

УДК 656.025

## ВПЛИВ РОЗТАШУВАННЯ АВТОВОКЗАЛІВ НА ЗАВАНТАЖЕНІСТЬ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ МІСТА

### THE IMPACT OF THE LOCATION OF BUS STATIONS ON THE CONGESTION OF THE CITY'S ROAD NETWORK

Пашкевич Світлана

Національний університет водного господарства та природокористування  
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33000

*Abstract: Alleviating public traffic congestion is an efficient and effective way to improve the travel time reliability and quality of public transport services. The existing public network optimization models usually ignored the essential impact of public traffic congestion on the performance of public transport service. To solve this problem, a data-based methodology is proposed to estimate congestion on road sections between bus stops.*

Автовокзал (термінал) – це точка, де автобусний маршрут починається або закінчується, де транспорт зупиняється, повертається або рухається назад і чекає перед відправленням у зворотному напрямку.

Розміри та характер терміналу можуть варіюватися – від придорожньої автобусної зупинки, в якій немає приміщень для пасажирів чи автобусних бригад, до спеціально побудованої позашляхової автостанції, що пропонує широкий спектр зручностей.

Якщо кількість транспортних засобів (ТЗ), що прибувають і виїжджають, низька, придорожня автобусна зупинка, що не має зручностей, зазвичай буде достатньою. У зв'язку з великою кількістю ТЗ, що прибувають і відправляються, може знадобитися забезпечити приміщення автовокзалу для зручності пасажирів та зменшення завантаженості транспорту.

Автовокзали та термінали є важливим елементом у роботі автобусних служб. Їх конструкція та розташування впливають на ефективність транспортної системи та її вплив на інших учасників дорожнього руху.

Вимога паркувати велику кількість автобусів на тривалі періоди між поїздками часто є наслідком неефективності або надлишку пропускнуєї спроможності в галузі. Хоча це може бути неминуче в не піковий час, якщо існує значна різниця між різними періодами обслуговування.

Для громадського автобусного маршруту одним із ключових факторів, що впливає на якість громадського транспорту, є розташування зупинок [1,2,9].

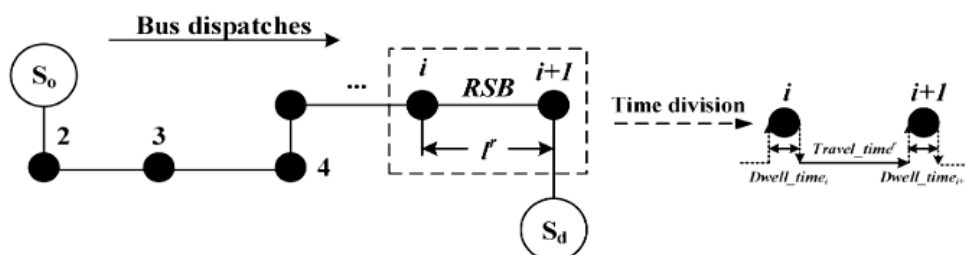


Рис. 1. Схема автобусного маршруту:  $S_0$ ,  $S_a$  – кінцеві автобусні зупинки автобусної лінії,  $i$  – індекс автобусних зупинок;  $RSB$  – один відрізок дороги між сусідніми зупинками автобусної лінії;  $l$  – довжина  $RSB$ .

Іноді на розташування станцій для різних класів ТЗ впливає зона збору пасажирів. Ефективна маршрутизація може мінімізувати кількість маршрутів, які повинні закінчуватися в центральних районах з напруженим транспортом, тоді як ефективне планування та

регулювання виїздів може мінімізувати тривалість очікування ТЗ. За умови відсутності надмірної пропускну здатності в системі, в центральному пункті терміналу в будь-який час потрібно чекати не більше двох-трьох ТЗ на будь-якому одному маршруті, щоб звести до мінімуму порушення графіку руху.

Розташування станцій визначається насамперед наявністю місць, і в результаті вони часто перебувають у невідповідних місцях, створюючи незручності пасажиром, які ними користуються, та збільшуючи експлуатаційні витрати ТЗ за рахунок збільшення пройденої відстані.

Якщо є єдиний центральний автовокзал, це зручно для пасажирів, які обмінюються маршрутами. Однак, якщо автобусів дуже багато, один термінал може бути недоцільним, вимагаючи дуже великої площі землі та створюючи затори як на самій станції, так і на навколишніх вулицях.

Затори у міському транспорті стали критичною проблемою, яка не лише впливає на повсякденне життя мешканців через втрату часу, але й обмежує стабільний розвиток міста [3,4].

Там, де є кілька центральних терміналів, зазвичай є різні термінали, що обслуговують різні групи маршрутів або пунктів призначення. Кожен термінал в ідеалі повинен бути розташований недалеко від коридору, який обслуговує його група маршрутів. Це мінімізує кількість автобусів, які перетинають центральну зону, і зменшує завантаженість транспорту, спричинену автобусами. Ефективна оцінка завантаженості міського транспорту є першим кроком до підвищення надійності подорожі для пасажирів та вирішення проблеми перевантаження міського руху [5]. Проведено багато досліджень з метою вивчення заторів на дорогах з використанням плаваючих даних про автомобілі з різних аспектів, включаючи оцінку заторів, прогнозування заторів та розповсюдження потоку руху [6-8].

Незважаючи на те, що перевезення міських автобусів часто серйозно утруднені через затори, самі автобуси також можуть сприяти заторам у місті. Зокрема, автобусні термінали в центрі міста можуть спричинити серйозні затори через концентрацію автобусів, що прибувають і відправляються. Особливо це стосується тих випадків, коли автобуси завантажуються біля узбіччя, а не на автобусних станціях.

Більшість попередніх досліджень, як правило, трактували відстань між зупинками як постійну змінну, припускаючи, що зупинки можуть бути розташовані де завгодно на транспортних маршрутах.

Одним із шляхів оптимізації [10] є інтервал автобусної зупинки за допомогою архівованих даних про рівень автобусної зупинки на основі мінімізації вартості доступу та вартості поїзди. Для підвищення надійності обслуговування автобусного сполучення було сформульовано [11] математичну модель для оптимізації проблеми розташування зупинки автобуса. Запропоновано низку способів, включаючи швидкість ходьби, привабливість шляху доступу та затримку прискорення, що призведе до оптимального розміщення зупинки.

Додаткові переваги цього типу операцій полягають у тому, що використання даних траєкторії руху ТЗ може бути покращено за рахунок зменшення кількості разів, коли автобус повинен повертати. Додаткові посилення також надаються пасажиром, які подорожують ними через центр міста.

Потенційним недоліком є нерегулярність послуг, спричинена усуненням можливості компенсувати затримки руху шляхом регулювання тривалості перебування у центральних пунктах терміналу. Хоча такі затримки можуть бути зменшені завдяки мінімізації заторів, спричинених ТЗ.

Дані траєкторії руху ТЗ – це набір даних, що описує рух ТЗ, включаючи точки розташування у часовій послідовності:  $id_i, x_i, y_i, t_i, spe_i, dir_i$ , де  $1 \leq i < k$ ,  $id_i$  – унікальний код для автобуса,  $t_i$  – відмітка часу,  $(x_i; y_i)$  – координати широти та довготи,  $spe_i$  – швидкість руху ТЗ,  $dir_i$  – напрямок руху.

Тривалість перебування в автобусі на зупинці і визначається як час, витрачений на висадку та посадку пасажирів. тривалість перебування автобуса має велике значення для

оцінки пропускної здатності автостанції, а також виявлено, що це залежить від того, наскільки перевантажена платформа на автобусних зупинках [12]. Тривалість перебування в автобусі та тривалість у дорозі між сусідніми зупинками  $i$  та  $i + 1$  були оцінені за допомогою моделі оцінки швидкості руху автобуса в режимі реального часу на основі даних GPS автобуса [13].

Середня швидкість руху ( $V_{срpx}^r$ ) описує стан потоку руху на основі середньої швидкості кожного автобуса в RSB, який можна обчислити, використовуючи дані траєкторії руху ТЗ.  $V_{срpx}^r$  RSB  $r$  в інтервалі часу  $t$  можна обчислити наступним чином:

$$V_{срpx}^r = \frac{spe_1 + spe_2 + \dots + spe_n}{n}, \quad (1)$$

де  $spe_n$  – середня швидкість руху кожного автобуса в RSB  $r$  в інтервалі часу  $t$ ,  $n$  – кількість автобусів.

Ефективність поїздки (ЕП) використовується для відображення витрат пасажирів на тривалість подорожі RSB (час, витрачений пасажиром на подорож від однієї зупинки до сусідньої зупинки). Розрахунок ЕП RSB  $r$  в інтервалі часу  $t$  показано наступним чином:

$$EP^r = \frac{l^r}{T_{px}^r}. \quad (2)$$

Результати кластеризації показують, що SOM (карта збору інформації) може належним чином відображати характеристики руху та оцінювати завантаженість трафіку RSB. Щодо обмежень таких досліджень, методологія може бути застосована лише в містах з домінуючим видом транспорту.

## Література

1. Ibarra-Rojas, O.J.; Delgado, F.; Giesen, R.; Muñoz, J.C. *Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. Transport. Res. B-Meth.* 2015, 77, 38–75.
2. Liu, X.; Yang, Y.; Meng, M.; Rau, A. *Impact of Different Bus Stop Designs on Bus Operating Time Components. J. Public. Transport.* 2017, 20, 104–118.
3. Chen, B.Y.; Lam, W.H.K.; Sumalee, A.; Li, Q.; Li, Z. *Vulnerability analysis for large-scale and congested road networks with demand uncertainty. Transport. Res. A-Pol.* 2012, 46, 501–516.
4. Zheng, Y.; Capra, L.; Wolfson, O.; Yang, H. *Urban Computing: Concepts, Methodologies, and Applications. ACM Trans. Intell. Syst. Technol.* 2014, 5, 1–55.
5. Yang, Y.; Xu, Y.; Han, J.; Wang, E.; Chen, W.; Yue, L. *Efficient traffic congestion estimation using multiple spatio-temporal properties. Neurocomputing* 2017, 267, 344–353.
6. An, S.; Yang, H.; Wang, J. *Revealing Recurrent Urban Congestion Evolution Patterns with Taxi Trajectories. ISPRS Int. J. Geo.-Inf.* 2018, 7, 128.
7. Jenelius, E.; Koutsopoulos, H.N. *Travel time estimation for urban road networks using low frequency probe vehicle data. Transport. Res. B-Meth.* 2013, 53, 64–81.
8. Wang, Y.; Cao, J.; Li, W.; Gu, T.; Shi, W. *Exploring traffic congestion correlation from multiple data sources. Pervasive. Mob. Comput.* 2017, 41, 470–483.
9. Ceder, A.A.; Butcher, M.; Wang, L. *Optimization of bus stop placement for routes on uneven topography. Transport. Res. B-Meth.* 2015, 74, 40–61.
10. Li, H.; Bertini, R.L. *Assessing a Model for Optimal Bus Stop Spacing with High-Resolution Archived Stop-Level Data. Transport. Res. Rec.* 2009, 2111, 24–32.
11. Chien, S.I.; Qin, Z. *Optimization of bus stop locations for improving transit accessibility. Transport. Plan Techn.* 2004, 27, 211–227.
12. Tirachini, A. *Bus dwell time: The effect of different fare collection systems, bus floor level and age of passengers. Transp. A* 2013, 9, 28–49.
13. Weng, J.; Wang, C.; Huang, H.; Wang, Y.; Zhang, L. *Real-time bus travel speed estimation model based on bus GPS data. Adv. Mech. Eng.* 2016, 8, 756467438.