

О.Ф. Кузькін, к.т.н., доц.

О.А. Лашених, к.т.н., доц.

А.В. Якимов, асист.

Запорізький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МІСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТАКСІ МЕТОДОМ АКТИВНО-ПАСИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

В, явлено основні фактори, які впливають на показники ефективності роботи маршрутного таксі. Проведено аналіз основних характеристик, статистичні дані та їх вплив на результати роботи таксі. Результати дослідження статистичні дані, які впливають на результати роботи таксі.

Ключові слова: автобус, маршрутне таксі, аналіз, транспорт.

Вступ. Проведено комплексне дослідження роботи міського пасажирського транспорту в режимі маршрутного таксі. На даному етапі досліджень ставиться задача виявлення основних факторів, що впливають на показники ефективності роботи маршрутного таксі [1, 3, 4].

Викладення основного матеріалу. Априорі для статистичного аналізу обрані наступні $m = 11$ факторів:

- довжина маршруту в км – l_m ;
- щільність світлофорної сигналізації, що дорівнює відношенню загальної кількості світлофорів на маршруті до його довжини – $\rho_{\text{сф}}$;
- щільність зупиночних пунктів, що дорівнює відношенню загальної кількості зупинок в одному напрямку до довжини маршруту – $\rho_{\text{зуп}}$;
- питома вага затримок біля світлофорів, що визначається як відношення загальної кількості затримок маршрутного таксі біля світлофорів за одну їзду до довжини маршруту, – α ;
- питома вага позаштатних ситуацій, що визначається як відношення загальної кількості вимушених зупинок маршрутного таксі за одну їзду до довжини маршруту, – β ;
- питома вага транзитних зупиночних пунктів, що дорівнює відношенню загальної кількості зупинок, на яких не проводилася посадка-висадка пасажирів, за одну їзду до довжини маршруту, – γ ;
- тривалість посадки-висадки пасажирів на одній зупинці (с) – $t_{\text{п-в}}$;
- тривалість затримки біля одного світлофору (с) – $t_{\text{сф}}$;
- тривалість вимушеної затримки (с) – $t_{\text{вз}}$;
- сезонність роботи маршрутного таксі, що позначається порядковим номером місяця, k ;
- напрямок руху маршрутного таксі: прямий – код $p = 1$; зворотний – код $p = 2$.

Як функція відгуку прийнята загальна тривалість їздки T_e .

Тоді, виходячи з системного підходу, роботу маршрутного таксі можна представити у вигляді такої концептуальної моделі:

$$T_e = f(l_m, \rho_{\text{сф}}, \rho_{\text{зуп}}, \alpha, \beta, \gamma, t_{\text{п-в}}, t_{\text{сф}}, t_{\text{вз}}, k, p) \quad (1)$$

Дослідження роботи маршрутного таксі розглядалось в наступних аспектах:

- оцінка ступеню впливу перерахованих факторів на тривалість їздки в одному напрямку;
- побудова математичної моделі роботи маршрутного таксі;
- оптимізація параметрів транспортного процесу роботи маршрутного таксі.

Розв'язання поставленої задачі базується на використанні методів статистики, в тому числі, експертних методів.

Це пов'язано з тим, що серед множини факторів, прийнятих для аналізу, маються такі, які можна цілеспрямовано регулювати, а також фактори, що діють стохастично і дуже часто непередбачувано. В цих умовах побудова адекватної моделі процесу пов'язана з певними труднощами.

Спочатку вирішується питання про скорочення факторного простору за рахунок об'єднання однотипних даних. З цією метою здійснюється відбір некорельованих (слабокорельованих) параметрів на підставі даних кореляційної матриці, складеної з мір тісноти зв'язку між випадковими величинами [5, 6]. Як міри тісноти зв'язку використані коефіцієнти кореляції,

обчислені на підставі вихідних даних, представлених в таблиці 1. В результаті отримано наступну кореляційну таблицю (табл. 2).

Таблиця 1
Фрагмент таблиці в. ідн. ядн. я для обчислення коефіцієнтів кореляції

Фактор											
T_e	I_m	$\rho_{\text{оф}}$	$\rho_{\text{зуп}}$	α	β	γ	$t_{\text{п-в}}$	$t_{\text{оф}}$	$t_{\text{вз}}$	$кя$	ρ
Математичне позначення фактора											
Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
25,3	18,3	0,56	0,87	0,11	0	0,22	31,7	20	0	6	1
26,1	18,3	0,56	0,87	0	0,05	0,11	32,8	0	15	6	1
27,2	18,3	0,56	0,87	0,05	0,11	0,22	27,6	23	9	6	1
28,2	18,3	0,56	0,87	0,22	0,05	0,11	25,5	15,2	9	6	1
32,1	18,3	0,56	0,87	0,05	0	0,05	28,7	14	0	6	1
...
20	14	0,5	0,71	0,36	0,14	0	17,3	20,4	67	4	1
27	14	0,5	0,71	0,36	0,14	0	14,8	19,4	130	4	1
41	14	0,5	0,71	0,36	0,21	0	18,6	17,8	187	4	1
20	14	0,5	0,71	0,43	0,14	0	17,8	22,2	5	4	2
30	14	0,5	0,71	0,28	0,07	0	30,1	25,5	712	4	2
36	14	0,5	0,71	0,28	0,14	0	14,0	17,8	62	4	2

Таблиця 2
Кореляційна таблиця

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
Y	1,00											
X_1	0,68	1,00										
X_2	-0,60	-0,74	1,00									
X_3	-0,12	-0,29	0,79	1,00								
X_4	-0,44	-0,56	0,82	0,67	1,00							
X_5	-0,41	-0,31	0,10	-0,28	0,13	1,00						
X_6	0,45	0,67	-0,07	0,45	0,08	-0,41	1,00					
X_7	-0,79	-0,81	0,79	0,31	0,61	0,42	-0,46	1,00				
X_8	0,47	0,22	-0,38	-0,06	-0,29	-0,43	0,12	-0,55	1,00			
X_9	0,10	0,01	-0,33	-0,48	-0,17	0,12	-0,25	-0,08	0,16	1,00		
X_{10}	-0,02	0,32	-0,28	-0,29	-0,38	0,02	0,00	-0,13	-0,31	-0,19	1,00	
X_{11}	0,09	0,09	-0,13	-0,03	-0,09	-0,06	0,11	-0,16	0,12	0,16	0,03	1,00

Аналіз таблиці 2 свідчить про те, що є у наявності сильнокорельовані фактори, які дублюють одне одного та по суті не несуть в собі ніякої корисної інформації про процес. Тому такі фактори можуть бути виключені з подальшого розгляду. Для цього використовується метод кореляційних плеяд [2]. Він призначений для знаходження таких груп ознак – «плеяд», коли кореляційний зв'язок, тобто сума модулів коефіцієнтів кореляції між параметрами однієї групи (внутрішньоплеядний зв'язок) достатньо великий, а зв'язок між параметрами з різних груп (міжплеядний) – малий. На рисунку 1 побудовано кореляційну плеяду з граничним значенням коефіцієнта кореляції $|r_{\text{ф}}| \leq 0,4$.

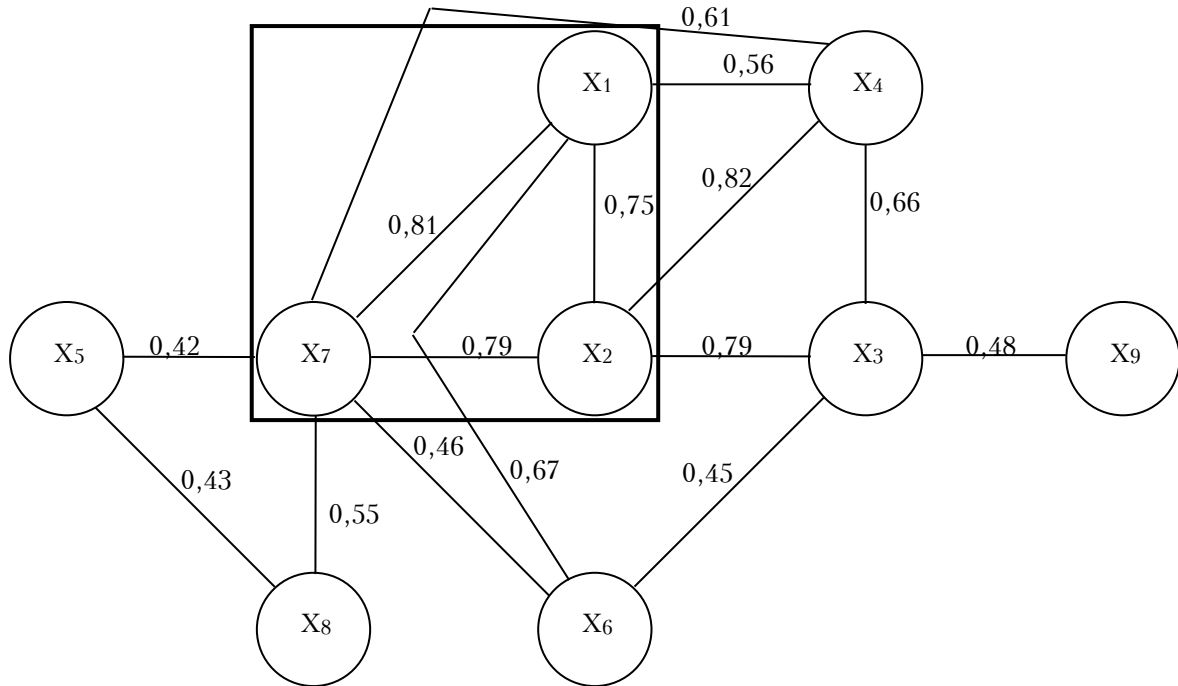


Рис. 1. Граф кореляційної залежності

На рисунку 1 можна виділити три основні фактори (X_1, X_2, X_7), навколо яких утворюються різноманітні внутрішньо-плеядні сильні зв'язки. За узагальнюючий для цих плеяд приймаємо фактор X_1 . Крім того, спостерігається дуже слабкий кореляційний зв'язок між результативною ознакою Y та факторними ознаками X_{10} та X_{11} . Внаслідок цього з подальшого аналізу можна виключити фактори X_2, X_7, X_{10}, X_{11} . В результаті отримуємо наступну функціональну модель:

$$T_e = \langle l_m, \rho_{зуп}, \alpha, \beta, \gamma, t_{сф}, t_{вз} \rangle. \tag{2}$$

Аналіз основних статистичних характеристик наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Вибіркові оцінки основних статистичних характеристик

Статистична характеристика	Числове значення для ознаки							
	T_e	l_m	$\rho_{зуп}$	α	β	γ	$t_{сф}$	$t_{вз}$
Середнє арифметичне	27,32	13,86	1,21	0,45	0,07	0,26	19,41	33,12
Стандартне відхилення	7,33	5,43	0,32	0,27	0,12	0,33	7,32	104,57
Коефіцієнт варіації, %	26,83	39,18	26,38	60,37	164,60	125,35	37,70	315,73

З таблиці 3 випливає, що більшість досліджуваних ознак за своєю природою є неоднорідними. Ця неоднорідність пов'язана в основному з роботою світлофорів та наявністю заторів.

Дослідження стат, ст, чого зв'язку між результатом, вплив факторів, ознак. Оцінка тісноти зв'язку між досліджуваними ознаками була виконана за допомогою парного кореляційного регресійного аналізу [3], результати якого наведені в таблиці 4.

я
я
я
я

Аналіз статистичних зв'язків

Функція зв'язку	Регресійна залежність	Оцінка апроксимації	
		стандартна похибка S	коефіцієнт кореляції r
$T_e = f(I_M)$	$Y = \frac{47,72X_1}{8,85 + X_1}$	5,11	0,81
$T_e = f(\rho_{зуп})$	$Y = 48,81 - 18,56X_3$	9,04	0,69
$T_e = f(\alpha)$	$Y = \frac{1}{0,043 - 0,054X_4 + 0,072X_4^2}$	5,93	0,60
$T_e = f(\beta)$	$Y = 29,13 - 23,99X_5$	6,74	0,41
$T_e = f(\gamma)$	$Y = 23,46 + 29,78X_6 - 22,51X_6^2$	6,45	0,50
$T_e = f(t_{сф})$	$Y = 12,69 + 1,08X_8 - 0,01X_8^2$	5,98	0,59
$T_e = f(t_{вз})$	$Y = 30,02 - \frac{55,77}{X_9}$	5,75	0,67

Висновки:

1. Статистично обґрунтовано факторний простір для побудови математичної моделі роботи автобусів в режимі маршрутного таксі.
2. Встановлено тісну статистичного зв'язку між результативною ознакою та кожною з прийнятих для аналізу факторних ознак.

Список використаної літератури:

1. Орлова А. М. Теория принятия решений : учебное пос. / А. И. Орлова. – М. : Изд-во «Март», 2004. – 656 с.
2. Терентьев П. В. Метод корреляционных плеяд / П. В. Терентьев // Вестник ЛГУ. – 1959. – № 9. – С. 137–141.
3. Федосеева В. В. Экономико-математические методы и прикладные модели : учебное пос. / Под ред. В. В. Федосеева. – М. : ЮНИТИ, 2002. – 391 с.
4. Елисеева И. И. Эконометрика : учебник / Под ред. И. И. Елисеевой. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
5. Cameron A. C. An R-squared measure of goodness of fit for some common nonlinear regression models / A. C. Cameron, A. D. Windmeijer // Journal of Econometrics. – 1997. – № 77. – P. 329–349.
6. Phillips P. C. B. Linear regression limit theory for nonstationary panel data / P. C. B. Phillips, J. R. Moon // Econometrica. – 1999. – № 67. – P. 1057–1111.

КУЗЬКІН Олексій Фелісович – кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– міські транспортні системи пасажирських перевезень.

Тел.: (067) 686–52–88.

E-mail: tf301@ukr.net

ЛАЩЕНИХ Олександр Андрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– дослідження динаміки транспортних процесів.

Тел.: (061) 280–11–85.

E-mail: tf301@ukr.net

ЯКИМОВ Андрій Володимирович – асистент кафедри транспортних технологій Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси: – міські пасажирські перевезення.

Тел.: (063) 431–11–48.

E-mail: anden_jak@mail.ru

Стаття надійшла до редакції 26.08.2014