

УДК 656.022.9

ОЦІНКА ВПЛИВУ УМОВ РУХУ ТА ХАРАКТЕРИСТИК МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТІВ НА ВИБІР ЗУПИНОК ЯК КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК

Півторак Г.В., Вариницька О.В.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF TRAFFIC CONDITIONS AND CHARACTERISTICS CITIES BUS ROUTES ON CHOICE PUBLIC STOP AS TIME POINT

Pivtorak H.V., Narynytcka O.V.

Дотримання розкладу руху громадським пасажирським транспортом є однією з основних ознак якості транспортного обслуговування. Використання певних зупинок маршруту як контрольних точок дозволяє спростити процес складання та контролю розкладів. Для визначення зупинки як контрольної точки потрібно визначити характеристики, які впливають на процес вибору. В роботі з використанням методу основних компонент визначаються чинники, які здійснюють найбільший вплив на характеристику зупинки. Зокрема, це час простою на зупинці та час простою на попередній зупинці. Також робиться припущення, що викиди методу основних компонент можуть бути зупинками, які варто розглядати як можливі контрольні точки маршруту.

Ключові слова: контрольна точка, час простою, зупинка ГПТ, метод основних компонент.

Постановка проблеми. Для формування розкладів руху міського громадського транспорту, перевірки їх адекватності та контролювання дотримання цих розкладів доцільним є використання певних зупинок маршруту як контрольних часових точок (time point, TP) [1]. Проте показники зупинки, які б характеризували її як TP, досі однозначно не визначені.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням визначення характеристик зупинок, які б впливали на вибір їх як TP, займалися в основному зарубіжні автори. Зокрема, в роботі [2] такими характеристиками називають час руху між зупинками та їх фізичне розташування. Леслі [3] основною ознакою TP вважає величину коефіцієнта змінності інтервалу руху. Деякі автори [4, 5, 6] пропонують за основу брати кількість пасажирів, що здійснюють посадку/висадку на даній зупинці.

Багато авторів однією з основних характеристик зупинного пункту маршруту називають час простою транспортних засобів на ньому. Більшість робіт пов'язано з вивченням характеристик часу

простою на існуючих маршрутах з врахуванням таких чинників, як пасажиропотік, наповненість автобуса, коефіцієнт змінності пасажирів, а також характеристики транспортного засобу, що працює на маршруті (довжина, кількість дверей, пасажиромісткість) [7, 8, 9]. Проте вивчення сумісного впливу тих чи інших чинників на характеристику зупинки проводилось дуже мало. Тому використання багатofакторних моделей для оцінки характеристик зупинок є актуальною задачею.

Метою роботи є вивчення взаємовпливу різних характеристик зупинки ГПТ з допомогою багатовимірного аналізу.

Виклад основного матеріалу. Метою будь-якого багатовимірного аналізу є декомпозиція даних, яка дає змогу виявити і промодельовати їх взаємозв'язки і закономірності

Метод основних компонент (Principal component analysis, PCA) – це один з основних способів обробки великорозмірних даних. Винайдений в 1901 році англійським математиком Карлом Пірсоном. Суть методу полягає в тому, що початкові вхідні дані представляються у вигляді матриці X , яка складається з n зразків (спроб, об'єктів, експериментів) та p змінних (показників, характеристик). Її часто називають «матрицею даних». Відображені таким способом дані дуже часто допомагають визначити прихований тренд [10, 11].

В якості об'єктів виступають зупинки громадського транспорту. Таблиця даних складається з таких змінних:

- розміщення зупинки відносно початку маршруту (відстань від початку маршруту);
- наявність точки тяжіння (-1 – немає, +1 – є);
- загальна кількість маршрутів, що проходять через дану зупинку;
- напрямок руху транспортних засобів на маршруті (-1 та +1);

- час простою на зупинці, с;
- час простою на попередній зупинці, с;
- період робочого дня (всього 7 періодів).

Для отримання інформації про часові характеристики руху автобусів на маршруті отримано доступ до GPS-даних з трекерів, встановлених на автобусах маршрутів ГПТ, які обслуговує ЛК «АТП № 1» (м. Львів). Дані фіксувалися протягом листопада-грудня 2014 року. Інформація записувалася у файл *.txt в такому вигляді:

Файл	Редагування	Формат	Вигляд	Довідка
Thu Nov 27 09:55:15 2014	'32'	0	'243'	24.0598583333333, 49.7842083333333
Thu Nov 27 09:55:15 2014	'32'	0	'167'	24.0564116666667, 49.79517
Thu Nov 27 09:55:15 2014	'32'	0	'238'	24.0729633333333, 49.81176
Thu Nov 27 09:55:15 2014	'32'	1	'235'	23.9886966666667, 49.8343216666667
Thu Nov 27 09:55:15 2014	'32'	1	'289'	23.9692366666667, 49.8201716666667
Thu Nov 27 09:55:15 2014	'32'	1	'157'	23.9969216666667, 49.8388833333333
Thu Nov 27 09:55:15 2014	'32'	1	'123'	24.01738, 49.80197
Thu Nov 27 09:55:15 2014	'32'	1	'161'	24.0534283333333, 49.796185
Thu Nov 27 09:55:15 2014	'32'	1	'180'	23.9949166666667, 49.8386933333333
Thu Nov 27 09:55:15 2014	'32'	1	'171'	23.9853166666667, 49.8173466666667

Рис. 1. Таблиця даних про часові характеристики маршрутів

У вищенаведеній таблиці перший стовпець – дата у вигляді МІСЯЦЬ ДЕНЬ ГОД:ХВ:СЕК РІК, другий стовпець – номер маршруту, третій стовпець – напрямок (прямий або зворотній), четвертий стовпець – номер трекера (номер автобуса), п'ятий стовпець – координата довготи, шостий стовпець – координата широти (координати розташування автобуса в даний момент часу).

Сигнал з трекера отримується кожних 11 с.

Визначення того, чи автобус перебуває на зупинці, проводилося порівнянням координат зупинки та координат місця перебування автобуса. Похибка приймалася рівною $\pm 0,001^\circ$ широти ($\approx \pm 11$ м) та $\pm 0,0002^\circ$ довготи ($\approx \pm 14$ м).

Для опрацювання отриманих даних написана програма мовою програмування Python. Блок-схема програми подана на рис. 2.

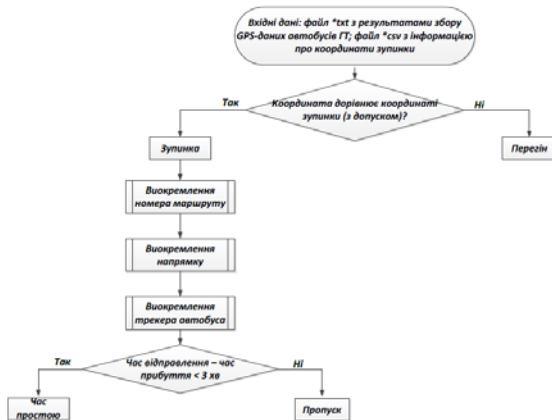


Рис. 2. Алгоритм комп'ютерної обробки результатів

Проведено опрацювання даних по маршрутах № 32 та № 37 м. Львова. Нечасові характеристики маршруту отримано камеральним обстеженням [12].

Дані про простій автобусів на зупинці поділено на п'ять груп: час простою на зупинці менше 10 с, в межах 10 – 20 с, в межах 20 – 30 с; в межах 30 – 45 с; більше 45 с.

Робочий час автобусів на маршруті поділено на часові періоди: $6^{00} - 8^{00}$, $8^{00} - 10^{00}$, $10^{00} - 12^{00}$, $12^{00} - 14^{00}$, $14^{00} - 17^{00}$, $17^{00} - 19^{00}$, $19^{00} - 22^{00}$ год.

Результати опрацювання даних GPS-трекерів оформлялися у вигляді таблиці (таблиця 1).

Такі таблиці сформовано для кожного маршруту для кожного часового періоду.

Інформація про зупинки оформлена у вигляді матриці розмірністю $n \times p$, де $n = 312$ – кількість досліджень, $p = 7$ – кількість показників, які враховувалися.

Опрацювання даних матриці методом основних компонент для визначення взаємозв'язків між показниками, які взято для розгляду, проводилося в програмному середовищі The Unscrambler X 10.3.

На рис. 3 показано загальний вигляд The Unscrambler X 10.3 в момент виконання МОК (PCA) для даних матриці, імпортованих в програму.

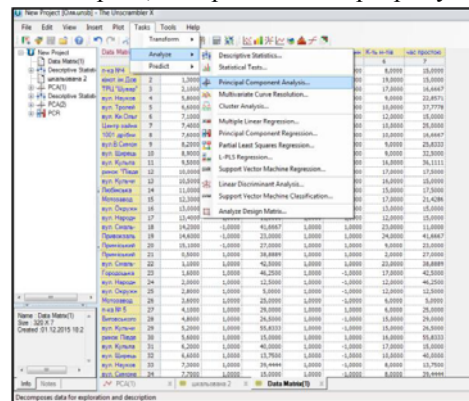


Рис. 3. Схема виконання МОК в програмному середовищі The Unscrambler X 10.3

Для аналізу даних, які мають різні одиниці виміру та різну фізичну суть (час простою – секунди, наявність точки тяжіння чи кількість маршрутів, що проходять через зупинку – безрозмірні величини з різним смисловим навантаженням), їх потрібно певним чином підготувати. В МОК цей процес називається шкалюванням. Для проведення шкалювання матриця даних перераховується за формулою [11]:

$$x_{шк} = \frac{(x - \bar{x})}{s} \tag{1}$$

Де x – початкові дані;

\bar{x} – середнє значення величини;

s – середньоквадратичне відхилення.

Значення середньоквадратичних відхилень та дисперсій показників до та після проведення шкалювання подано в таблиці 2.

Таблиця 1

Кількість повторів тривалості часу простою на зупинці						
Номер зупинки	Назва зупинки	Тривалість часу простою на зупинці, с				
		менше 10	10...20	20...30	30...45	більше 45

Таблиця 2

Статистичні характеристики набору даних							
Статистичний показник	Віддаленість від початку маршруту	Напрямок руху	Кількість маршрутів	Точка тяжіння	Період доби	Час простою	Час простою на попередній зупинці
До проведення шкалювання							
Середньоквадратичне відхилення	4,1242	1,002	4,867	0,918	2,294	10,239	10,257
Дисперсія	17,009	1,003	23,684	0,842	5,267	104,839	105,216
Після проведення шкалювання							
Середньоквадратичне відхилення	0	0	0	0	0	0	0
Дисперсія	1	1	1	1	1	1	1

Основні компоненти фактично показують, які чинники здійснюють найбільший вплив на характеристики зупинки. В результаті застосування МОК визначено, що перших дві основних компоненти описують 88% початкової варіації, а наступних дві – ще 15 %.

В результаті побудови та аналізу графіків рахунків (scores) отримано такі висновки:

- відсутність точки тяжіння біля зупинки зменшує час простою на ній;
- зв'язок між кількістю маршрутів, що проходять через зупинку, та часом простою на зупинці спостерігається тільки при значній кількості маршрутів (більше 15 маршрутів), що можна пояснити ускладненим під'їздом до зупинки автобуса та посадкою в нього пасажирів;
- для ранкових періодів (з 6⁰⁰ до 8⁰⁰) час простою на зупинці менший, ніж для інших періодів;
- віддаленість зупинки від початку маршруту обернено пропорційна до часу простою;
- чим ближчий до середнього значення час простою на попередній зупинці, тим більше відхилення часу простою від середнього на наступній зупинці і навпаки;
- при наявності точки тяжіння на зупинці і середній тривалості часу простою на попередній зупинці час простою на зупинці є значним. Проте якщо на попередній зупинці час простою був великим, то на поточній зупинці спостерігаються середні значення часу простою (можна припустити, що водій трохи поспішає через затримку на попередній зупинці).

В методі основних компонент важливою характеристикою є викиди – нетипові зразки або змінні. Вони можуть бути як результатом неправильних вимірів (тоді їх потрібно видалити, щоб не деформувати модель), так і дуже важливими даними, які потребують детальнішого дослідження. В результаті виконання аналізу даних авторами зроблено висновок, що саме викиди методу основних компонент

можуть буди пропозиціями щодо контрольних точок маршруту, адже це ті зупинці, характеристики і умови функціонування яких суттєво відрізняються від загального масиву даних.

Висновки. Отже, проведені дослідження дозволяють припустити, що метод основних компонент доцільно застосовувати для визначення характеристик зупинки, які здійснюють вплив на неї, для визначення взаємозв'язків між кількома характеристиками та для пропозицій щодо вибору контрольних точок маршруту. Подальші дослідження стосуватимуться аналізу додаткових чинників (інтервал руху на маршруті, регулярність руху тощо).

Література

1. S.C. Wirasinghe, G. Liu, Determination of the number and locations of time points in transit schedule design – Case f a single run. *Annals of Operations Research, Canada, Volume 60, Issue 1*, 1995, P.161 – 191. DOI 10.1007/BF02031945.
2. *Transit Scheduling: Basis and Advanced Manuals*. Transportation research board executive committee, 1998, P. 149
3. L.J.S. Lesley, The role of the timetable in maintaining bus service reliability. *Proceedings of the International Symposium on Operating Public Transport, University of Newcastle-Upon-Tyne, UK, 1975*.
4. M. Abkowitz, I. Engelstein, Methods for maintaining transit service regularity, *Transportation Research Record*, 1984. – 162 p.
5. M. Abkowitz, E. Amir, I. Engelstein, Optimal control of headway variation on transit routes, *Journal of Advanced Transportation*, V.20 (1). - 1986. - P. 73 – 88.
6. S. C. Wirasinghe, G. Liu. Optimal schedule design for a transit route with one intermediate time point. *Transportation Planning and Technology. Volume 19, Issue 2*, 1995, P. 121-145.
7. Давідч Ю.О. Оцінка тривалості простою транспортних засобів на проміжних зупинках / Ю.О. Давідч, Д.П. Понкратов, С.І. Куш, М.В. Каложний // Науково-технічний збірник № 105 «Комунальне

- господарство міст», ХНУМГ, Харків, 2012, ст. 390 – 394.
8. Калюжний М. В. Визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / М. В. Калюжний; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х., 2011. – 21 с. – укр.
 9. Василенко Т.Є. Теоретичні аспекти оцінки пропускної здатності зупинного пункту / Т.Є. Василенко, Д.В. Фесенко, Д.В. Гулак // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник / ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ. – Горлівка, 2010. - № 2.(11) – С. 90-97. ISSN: 1990-7796.
 10. Померанцев А. Метод Главных Компонент (PCA). [Електронний ресурс] - <http://www.chemometrics.ru/materials/textbooks/pca.htm>.
 11. Эсбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы / Пер. з англ. С.В. Кучерявского; Под ред. О.Е. Родионовой. – Черногловка: Изд-во ИПХФ РАН, 2005. – 160с.
 12. Електронний ресурс <http://www.eway.in.ua/ua/cities/lviv/routes>

References

1. S.C. Wirasinghe, G. Liu, Determination of the number and locations of time points in transit schedule design – Case f a single run. *Annals of Operations Research, Canada, Volume 60, Issue 1*, 1995, P.161 – 191. DOI 10.1007/BF02031945.
2. Transit Scheduling: Basis and Advanced Manuals. Transportation research board executive committee, 1998, P. 149
3. L.J.S. Lesley, The role of the timetable in maintaining bus service reliability. *Proceedings of the International Symposium on Operating Public Transport, University of Newcastle-Upon-Tyne, UK, 1975.*
4. M. Abkowitz, I. Engelstein, Methods for maintaining transit service regularity, *Transportation Research Record*, 1984. – 162 p.
5. M. Abkowitz, E. Amir, I. Engelstein, Optimal control of headway variation on transit routes, *Journal of Advanced Transportation*, V.20 (1). - 1986. - P. 73 – 88.
6. S. C. Wirasinghe, G. Liu. Optimal schedule design for a transit route with one intermediate time point. *Transportation Planning and Technology. Volume 19, Issue 2*, 1995, P. 121-145.
7. Davidich Ju.O. Ocinka tryvalosti prostoju transportnyh zasobiv na promizhnyh zupynkah / Ju.O. Davidich, D.P. Ponkratov, Je.I. Kush, M.V. Kaljuzhnyj // *Naukovo-tehnicznyj zbirnyk № 105 «Komunal'ne gospodarstvo mist»*, HNUMH, Harkiv, 2012, st. 390 – 394.
8. Kaljuzhnyj M.V. Vyznachennja dovzhyny peregonu marshrutu mis'kogo pasazhyrs'kogo avtomobil'nogo transportu: avtoref. dys. kand. techn. nauk: 05.22.01 / M. V. Kaljuzhnyj; HNUMH. – H., 2011. – 21 s. – укр.
9. Vasylenko T.Je. Teoretychni aspekty ocinky propusknoid' zdatnosti zupynnogo punktu / T.Je. Vasylenko, D.V. Fesenko, D.V. Hulak // *Visti Avtomobil'no-dorozh'nogo instytutu: naukovo-vyrobnychyj zbiryk / DVNZ «DonNTU» ADI.* – Horlivka, 2010. - № 2.(11) – s. 90-97. ISSN: 1990-7796.
10. Pomerancev A. Metod Glavnyh Komponent (PCA). [Electronnyj resurs]- <http://www.chemometrics.ru/materials/textbooks/pca.htm>.
11. Esbensen Je. Analz mnogomernyh dannyh. Izbrannye glavy / Per. z angl. S.V. Kucherjavs'koho; Pod red. O.E. Rodionovoj. – Chernogolovka: Izd-vo IPHF RAN, 2005. – 160s.
12. Electronnyj resurs <http://www.eway.in.ua/ua/cities/lviv/routes>

Пивторак Г.В., Вариницька О.В. Оценка влияния умов движения та характеристик городских автобусных маршрутов на выбор остановок как контрольных пунктов.

Одним из главных признаков качества транспортного обслуживания считается соблюдения расписания движения общественным пассажирским транспортом. Использование избранных остановок маршрута как контрольных пунктов дает возможность упростить процесс составления та контроля расписания. Чтобы считать остановку контрольным пунктом, необходимо определить характеристики, которые влияют на процесс выбора. В данной работе с использованием метода главных компонент определяются факторы, которые наиболее влияют на характеристику остановки. В частности, это время простоя на остановке и время простоя на предыдущей остановке. Также предполагается, что выбросы метода главных компонент могут быть остановками, которые целесообразно рассматривать как возможные контрольные пункты маршрута.

Ключовые слова: контрольный пункт, время простоя, остановка ОПТ, метод главных компонент.

Pivtorak H.V., Varynytska O.V. Assessment of the influence of traffic conditions and characteristics cities bus routes on choice public stop as time point.

Adherence to the public passenger's transport schedule is one of the main features of a transport service. The use of certain stops route as time points can simplify the process of drawing up and monitoring schedules. For classification public stop as time point as necessary to determine the characteristics that influence the selection process. In this paper, using the method of principal components determined factors that carry the greatest impact on characterization stop. It was analyzed of the impact of these indicators: direction, number of routes, attraction point, period day, distance to the start route, downtime stop and downtime previous stop. In particular, this downtime to stop and downtime at the previous stop. Also, it is assumed that singularity of the principal components of the PCA can be stops that should be considered as a possible time points.

Keywords: time point, downtime, public stop, Principal component analysis.

Пивторак Галина Василівна, асистент, кафедра «Транспортні технології», НУ «Львівська політехніка», kostelnhal@gmail.com

Вариницька Ольга Вікторівна, магістрант, кафедра «Транспортні технології», НУ «Львівська політехніка».

Рецензент: д.т.н., проф. **Чернецкая-Белецкая Н.Б.**

Стаття подана 11.03.2016