

# **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*Розглянуто методи розрахунку маршрутних мереж без застосування комп'ютерних потужностей, використання системного аналізу із застосуванням спрощених моделей розподілу пасажиропотоків маршрутною мережею та стандарти транспортного обслуговування. Запропоновано використовувати систему підтримки прийняття рішень, яка дає можливість проводити вибір серед рішень в деяких неструктурованих та слабо структурованих задачах.*

**Ключові слова:** пасажирський транспорт, маршрутна мережа, система підтримки прийняття рішень.

## **Abstract**

*Methods of calculation of route networks without using computer facilities, use of system analysis with application of simplified models of distribution of passenger traffic by route network and standards of transport services are considered. It is proposed to use a decision support system that allows choices among decisions in some unstructured and weakly structured tasks.*

**Keywords:** passenger transport, route network, decision support system.

## **Вступ**

Основне призначення міського пасажирського транспорту – перевезення пасажирів. Процеси урбанізації в Україні, швидкі темпи зростання населення, особливо у великих містах, потребують постійного розвитку міського транспорту. Від ефективності його роботи значною мірою залежать ритмічність функціонування всього господарського комплексу країни, узгодженість і взаємодія магістральних транспортних ліній. Зростання масштабів перевезень, енергетична криза, екологічні проблеми призводять до постійної структурної перебудови міського транспорту.

В організації стабільної роботи міського пасажирського транспорту загального користування чільне місце посідає розв'язання задачі маршрутизації, оскільки за його допомогою створюється база можливих варіантів, і на її основі приймаються наступні, детальніші рішення, які стосуються роботи міського транспорту. Аналіз багатьох робіт, що присвячені дослідженню маршрутних мереж, показує, що задача розробки нової схеми маршрутів полягає у тому, щоб визначити провізні можливості маршрутів та раціонально сформувані траси, при використанні яких критерій ефективності досягне оптимального значення.

## **Результати дослідження**

В якості найпростіших інструментів маршрутизації використовують методи, розроблені для розрахунку маршрутних мереж без застосування комп'ютерних потужностей. До них належать найбільш ранні розробки [1], а також ряд проведених останнім часом робіт, виконаних у період комп'ютеризації [2]. В аналітичних методах під час основного розрахунку береться до уваги досвід транспортних працівників, а також використовується системний аналіз із застосуванням спрощених моделей розподілу пасажиропотоків маршрутною мережею та стандарти транспортного обслуговування.

Однак застосування цих методів на практиці обмежене малою кількістю альтернатив, які можна розглядати при розв'язанні задачі. Шляхом використання засобів реалізованої на ЕОМ інтерактивної графіки можливості аналітичних методів значно розширюються [3]. Таким чином, можливості проектувальника суттєво зростають, однак через відсутність формальних вказівок стосовно вибору раціональної маршрутної мережі одержання результатів, придатних для практичної реалізації,

виявилось неможливим. Однак таке спрощення не відповідає дійсності і призводить до мимовільного зсуву маршрутів, що проектуються, до вже існуючих маршрутних мереж, які потребують реформування.

Найрадикальніший зі способів усунути недоліки, притаманні аналітичним методам, – це використання суворих математичних методів розв'язання екстремальних задач для досягнення максимального або мінімального значення функціоналу, який виступає в ролі цільової функції.

Всі процедури оцінки та формування маршрутних мереж значно обмежуються обов'язковим спрощенням існуючих в реальному транспортному процесі складних явищ стохастичного характеру та точністю вихідної інформації. Отже, навіть процедури математичної оптимізації дозволяють лише отримувати вказівки на шляхи вдосконалення маршрутів, і евристичні способи цілком придатні для того, щоб з їхньою допомогою отримувати саме такі вказівки. Саме з цієї причини евристичні алгоритми формування маршрутних мереж отримали найбільшого розвитку в нашій країні та за кордоном.

Відлік розробці вченими СРСР евристичних алгоритмів маршрутизації поклав метод, відомий як "метод НДІАТ", що був запропонований у 1963 році Б. Геронімусом, В. Паршиковим та А. Єгоровою і згодом набув найбільшого розповсюдження [5].

Свій подальший розвиток ця методика отримала в роботі [6] та низці інших, а також була широко застосована при розробці маршрутизації в малих російських містах. Основні риси даної роботи – жорсткий алгоритм пошуку раціональних варіантів маршрутних мереж, незаперечна перевага найкоротшого шляху пересування пасажирів та використання топологічної схеми в якості моделі маршрутної мережі.

Наступним етапом на шляху розвитку методів розробки і вдосконалення маршрутних мереж стала робота [7]. В ній розв'язання задачі маршрутизації розглядається з точки зору підвищення економічної ефективності роботи міського пасажирського транспорту.

В результаті спроб застосування різноманітних математичних моделей до вирішення задачі маршрутизації була отримана наступна група методів, які детально описані в роботі [8]. Вони мають багато спільних рис з іншими евристичними алгоритмами з позиції підходу до моделювання транспортної системи.

В роботі [9] також розглядається проблема маршрутизації, але тут вона носить постановочний характер і тому не знайшла свого відображення серед існуючих методик формування маршрутних мереж міського пасажирського транспорту.

З точки зору можливості формування маршрутів у найбільших містах найбільший інтерес становлять більш пізні роботи [10], оскільки вони відповідають основним вимогам, які висувуються до максимальних розмірностей задачі, в них розглянуті питання підвищення ефективності маршрутної системи міського пасажирського транспорту з урахуванням всіх видів громадського пасажирського транспорту, наявних в заданому місті.

Питання організації роботи автобусних маршрутів в межах заданої маршрутної мережі на прикладі м. Кривий Ріг розглядаються в роботі [11]. Критерій якості міських автобусних перевезень, запропонований у роботі, представляє для спеціалістів галузі певний науковий інтерес.

В огляді методів маршрутизації, які розроблені за межами колишнього СРСР, наявні також роботи, які були виконані у Сполучених Штатах [13], та роботи західноєвропейських вчених [14], що загалом мають вельми незначні відмінності від вище перерахованих підходів до вирішення різноманітних завдань, які розв'язуються в межах задачі маршрутизації.

Інше питання, яке не знайшло задовільного відображення в згаданих роботах, – метод вибору раціональної сукупності маршрутів та його обґрунтування. Систематичні процедури, що приводять до визначення раціональної, з точки зору їхніх авторів, маршрутної мережі, складають більшу частину пропонованих варіантів. На жаль, в роботах не надається переконливих аргументів на користь будь-якої з описаних процедур, і тому є необхідним проведення більш детального аналізу методів вибору раціонального варіанту маршрутної мережі.

Таким чином, вітчизняні і зарубіжні підходи до формування маршрутної мережі можна вважати ідентичними, за виключенням питань перевезень пасажирів індивідуальними автомобілями, виходячи з різної кількості приватних автомобілів.

За кордоном розроблено цілий ряд програмних комплексів, за допомогою яких можна формувати маршрутну мережу. До найпоширеніших програмних продуктів відносяться VIPS (Швеція, Volvo Group), ЕММЕ/2 (STAN, ENIF, Dynameq, Канада) [15-18] і VISUM (Германія) [21], а також інших

менш значущих (TRANUS - система управління і розрахунку транспортних мереж [19-20]. Всі вони володіють розвинутим інтерфейсом, і дозволяють працювати з достатньо різноманітними і складними маршрутними мережами.

Проведений аналіз свідчить, що на даний момент не існує такої методики, за якою б з достатньою достовірністю можна змоделювати маршрутну мережу з урахуванням поточного і перспективного попиту різних груп пасажирів міст України в ринкових умовах функціонування міських пасажирських транспортних систем.

Більшість вітчизняних розробок є незакінченими і здебільшого не враховують сучасний стан міських пасажирських транспортних систем та тенденції його зміни.

Зарубіжні розробки побічно враховують витрати при виборі пасажиром шляху переміщення і транспортного засобу, але їх не можна адекватно переносити на транспортну ситуацію в містах України, оскільки вони базуються на застосуванні розкладу і не враховують ймовірнісний підхід до пасажирських перевезень.

Найбільш ефективним способом одержання раціонального варіанта маршрутної мережі є евристичні алгоритми, з активною участю проектувальника в процедурі формування раціонального набору маршрутів.

Це обумовлено тим, що навіть самі досконалі математичні моделі функціонування маршрутної мережі не в змозі відбити всі сторони і наслідки роботи маршрутного транспорту в містах. Спроби створити досконалу модель маршрутизації в даний час не є перспективними, оскільки настроювання настільки точної моделі для одержання конкретного рішення вимагає значних матеріальних витрат і за часом порівнянне з тривалістю циклів природної зміни основних характеристик транспортного процесу. Тому основним завданням математичної моделі в даний час варто вважати точний розрахунок транспортних характеристик роботи маршрутів і пересувань пасажирів для заданого варіанта маршрутної мережі, котрий є складовою частиною всіх алгоритмів маршрутизації.

Вибір того або іншого варіанта маршрутної мережі як раціонального рішення задачі маршрутизації варто залишати за проектувальником, який має можливість оцінити невраховані в моделі фактори і запропонувати варіанти рішень з урахуванням особливостей конкретного міста. Основним недоліком інтерактивних алгоритмів вважається тяжіння отриманих у такий спосіб рішень до діючого варіанту маршрутної мережі. Однак, ця тенденція цілком обумовлена прагненням до одержання практично придатного варіанта рішення. У той же час за допомогою проектувальника нестандартні варіанти можуть бути отримані навпаки швидше, ніж за допомогою жорстко заданого алгоритму вибору раціонального варіанта маршрутної мережі. Проектувальнику потрібно лише задатися відповідною метою і будуть отримані результати, що володіють не тільки практичною цінністю а й науковою.

У цьому контексті досить актуальним є використання сучасних систем підтримки прийняття рішень [22].

Системою підтримки прийняття рішень називають комп'ютеризовану систему, яка має можливість збирати та аналізувати велику кількість інформації та при застосуванні в бізнесі або підприємстві впливати на процес прийняття управлінських рішень.

Сучасні системи підтримки прийняття рішень були створені в результаті взаємодії управлінських інформаційних систем та систем управління базами даних. Вони виявились максимально пристосованими до розв'язання задач повсякденної управлінської діяльності, і на даний час є ефективним допоміжним інструментом для тих, хто приймає рішення або робить вибір. Система підтримки прийняття рішень дає можливість проводити вибір серед рішень в деяких неструктурованих та слабо структурованих задачах, враховуючи і ті, що мають багато критеріїв.

Подібна необхідність використання системи підтримки прийняття рішень виникає, зокрема, коли потрібно обрати найкращу альтернативу серед множини не існуючих реально, а згенерованих штучно пропозицій. При формуванні маршрутної мережі міського пасажирського транспорту також постає задача вибору найкращого варіанту серед великої кількості віртуальних можливостей, і саме завдяки системі підтримки прийняття рішень можна визначити найкращий із запропонованих варіант для втілення його в життя.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Самойлов Д.С. Принципы построения и координации маршрутов городского пассажирского транспорта / Д.С. Самойлов. - М.: ОНТИ АКХ им. К.Д. Памфилова, 1959, 74 с.
2. Акулова А.Я. Совершенствование маршрутной системы массового пассажирского транспорта. - В кн.: Комплексное развитие автомобильного транспорта крупных городов на примере г. Москвы. / Акулова А.Я., Ниедолс И.Р. - М., 1985, с. 82 - 83.
3. Rapp M. Transfer Optimisation in an Interactive Graphics System for Transit Planning. In Highway Research Record 619, HRB, National Research Council / Rapp M., Gehner C.D. - Washington, D.C., 1976, pp. 27 - 33.
4. Rapp M. Transit System Planning: A Man-Computer Interactive Graphic Approach. In Highway Research Record 415, HRB, National Research Council / Rapp M. - Washington, D.C., 1972, pp. 49 - 61.
5. Hasselstroem D. Public transportation Planning: A Mathematical Programming Approach, Department of Business Administration / Hasselstroem D. - University of Gothenburg, Sweden, 1981.
6. Геронимус Б.А. Математическая методика определения схемы автобусных маршрутов в городах. - В кн.: Использование ЭВМ при организации автобусного сообщения в городах. / Геронимус Б.А., Егорова А.В., Паршиков В.В. - М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1965, с. 43-79.
7. Антошвили М.Е. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ / Антошвили М.Е., Варелопуло Г.А., Хрущев М.В. - М.: Транспорт, 1974, 103 с.
8. Вейцман В.М. Задачи по пассажирским перевозкам решает ЭВМ. / Вейцман В.М., Пережогин А.В. - Автомобильный транспорт, 1985, - 9, с. 12 - 14.
9. Хрущев М.В. Совершенствование методов организации перевозок пассажиров автобусами в городах. Дис... канд. эконом. наук. - М., 1970, 203 с.
10. Макаров И.П. Модели проектирования сети маршрутов городского пассажирского транспорта. - В кн.: Моделирование процессов управления транспортными системами / Макаров И.П., Яворский В.В. - Владивосток, 1977, с. 92-95.
11. Крейсман Е.А. Удосконалення методики організації автобусних перевезень в транспортній системі міст: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.01/Націон. трансп. унів. - К., 2002, 24 с.
12. Hsu J. Decomposition Approach to Bus Network Design. Transportation Engineering Journal of the ASCE / Hsu J. and Surti V.H. - Vol. 103, 1977, pp. 447 - 459.
13. Sonntag H. Ein heuristisches Verfahren zum Entwurf nachfrage orientierter Linienführung im öffentlichen Personennahverkehr / Sonntag H. - Vol. 23, 1979, pp. B15 - B23.
14. Горбачев П.Ф. Основы теории транспортных систем / Горбачев П.Ф., Дмитриев И.А. – Харьков: Изд-во ХНАДУ. – 200 с.
15. Програнный комплекс Index [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inro.ca/en/index.php> INRO.
16. Програнный комплекс Dynameq [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inro.ca/en/products/dynameq/index.php> INRO Dynameq.
17. Програнный комплекс Emme 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inro.ca/en/products/emme2/index.php> INRO EMME/2.
18. Програнный комплекс Enif [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inro.ca/en/products/enif/index.php> INRO Enif.
19. Програнный комплекс Dualg [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.modelistica.com/papers/dualg/dualg.htm> Dual Graph Representation of Transport Networks. - 1994.
20. Програнный комплекс Tranus [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.modelistica.com/tranus/tranus2.htm> TRANUS Транспортные модели.
21. Програнный комплекс Visum [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.visum.de> VISUM.
22. Біліченко В.В. Система підтримки прийняття рішень по вдосконаленню маршрутної мережі міських пасажирських перевезень / В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, Н.О. Біліченко // Збірник наукових праць за матеріалами VII-ї Міжнародної науково-практичної конференції, Северодонецьк-Одеса, 26-28 квітня 2017р. – Северодонецьк: вид-во Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2017. – С. 5-9.

**Біличенко Віктор Вікторович** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bilichenko.v@gmail.com;

**Коробов Сергій Сергійович** – аспірант кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dabl-s@ukr.net

**Bilichenko Victor V.** – Dr. Sc. , Professor, Head of Car and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bilichenko.v@gmail.com;

**Korobov Serhii S.** – graduate student of cars and transport management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dabl-s@ukr.net