6]. Тому існує потреба у визначенні математичних моделей зміни трудових переміщень між індивідуальним і суспільним транспортом.

Аналіз досліджень і публікацій. В роботах [1-3] були отримані закономірності перерозподілу транспортної роботи в містах між МПТ та індивідуальним транспортом. Де в якості основних факторів, що впливають на

рухливість населення, як загальної так і на міському пасажирському транспорті було розглянуто кількість мешканців міста та рівень автомобілізації.

Згодом були проведені дослідження й визначено, що такі показники, як вік та стать мешканців міста, мета поїздки, кількість поїздок за добу, рівень доходів населення, частина міста або передмістя, час поїздки та багато інших мають суттєвий вплив не лише на транспортну рухливість, а зокрема на розподіл поїздок між індивідуальним і суспільним транспортом [4-6]. Це дозволяє стверджувати про взаємозв'язок перелічених факторів та розподілом поїздок між індивідуальним і суспільним транспортом

Постановка завдання. Метою даної статті є розробка математичних моделей, що дозволяє оцінити вплив сукупності факторів на коефіцієнт користування транспортом.

Для досягнення цієї мети були вирішені наступні завдання: експериментальне визначення параметрів, що впливають на коефіцієнт користування транспортом та статистична обробка експериментальних даних.

Коефіцієнт користування транспортом визначається за наступною залежністю

$$k_{TP} = \frac{P_{TP}}{P_3}, \quad (1)$$

де P_{TP} – транспортна рухливість населення, поїздок;

P_3 – загальна рухливість населення, переміщень.

В свою чергу транспортна рухливість, складається із двох складових: транспортної рухливості на МПТ $P_{МПТ}$ та рухливості, яка була реалізована на особистому транспорті P_{OT} . Тобто

$$P_{TP} = P_{МПТ} + P_{OT}. \quad (2)$$

Тоді коефіцієнт користування міським пасажирським транспортом визначається за залежністю

$$k_{МПТ} = \frac{P_{МПТ}}{P_{TP}}. \quad (3)$$

Для визначення факторів впливу на транспортну рухливість було проведено натурні дослідження, що склалися з двох

частин. Першим етапом було проведення анкетування мешканців міста за наступною групою питань (табл. 1).

Другим етапом було визначення загальних параметрів, що характеризують переміщення мешканців в окремому місті. Результатом стала типова усереднена таблиця співвідношення функції відгуку та змінних (табл. 2).

Для розповсюдження результатів досліджень було обрано із кожної групи міст (найзначніші, значні, великі, середні та малі) по два міста. Для розповсюдження результатів досліджень на генеральну сукупність використовувалося відоме відсоткове співвідношення між основними групами населення.

На підставі даних, отриманих при проведенні натурних досліджень, стає можливим математичний опис залежності змінних X_i та коефіцієнту користування транспортом k_{TP} .

На першому етапі дослідження проводився аналіз впливу кожного з раніше визначених факторів X_i на значення коефіцієнту користування транспортом k_{TP} , методами кореляційного та регресійного аналізу [7].

За фактичними даними було визначено математичні моделі: експоненціального, степеневого, лінійного, логарифмічного та поліноміального виглядів в середовищі MS Excel. Для вибору остаточного виду моделі використовувався такий критерій, як коефіцієнт детермінації.

Таблиця 1

Анкета-інтерв'ю (типовий варіант)

Параметр	Значення
Вік	28-31 років
Стать	Ж
Середній дохід на одну особу (зі слів)	1000-1500 грн/місяць
Кількість поїздок в МПТ за останні 2 тижні	40-45
Кількість поїздок на індивідуальному транспорті за останні 2 тижні	не має
Кількість поїздок на таксі за останні 2 тижні	3
Місто	Харків (параметри в окремому файлі)
Побажання	розвивати метрополітен

Таблиця 2

Співвідношення змінних X_i та функції відгуку Y_1

Параметр	Приналежність
Коефіцієнт користування транспортом k_{TP}	Y_1
Кількість жителів у місті, $H_{Ж}$, тис. чол.	X_1
Рівень автомобілізації у місті, V_a , авт./1000 мешканців	X_2
Щільність транспортної мережі, δ , км/км ²	X_3
Щільність маршрутної мережі, δ_M , км/км ²	X_4
Кількість місць в МПТ на одного мешканця, Π_M , пас.місць	X_5
Кількість автомобілів-таксі на 1000 мешканців, $V_{такс}$, авт./1000 мешканців	X_6
Середній динамічний коефіцієнт заповнення салонів МПТ, γ_δ	X_7
Відношення середнього часу поїздки в МПТ до середнього часу поїздки в таксі, $t_{МПТ}/t_T$	X_8
Площа міста на одного мешканця, $F_{y\delta}$, км ² /чол.	X_9
Сельбищна площа міста на одного мешканця, $F_{сл}^{y\delta}$, км ² /чол.	X_{10}
Середній дохід на одну особу, ϵ_M , євро/1 мешканця на місяць	X_{11}

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від кількості жителів у місті описується логарифмічною моделлю ступеня та має коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9768$. Математичний вигляд моделі

$$k_{TP} = 0,0733 \cdot \ln(H_{Ж}) + 0,2225. \quad (4)$$

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від рівня автомобілізації у місті описується логарифмічною моделлю та має коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,7764$. Математичний вигляд моделі

$$k_{TP} = 0,4519 \cdot \ln(V_a) - 1,6155. \quad (5)$$

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від щільності транспортної мережі описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,2895$. Математичний вигляд моделі

$$k_{TP} = -0,2713 \cdot \delta^2 + 1,6218 \cdot \delta - 1,7638. \quad (6)$$

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від щільності маршрутної мережі описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,3865$. Математичний вигляд моделі

$$k_{TP} = 1,7154 \cdot \delta_M^2 - 10,61 \cdot \delta_M + 16,971. \quad (7)$$

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від кількості місць в МПТ на одного мешканця описується степеневою моделлю ступеня та має коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,7647$. Математичний вигляд моделі

$$k_{TP} = 1,2231 \cdot \Pi_M^{0,5659}. \quad (8)$$

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від кількості автомобілів-таксі на 1000 мешканців описується степеневою моделлю та має

коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9213$.
Математичний вигляд моделі

$$k_{TP} = 0,3818 \cdot U_{\text{такс}}^{0,2571}. \quad (9)$$

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від середнього значення динамічного коефіцієнту заповнення салонів МПТ описується лінійною моделлю та має коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,1172$.
Математичний вигляд моделі

$$k_{TP} = 1,0833 \cdot \left(\frac{t_{МПТ}}{t_T} \right)^2 - 4,6041 \cdot \frac{t_{МПТ}}{t_T} + 5,4627. \quad (11)$$

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від площі міста на 1000 мешканців описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт

$$k_{TP} = -5,9755 \cdot F_{y\phi}^2 + 4,6124 \cdot F_{y\phi} - 0,1535. \quad (12)$$

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від сельбищної площі міста на 1000 мешканців описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має

$$k_{TP} = 0,9677 \cdot F_{сл}^{y\phi^2} - 0,5652 \cdot F_{сл}^{y\phi} + 0,7951. \quad (13)$$

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від середнього доходу на одну особу описується логарифмічною моделлю та має коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9617$.
Математичний вигляд моделі

$$k_{TP} = 0,3464 \cdot \ln(C_M) - 1,0987. \quad (14)$$

Отримані залежності зміни коефіцієнту користування транспортом (4)–(14) мають різнобічний вплив, що характеризується видами моделей та відповідними коефіцієнтами детермінації. Тому необхідно провести факторний аналіз, використовуючи парні кореляції (табл. 3).

$$k_{TP} = -1,1288 \cdot \gamma_{\phi} + 1,0472. \quad (10)$$

Залежність зміни коефіцієнту користування транспортом від відношення середнього часу поїздки в МПТ до середнього часу поїздки в таксі описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,3642$.
Математичний вигляд моделі

детермінації $R^2 = 0,4279$.
Математичний вигляд моделі

коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,2641$.
Математичний вигляд моделі

Аналіз отриманих результатів (табл. 3) показав різнонаправленість парних кореляцій між змінними. Що в свою чергу потребує додаткових досліджень.

Висновки і перспективи подальшої роботи. В роботі визначено функціональні зв'язки між значеннями коефіцієнту користування транспортом та змінними, що характеризуються групою поселень, транспортними характеристиками та економічною складовою населення.

Отримані математичні моделі можливо використовувати для окремої групи міст, що мають певну сукупність чітко виражених змінних.

В подальшому необхідно провести оцінку отриманих моделей на інших об'єктах, а саме містах, які не ввійшли в дані дослідження.

Таблиця 3

Матриця коефіцієнтів парної кореляції

Змінні	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
X ₁	1	0,79	0,34	0,55	0,76	0,83	-0,18	-0,52	-0,67	-0,85	0,87
X ₂	0,79	1	0,48	0,49	0,9	0,96	-0,29	-0,51	-0,7	-0,9	0,87
X ₃	0,34	0,48	1	0,6	0,68	0,43	0,12	0,11	-0,58	-0,53	0,46
X ₄	0,55	0,49	0,6	1	0,72	0,44	0,64	0,29	-0,38	-0,44	0,38
X ₅	0,76	0,9	0,68	0,72	1	0,91	0,04	-0,27	-0,66	-0,91	0,82
X ₆	0,83	0,96	0,43	0,44	0,91	1	-0,31	-0,56	-0,73	-0,97	0,92
X ₇	-0,18	-0,29	0,12	0,64	0,04	-0,31	1	0,73	0,31	0,31	-0,41
X ₈	-0,52	-0,51	0,11	0,29	-0,27	-0,56	0,73	1	0,18	0,57	-0,53
X ₉	-0,67	-0,7	-0,58	-0,38	-0,66	-0,73	0,31	0,18	1	0,71	-0,75
X ₁₀	-0,85	-0,9	-0,53	-0,44	-0,91	-0,97	0,31	0,57	0,71	1	-0,95
X ₁₁	0,87	0,87	0,46	0,38	0,82	0,92	-0,41	-0,53	-0,75	-0,95	1

Список використаних джерел

1. Ефремов, И.С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин – М.: Высшая школа, 1980. – 535 с.
2. Rao D.P. Urban passenger transportation [Текст] / D.P. Rao, K.S. Murthy. – Inter-India Publications, 1997. – 416 p.
3. Доля, В.К. Пасажирські перевезення [Текст] / В.К. Доля. – Харків: Вид-во „Форт”, 2011. – 507 с.
4. Гудков, В.А. Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками [Текст] / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. – М.: Транспорт, 1997. – 254 с.
5. Спирин, И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками [Текст] / И.В. Спирин. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
6. Ігнатенко, О.С. Організація автобусних перевезень у містах [Текст] / О.С. Ігнатенко, В.С. Маруни. – К.: УТУ, 1998. – 196 с.
7. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия [Текст] / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Диалектика, 2007. – 912 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.П. Ремарчук

Іванов Ігор Євгенович, канд. техн. наук, кафедра транспортних систем і логістики, Харківський національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова.

Igor Ivanov, Ph.D., Department of Transport Systems and Logistics, Kharkiv National University of Municipal Economy named O.M. Beketova.