

МЕТОД ФРАКТАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКА НАКЛАДАННЯ МАРШРУТНИХ СХЕМ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Робота присвячена розробці ефективних методів оптимізації міських пасажирських перевезень. Аналіз літературних джерел показав, що, як правило, удосконалення транспортного обслуговування у містах здійснюється шляхом використання певних математичних моделей. Будь-яка математична модель, у тому числі і функціонування транспортної мережі, ґрунтується на великому багатокomпонентному об'ємі початкових даних, отримання яких пов'язане з проблемами статистичних досліджень, із ситуацією у місті, яка швидко і динамічно змінюється, а значить робить подібні вихідні дані з часом неактуальними і застарілими.

Саме це і є основною проблемою для створення транспортних моделей великих міст. До подібних, необхідних для повноцінного моделювання, даних відносяться: диференціювання по районах міста чисельності населення, число місць для праці та їх розташування, рекреаційний потенціал, середній час пересування жителів і таке інше. На відміну від завдань організації дорожнього руху, де використовуються, в основному, імітаційні моделі руху транспорту, в транспортному плануванні застосовуються прогнозні моделі, які ґрунтуються на макроскопічних параметрах, що описують транспортний потік. У цих моделях параметрами є: швидкість транспортного потоку, інтенсивність транспортного потоку, інтенсивність пасажиропотоків. Таким чином, основою прогнозного моделювання міських транспортних систем стає завдання оптимальної реалізації пасажирських транспортних кореспонденцій.

Очевидно, що збір початкових даних складає найбільш трудомісткий і тривалий за часом етап при побудові або удосконаленні транспортних моделей. У свою чергу, запропонована у роботі ефективна методика побудови транспортних моделей за геометричними параметрами накладання маршрутних схем вирішує задачу визначення міри відповідності існуючого транспортного попиту наявній транспортній пропозиції.

У роботі пропонується дієвий метод динамічного удосконалення міської пасажирської транспортної мережі, в основу якого покладено зв'язок класичного коефіцієнта накладання пасажиропотоків із способами геометричного представлення та фрактальної оцінки накладання існуючих маршрутних схем пересування ТЗ (на прикладі тролейбусної мережі м. Луцька). Проаналізовано основні особливості функціонування міських пасажирських перевезень та досліджено вплив характеристик транспортних систем на визначення ступеня накладання маршрутних схем. Розроблено метод 3-D представлення та автоматизованого зонування міських тролейбусних маршрутів. Запропоновано спосіб фрактальної оцінки ступеня накладання маршрутів для визначених зон та шляхи удосконалення транспортної роботи ТЗ на маршрутах у різні часові періоди доби. Запропоновано підходи до влаштування динамічного резервування тролейбусів на маршрутах, яке забезпечить ефективну видозміну маршрутних схем, оперативне коригування розкладу руху тролейбусів по мережі, нормативів часу на виконання рейсів, систем організації праці водіїв, комбінованого режиму руху тролейбусів.

Ключові слова: оптимізація, пасажирські перевезення, маршрутна схема, 3-D представлення, автоматизоване зонування, накладання маршрутів, фрактальна оцінка, динамічне резервування.

ВСТУП

Для забезпечення найбільш ефективного транспортного обслуговування населення і організації дорожнього руху, необхідно щоб транспортна система адекватно відповідала потребам міста. Існує два шляхи удосконалення такої ефективності: збільшення пропускної здатності транспортної мережі міста і раціональне використання існуючої мережі [4].

Перше рішення пов'язане із суттєвими матеріальними витратами територіальних громад на реконструкцію транспортних вузлів і магістралей. Другий напрям - раціоналізація використання існуючих транспортних систем та оптимізація процесів перерозподілу навантажень на транспортну мережу, що є найбільш ефективним підходом для забезпечення транспортної доступності у більшості міст держави.

Враховуючи низку екологічних, економічних та соціальних показників, все більше у великих і середніх містах України для пасажирських перевезень населення використовується такий вид транспорту як тролейбуси [5].

З іншого боку, так історично складалося, що нерідко центральна частина будь-якого міста, і в тому числі м. Луцька, могла надавати транспортному комплексу не більше 10-15% своєї території. Тобто, для центральних районів міст ставав проблематичним розвиток нових транспортних мереж, стоянок, зупинок, пішохідних підходів і систем транспортного сервісу. Наприклад, нині рух у бік центру Луцька і від нього, у години пік, є одним із самих напружених.

Саме побудова надійної та ефективної тролейбусної мережі у місті, на наш погляд, дозволить збільшити рівень транспортної доступності, понизити рівень транспортної дискримінації населення, збільшити транспортну рухливість населення і поліпшити інші показники, що характеризують ефективну роботу всього громадського транспорту в місті.

Одним із методів удосконалення транспортної роботи на найбільш завантажених напрямках руху можуть стати заходи по регулюванню як напрямів руху тролейбусів, їх пасажиромісткості, так і кількості одиниць ТЗ на лінії у певні періоди доби.

Тому розробка підходів до удосконалення пасажирських перевезень у місті за рахунок оптимізації мережі існуючих маршрутів є актуальним завданням для спеціалістів, що працюють у галузі транспортних систем.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Більшість літературних джерел вказують на те, що, як правило, удосконалення транспортного обслуговування у містах здійснюється шляхом використання певних математичних моделей. Будь-яка математична модель, у тому числі і функціонування транспортної мережі, ґрунтується на великому багатоконпонентному об'ємі початкових даних, отримання яких пов'язане з проблемами статистичних досліджень, із ситуацією у місті, яка швидко і динамічно змінюється, а значить робить подібні вихідні дані з часом неактуальними і застарілими [1,2].

Саме це і є основною проблемою для створення транспортних моделей великих міст. До подібних, необхідних для повноцінного моделювання даних, як правило, відносяться: диференціювання по районах міста чисельності населення, число місць для праці та їх розташування, рекреаційний потенціал, середній час пересування жителів і таке ін. Очевидно, що збір початкових даних складає найбільш трудомісткий і тривалий за часом етап при побудові або удосконаленні транспортних моделей [7].

При цьому необхідна відповідна формалізація параметрів, використовуваних аналітичних показників, що характеризують існуючий стан дорожньо-транспортного комплексу. Вона є першим етапом у створенні транспортної моделі міста, тобто - створенні транспортної пропозиції. Наступним етапом моделювання є розрахунок транспортного попиту, що є не менш важливим і трудомістким у математичному моделюванні завданням.

Подібне моделювання, в першу чергу, має бути пов'язане із визначенням критерійної системи оцінки ефективності функціонування транспортних систем. Слід зазначити, що саме поняття «транспортна система» досить складно формалізується у сучасній науковій літературі. До того ж представлення транспортної системи як природно-технічної системи відразу ж переводить завдання постановки критеріїв ефективності її функціонування у площину взаємодії учасників дорожнього руху і довкілля, що, в ситуації необхідного рівноправ'я цих компонентів системи, робить її значно складнішою [3].

У науковій літературі до недавнього часу поняття «якість транспорту», «ефективність транспорту» були віднесені виключно до окремих складових транспортних систем і їх функціонування [5]. Також оцінювалася ефективність окремих заходів, інновацій в області систем транспорту, рідше роботи були присвячені конкретним заходам із організації дорожнього руху.

На відміну від завдань організації дорожнього руху, де використовуються, в основному, імітаційні моделі руху транспорту, в транспортному плануванні використовуються прогнозні моделі, які ґрунтуються на макроскопічних параметрах, що описують транспортний потік. У цих моделях параметрами є: швидкість транспортного потоку, інтенсивність транспортного потоку, інтенсивність пасажиропотоків. Таким чином, основою прогнозного моделювання міських транспортних систем стає завдання реалізації пасажирських транспортних кореспонденцій [6,15].

Як зазначалося вище, збір початкових даних є найбільш трудомістким і тривалим за часом етапом при побудові транспортних моделей. У свою чергу, ефективна якісна алгоритмізація побудови транспортних моделей вирішує задачу визначення міри відповідності існуючого транспортного попиту наявній транспортній пропозиції. Тобто, основним призначенням створюваних моделей є підтримання базових параметрів пасажиропотоків на маршрутах міст.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою даної роботи є - аналіз існуючої транспортної мережі міста на предмет накладання окремих маршрутів руху громадського пасажирського транспорту, розробка ефективних способів фіксації параметрів накладання маршрутів за рахунок їх 3-D представлення, розробка способів автоматизованого зонування маршрутних схем та фрактальної оцінки ступеня накладання маршрутів у визначених зонах, вироблення практичних рекомендацій що до удосконалення роботи транспортної

системи для пасажирських перевезень (на прикладі удосконалення тролейбусних маршрутів у м. Луцьк).

Для досягнення поставленої мети слід вирішити наступні задачі:

1. Дослідити вплив характеристик транспортних систем на визначення ступеня накладання маршрутних схем для пасажирських перевезень.
2. Розробити ефективний метод наочного представлення міських тролейбусних маршрутів та автоматизованого зонування маршрутних схем для оптимізації їх транспортної роботи у місті.
3. Розробити методіку фрактальної оцінки накладання маршрутів у визначених зонах руху громадського пасажирського транспорту та рекомендації що до удосконалення роботи ТЗ на маршрутах у різні часові періоди доби.
4. Запропонувати підходи до організації динамічного управління тролейбусами на маршрутах, оперативного коригування розкладу руху тролейбусів по мережі, видозміни маршрутних схем, нормативів часу на виконання рейсів, введення комбінованого режиму руху тролейбусів.

Об'єкт дослідження - процес організації пасажирських перевезень міським громадським транспортом.

Предмет дослідження – способи удосконалення розподілу ТЗ для роботи на міській тролейбусній мережі.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Однією із основних проблем розвитку системи міського пасажирського транспорту для перевезення пасажирів, яка негативно впливає на її подальший розвиток і організацію, являється низька транспортна доступність. Показник загальної транспортної доступності характеризує якість міської транспортної інфраструктури [6,7]. Це виражається у витратах часу на поїздку і рівні зручності використання громадського транспорту в необхідний час.

Витрати часу на поїздку включають час відходу/підходу від/до зупинки, час очікування, час пересування і пересадки. Система міського пасажирського транспорту тільки тоді може вважатися такою, що успішно функціонує, коли можливе переміщення у будь-який пункт призначення за нормативний час. При цьому величина транспортної доступності населення визначатиметься співвідношенням часу, що фактично витрачається на переміщення, до нормативного часу поїздки.

Наприклад, за даними програми розвитку м. Луцьк, нормативний час пересування для досягнення зразкової якості обслуговування не повинен перевищувати 25-35 хвилин. Проте, як показує практика, цей показник на деяких напрямках може перевищувати нормативний показник в 1,5 рази, особливо у години пік.

При цьому варто відмітити нерівномірний розподіл щільності маршрутної мережі в різних районах нашого міста. Щільність маршрутної мережі є одним із основних показників, що впливають на транспортну доступність. Також цей показник, разом із пропускнуою здатністю, є основною характеристикою міської транспортної мережі. Щільність маршрутної мережі визначають як співвідношення сумарної протяжності вулиць і доріг, по яких проходять маршрути автомобільного транспорту, до площі забудованої частини міста [14]. При цьому відзначається [8], що згідно із нормативами існуюча щільність транспортної міської мережі повинна забезпечувати час підходу пасажира до зупинок у межах 5 хвилин.

Основою системи міського громадського пасажирського транспорту м. Луцька є автобуси середньої місткості і тролейбуси. Активне застосування на вулицях міста Луцька, все для більшої кількості маршрутів, великогабаритних тролейбусів призводить до зниження швидкості руху, збільшення часу на здійснення одного рейсу.

Вплив попутного дорожнього руху на експлуатаційну швидкість тролейбусів проявляється у вигляді випадкових перешкод від пішоходів і маневрів попутного автомобільного транспорту, а також обгонів тихохідних і нерухомих транспортних засобів. Швидкість руху транспортної одиниці при цьому змінюється у двох аспектах. З одного боку, поява перешкоди призводить до одномоментного зниження швидкості. З іншого боку, в результаті збільшення числа перешкод, що відповідає більшій інтенсивності попутного вуличного руху, водій тролейбуса рухається по перегону обережно та з істотно меншою середньою швидкістю. З позиції пасажира, одночасно, можна спостерігати збільшення часу, що витрачається на проїзд до пункту призначення.

Як показує статистика, у м. Луцьку (2010-2019р.) відбувся певний перерозподіл пасажиропотоку по видах транспорту. Є тренд на зростання частки перевезень пасажирів тролейбусами у загальному об'ємі міських перевезень, яке можна пояснити певним оновленням парку рухомого складу, збільшенням наповнюваності салонів тролейбусів та удосконаленням методів контролю наповненості,

оптимізацією маршрутної мережі, підвищенням якості обслуговування пасажирів на маршруті за рахунок запровадження системи оплати за проїзд через валідатор.

З іншого боку, прагнення до підтримки високої наповнюваності рухомого складу також знижує швидкість руху за рахунок так званого людського чинника: психологічна відповідальність за безпеку більшого числа пасажирів, що перевозяться, змушує водія тролейбуса вибирати швидкість меншу відносно допустимої швидкості за умовами руху і динамічними можливостями транспорту.

Це, в свою чергу, нерідко призводить до утворення заторів на дорогах і перехрестях міста, збільшення часу поїздки, що впливає як на економічні показники роботи системи міського пасажирського транспорту, так і на психологічний і екологічний аспект цієї проблеми. Внаслідок того, що тролейбуси виявляються учасниками так званих дорожніх «пробок», знижується регулярність рейсів, надійність перевезень, час руху по маршруту інколи стає непередбачуваним. Крім того, тривале знаходження у дорожньому заторі сприяє накопиченню, так званої, транспортної втоми як у пасажирів, так і у водіїв транспортних засобів. Зрештою це може привести до зниження уваги і зменшення рівня безпеки руху.

Вище наведені проблеми функціонування міського пасажирського транспорту у м. Луцьку і, особливо тролейбусних маршрутів, вимагають комплексного підходу до їх вирішення. Адже саме тролейбусні маршрути мають важливе соціальне значення, задовольняють потребу населення міста в переміщеннях у межах обумовленої території при мінімальних витратах часу, за мінімальну ціну, при певній мірі комфорту.

Побудова та підтримка функціонування надійної та ефективної тролейбусної мережі у місті дозволить збільшити рівень транспортної доступності, понизити рівень транспортної дискримінації населення, збільшити транспортну рухливість пасажирів і поліпшити інші показники, що характеризують ефективну роботу всього громадського транспорту в місті.

Одним із методів удосконалення транспортної роботи на найбільш завантажених напрямках руху можуть стати заходи по регулюванню як напрямів руху тролейбусів, так і їх пасажиромісткості та кількості одиниць на лінії у певні періоди доби. Наприклад, за рахунок призначення додаткових кільцевих маршрутів суттєво може покращитись ефективність використання тролейбусів у місті. А динамічне регулювання напрямку руху тролейбусних потоків в години пік може частково понизити напруженість на завантажених ділянках, запобігаючи утворенню «заторових» ситуацій.

Оцінюючи перспективу тих або інших напрямів подальшого розвитку громадського пасажирського транспорту у м. Луцьку, можна констатувати, що, передусім, потрібне знаходження консенсусу між інтересами споживачів транспортних послуг, що потребують певного рівня їх якості, міською владою (привабливість міста, екологічність транспорту, безпека на вулично-дорожній мережі і т.і.) і транспортними підприємствами, зацікавленими в зниженні власних витрат на перевезення.

У цьому сенсі, на наш погляд, є суттєві можливості для удосконалення тролейбусних маршрутів у Луцьку, підвищення рівня ефективної організації управління системою перевезень, орієнтації спеціалістів виконавчого комітету на зниження впливу негативних чинників функціонування системи пасажирських перевезень, облік інтересів підприємств всіх перевізників при підвищенні рівня якості транспортних послуг, що надаються.

Нами пропонується дієвий метод для динамічного удосконалення міської пасажирської транспортної мережі, в основі якого покладено зв'язок класичного коефіцієнта накладання пасажиропотоків із способами геометричного представлення накладання існуючих маршрутних схем пересування ТЗ (на прикладі тролейбусної мережі м. Луцька).

Станом на 15.02.20р. тролейбусна мережа м. Луцька включала 11 маршрутів різної протяжності і різної інтенсивності руху ТЗ (таблиця 1).

Зрозуміло, що наведені у таблиці маршрутні схеми руху тролейбусів накладаються на ряді ділянок вулично-дорожньої мережі міста, не говорячи вже за додаткове накладання ще й із маршрутами автобусів.

Аналіз показав, що можлива низка варіантів накладання маршрутних схем для різних маршрутів, які суттєво впливають на якість процесу перевезення пасажирів. Чим більша кількість загальних перегонів має декілька маршрутів, тим більше цей вид накладання позначатиметься при визначенні часу очікування ТЗ пасажиром. Ефективна фіксація варіантів накладання, дозволить коректніше розрахувати можливий час очікування. Особливо це важливо, якщо початкова зупинка є пасажиро-утворюючою, а кінцева – пасажиро-поглинаючою.

Однак, при звичайному представленні мережі маршрутів для руху тролейбусів, або всього громадського пасажирського транспорту в цілому у місті, не можливо оцінити всі накладання

маршрутів на окремих ділянках з метою вироблення рекомендацій що до удосконалення руху ТЗ на маршрутах, у різні часові періоди доби.

Таблиця 1

N маршруту	1	1A	2	2A	3	4	4A	5	12	15	15A
Назва маршруту	ЛПЗ-КРЗ	ЛПЗ-в. Гордіюк	ЛПЗ-КРЗ	ЛПЗ-в. Гордіюк	Гар.- Лісн.	ЖДВ- Вересневе	Вересневе -ЖДВ	КРЗ-Цег. завод	КРЗ-в.Володим ирська	ЦУМ-к.Луцьк	ЦУМ-к.Луцьк
Довжина L (км) маршруту	15.35	13.31	13.25	11.21	14.51	11.41	11.95	11.2	12.18	11.02	11.05
Інтервал руху t (хв) на маршруті	13-15	13-15	10-15	10-15	60	10	10	15	17	10-15	10-15
К-сть ТЗ на маршруті	6	6	6	6	1	5	5	5	5	4	4
Середній час T (хв) обороту	90	90	90	90	120	75	75	90	105	45	45

Тому у роботі пропонується 3-D представлення тролейбусної маршрутної мережі Луцька, аналіз якої, на наш погляд, відкриває безліч можливостей для оптимізації пасажирських перевезень тролейбусами, як із врахуванням інтересів підприємства електротранспорту, так і з врахуванням комфортності для жителів міста.

Дане представлення є динамічним і дозволяє по ряду геометричних параметрів визначити ділянки вулично-дорожньої мережі міста із найбільшою кількістю накладання маршрутів (у даному випадку тролейбусних), що проходять по них (рис.1).

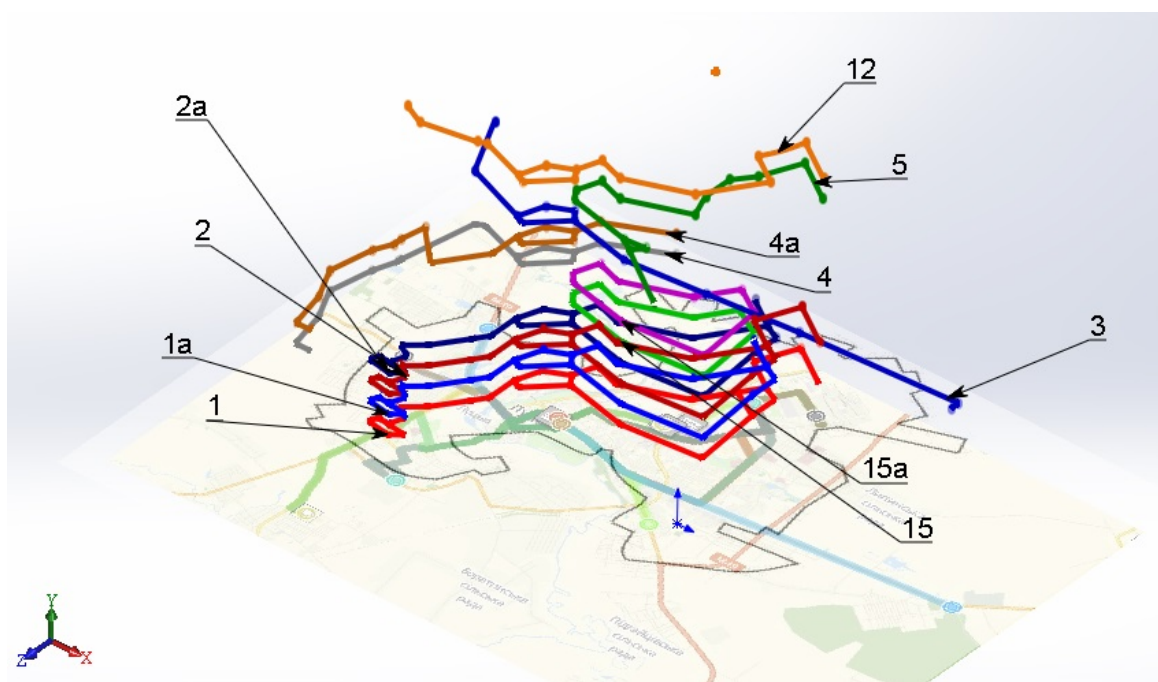


Рисунок 1

Використовуючи розроблену 3-D модель представлення тролейбусних маршрутів м. Луцька, можна середню кількість збігів перегонів різних маршрутів тролейбусів оцінити за допомогою маршрутного коефіцієнта S_k :

$$S_k = \frac{\sum_{n=1}^N l_n}{\sum_{i=1}^K L_i}, \quad (1)$$

де l_n - довжина n -го маршруту, км; L_i - довжина i -ї вулиці, по якій проходить хоча би один маршрут, км.

Крім того, за таким підходом, для всієї мережі міста можна розрахувати кількість перегонів, по яких пасажир може переміститися за допомогою одного, двох, k маршрутів.

Проте маршрутний коефіцієнт (1) не в повній мірі відбиває ступінь накладення пасажиропотоків на представлену маршрутну мережу, тобто маршрути можуть проходити по одній і тій же ділянці вулично-дорожньої мережі, але для переміщення пасажирів не мають можливості вибору будь-якого із них. Така ситуація виникає, якщо початкові зупинки на маршруті є пасажироутворюючими, кінцеві – пасажиропоглинаючими, а пасажиро-обмін на зупинках, через які проходить загальна частина різних маршрутів, - є незначним.

Можна було б, для визначення шляхів удосконалення, використати уже відому характеристику: коефіцієнт накладення пасажиропотоків на маршрутну мережу [13]. Коефіцієнт розраховується за формулою:

$$W_k = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{n=1}^K A_{i,j} \lambda_{i,j}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_{i,j}}, \quad (2)$$

де $\lambda_{i,j}$ - інтенсивність потоку пасажирів, $A_{i,j}$ - коефіцієнт кількості збігань на маршруті.

Якщо $W = 1$, то пасажир завжди має можливість переміститися до місця призначення лише одним маршрутом, тому завдання оптимізації роботи міського пасажирського транспорту розпадається на завдання оптимізації роботи тролейбусного транспорту на кожному окремому маршруті. Чим вище значення показника W , тим вища значущість ефективної фіксації накладення маршрутів при вирішенні задач оптимізації роботи міського пасажирського транспорту.

Однак, коефіцієнт накладення пасажиропотоків на маршрутну мережу, на відміну від маршрутного коефіцієнта, - величина непостійна для конкретної вулично-дорожньої мережі, оскільки пасажиропотік весь час змінюється на протязі годин доби, дням тижня, місяцям року, а визначення його у межах пропонованої моделі є достатньо трудомістким і затратним як по матеріальних ресурсах, так і по часу.

Пропонується інший алгоритм оптимізації пасажирської транспортної системи міста. Використовуючи розроблену 3-D модель, проводиться автоматизоване зонування найбільш характерних маршрутів накладання (рис. 2).

Зонування дозволяє, по-перше, достатньо просто визначити модифікований маршрутний коефіцієнт у межах однієї зони, що більш точно характеризує ступінь накладання окремих маршрутів для цієї зони (таблиця 2). Модифікований маршрутний коефіцієнт зони обчислюється:

$$S_{\text{мод.}}^k = \frac{L_k}{\sum_{n=1}^N l_n}, \quad (3)$$

де L_k - довжина накладання маршрутів у зоні k , км; l_n - довжина n -го маршруту, км.

По-друге, для кожної характерної зони обчислюється показник густини маршрутів у зоні:

$$\mu_{зи} = \frac{1}{r_{мзи}}, \tag{4}$$

де $r_{мзи}$ - число маршрутів у зоні ($r_{мзи} > 2$).

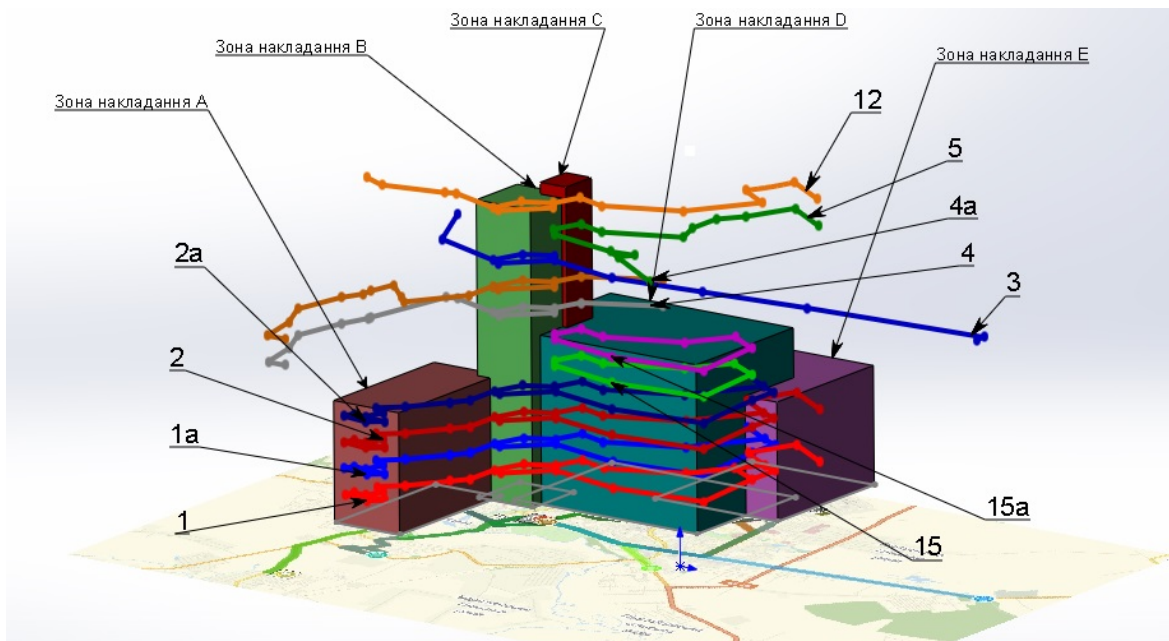


Рисунок 2

Показник показує рівень наповненості певної зони існуючими маршрутами. Разом із величиною довжини маршрутів накладання (геометричні розміри зони) він опосередковано дає інформацію про середню кількість ТЗ необхідних для забезпечення сталого пасажиропотоку для даної зони у різні часові періоди.

По-третє, показник наповненості маршрутами відповідної зони навів на думку про можливість ефективної оцінки та аналізу її геометричних параметрів за рахунок фрактального підходу. В основу виявлення фрактальних закономірностей розташування маршрутних схем у зонах було покладено уже класичний «box-counting» метод [9]. Для реалізації даної методики потрібне зображення маршрутів зони із досить детальним представленням особливостей їх структури на рівні внутрішнього масштабу фрактальності. Відповідно до, вже розроблених нами раніше, геометричних алгоритмів та програмного забезпечення [10,11,12], на це зображення накладаються квадратні сітки з різними розмірами елементів і підраховується кількість елементів, що покривають маршрутні схеми у зоні (наприклад, зона В, фрактальна розмірність $D_\phi = 1.75$) (рис 3).

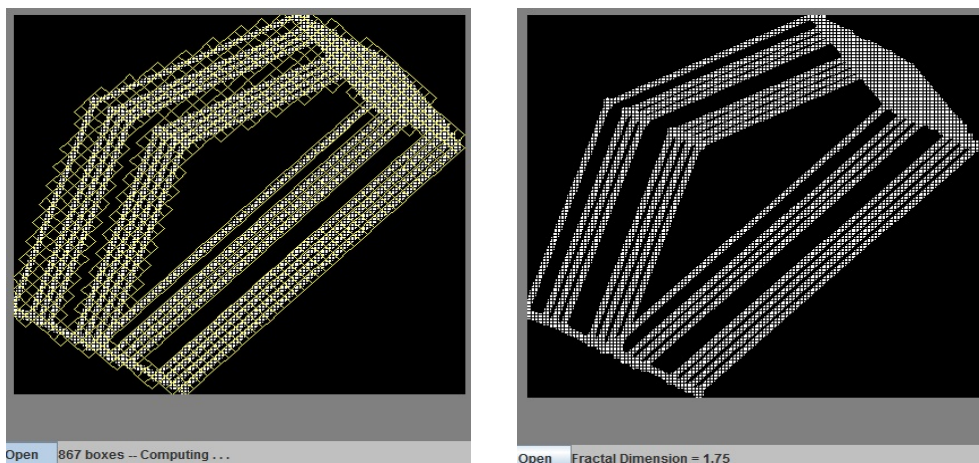


Рисунок 3

Аналогічні розрахунки проводяться для всіх виділених зон. Метод обчислення фрактальних показників існуючих маршрутних схем у зонах може удосконалюватися. Однак кількісні параметри фрактальної розмірності геометричних об'єктів всіх розглянутих зон чітко визначають тренд їх прямої залежності від інтенсивності накладання у певних об'ємах існуючих маршрутних схем. Результати розрахунків параметрів зонування для тролейбусних маршрутів м. Луцька наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Зони накладання маршрутів	N маршрути, що проходять у зоні	Довжина L_k (км) накладання маршрутів	Модифікований маршрутний коефіцієнт $S_{\text{мод}}^k$	Показник густини маршрутів у зоні	Фрактальна розмірність D накладання у зоні
A	1, 1A, 2, 2A	4.1	0.105	0.25.	1.54
B	1, 1A, 2, 2A, 3, 4, 4A, 12	2.6	0.029	0.125	1.75
C	1, 1A, 2, 2A, 4, 4A, 5, 12, 15, 15A	0.9	0.0093	0.1	1.77
D	1, 1A, 2, 2A, 3, 15, 15A	11	0.15	0.145	1.61
E	1, 1A, 2, 2A, 5, 12	4.3	0.069	0.167	1.58

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відповідно до результатів аналізу міських тролейбусних маршрутів (таблиця 2) видно, що величина фрактальної розмірності маршрутних схем у зоні адекватно характеризує показник наповненості її маршрутами. Чим більший показник фрактальної розмірності (зони С і В) – тим вищий ступінь накладання маршрутних схем. Даний тренд практично стовідсотково підтверджується іншими розрахунковими параметрами зон.

Відповідно до цього, для оптимізації роботи вище розглянутої транспортної системи міста пропонуються наступні заходи: динамічно знижувати показник фрактальності у зонах, а значить і кількість накладання маршрутних схем за рахунок переорієнтації у певні години доби схожих маршрутів, як функціонують у зоні; оперативно керувати кількістю одиниць ТЗ на маршруті, пасажиромісткістю тролейбусів; оптимізувати управління резервом ТЗ тролейбусного парку. Це дозволить суттєво підвищити регулярність транспортної роботи, проте інколи може призводити до збільшення коефіцієнта примусової пересадки пасажирів.

Основним документом, який регламентує пасажирські перевезення на маршруті у місті є розклад руху ТЗ. Згідно [16] розклад руху – це графік, таблиця, що містить дані про час, місце і послідовність виконання рейсів.

Розклад руху тролейбусів розробляється відповідно до вимог [15]. У ньому зазначаються час прибуття та відправлення із початкового і проміжних пунктів, прибуття до кінцевого пункту, тривалість зупинок та всього рейсу. Щорічно розклади руху піддають корегуванню що до зміни кількості тролейбусів на маршруті, траси маршруту, нормативів часу на виконання рейсу, систем організації праці водіїв, а також варіантів організації комбінованого режиму руху тролейбусів.

Відповідно запропонованій моделі, особливий ефект, у нашому випадку, буде давати застосування перевізниками технології резервування тролейбусів не тільки у парку, але і на маршрутах. Динамічне управління резервами на маршруті у проблемних зонах дозволить підтримувати як заданий щоденний випуск транспортних засобів, так і дотримання нормативних значень маршрутних коефіцієнтів, коефіцієнтів накладання пасажиропотоків на маршрутну мережу і, як наслідок, підвищити регулярність та якість транспортної роботи. Таке динамічне резервування передбачає передачу в розпорядження спеціалізованого диспетчера певної кількості тролейбусів, із найдосвідченішими водіями, для їх оперативного застосування на маршрутах конкретних зон з метою вирівнювання обслуговування пасажиропотоків у нашому місті.

Відповідно фрактальної оцінки накладання маршрутів у зонах, пропонуються наступні місця динамічного резервування тролейбусів у Луцьку, які наведено на рисунку 4 (для зон **A,B**: поз. 1 - район в. Паркової; для зони **D**: поз. 2 - район старого кладовища; для зони **C**: поз.3 - район Зал. вокзалу; для зони **E**: поз.4 - район 40-кварталу).

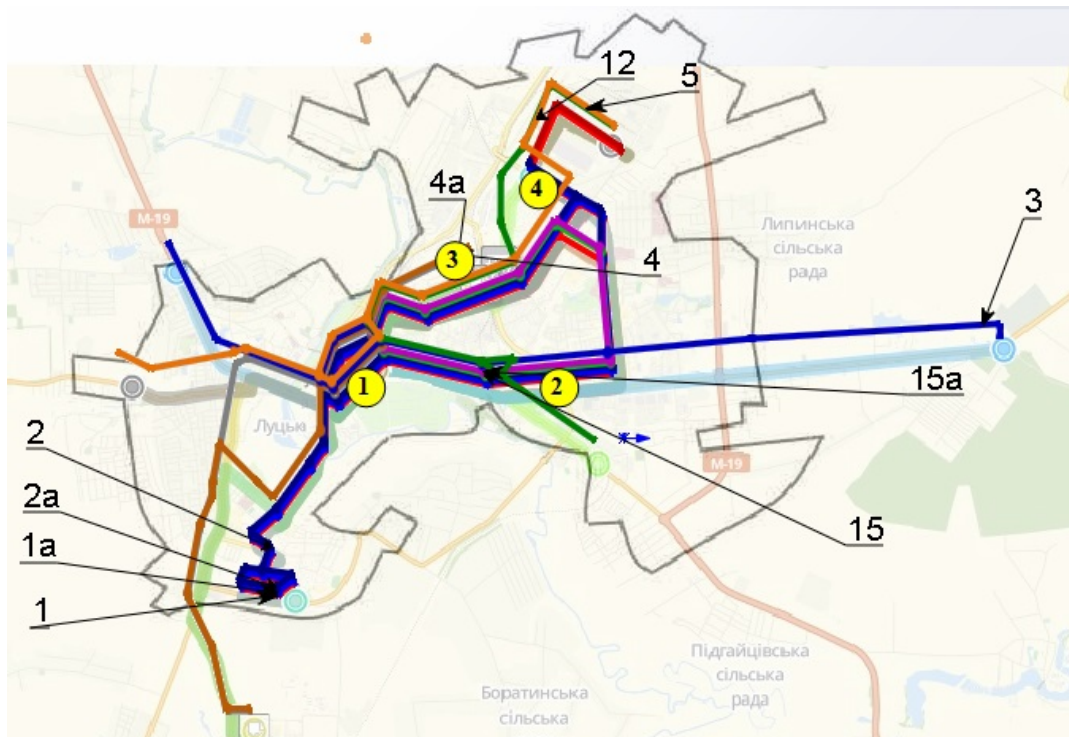


Рисунок 4

Ефективне використання такого динамічного резерву зможеть суттєво нівелювати проблеми накладання маршрутів (затори на ділянках, безпека руху, час поїздки), вирівняти наповненість тролейбусів пасажирами, виключити на маршрутах кратні (подвійні, потрійні) інтервали руху, що у результаті забезпечить зниження витрат часу пасажирів на очікування посадки в ТЗ та на переміщення по маршруту.

ВИСНОВОК

У роботі проаналізовано основні особливості функціонування міських пасажирських перевезень та досліджено вплив характеристик транспортних систем на визначення показників накладання маршрутних схем. Розроблено метод 3-D представлення та автоматизованого зонування міських тролейбусних маршрутів. Запропоновано спосіб фрактальної оцінки ступеня накладання маршрутів у визначених зонах та шляхи удосконалення транспортної роботи ТЗ на маршрутах у різні часові періоди доби. Запропоновано підходи до влаштування динамічного резервування тролейбусів на маршрутах, яке забезпечить ефективну видозміну маршрутних схем, оперативне коригування розкладу руху тролейбусів по мережі, нормативів часу на виконання рейсів, систем організації праці водіїв, комбінованого режиму руху тролейбусів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бирюков В.В. Влияние доступности на эффективность транспортных систем / В.В. Бирюков, К.Э. Сафронов // Вестник СибАДИ. – 2010. – № 2 (16). – С. 71–77.
2. Бойко Г.В. Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок: дис. канд.техн.наук: 05.22.10 / Г.В. Бойко. –Волгоград, 2006. - 18с.
3. Буслаев А.П. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения. / А.П. Буслаев, А.В Новиков, В.М. Приходько, А.Г. Таташев, М.В. Яшина – М.: Мир, 2003. - 254с.
4. Вельможин А. В. Основы теории транспортных процессов и систем: учебное пособие [Текст] / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин// - Москва: Академия, 2015. - 221с.
5. Владимирова Т.А. Экономическая эффективность новых технологий в развитии наземного транспорта. / Т.А. Владимирова, Н.Н. Никитин, А.М. Попов, В.Г. Соколов - Препринт. Новосибирск: Изд. СГУПС., 2004. - 72с.
6. Гасников А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учебное пособие / А. В. Гасников [и др.]; ред. А. В. Гасников.// - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: МЦНМО, 2013. - 426 с.
7. Горев А. Э. Информационные технологии на транспорте: учебник / А. Э. Горев // - Москва: Юрайт, 2016. - 272 с.
8. Горев А.Э. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения. / А.Э.Горев, Е.М. Олещенко - М.: ИД Академия, 2006. - 256с.
9. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – Москва: Институт компьютерных исследований, 2002. - 656 с.
10. Pustiulha, S., Samostian, V., Tolstushko, N., Korobka, S., Babych, M.: Fractal diagnostics of the degree of fuel atomization by diesel engine injectors. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 6, 8(90), p. 40-47 (2017).
11. Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Головачук І.П., Придюк В.М., Оксенюк В.А. Методика ідентифікації зображень п'ятен розпилу палива форсунками // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – Луцьк, 2018. – Вип. 2 (11). с. 110-116.
12. Pustiulha, S., Holovachuk, I., Samchuk, V., Samostian, V., Prydiuk, V.: Improvement of the technology of tribostate application of powder paints using fractal analysis of spray quality. 2 International conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange 11-14 June, 2019, Lutsk, DOI:10.1007/978-3-030-22365-6_28, – 10с.
13. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов. / учеб. пособие для вузов. – М.: Изд- во Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2005. – 272 с.
14. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник. - М.: ИД Академия, 2008. - 400 с.
15. Швецов В.И. Математическое моделирование загрузки транспортных сетей / В. И. Швецов, А.С. Алиев – М.: URSS, 2003. - 64 с.
16. Якимов М.Р. Транспортные системы крупных городов. – Пермь: Издательство ПГТУ, 2008. - 184 с.

REFERENCES

1. Biryukov V.V. Vliyanie dostupnosti na effektivnost transportnykh sistem / V.V. Biryukov, K.E. Safronov // Vestnik SibADI. – 2010. – # 2 (16). – S. 71–77.
2. Bojko G.V. Metodika optimizacii struktury transporta dlya obsluzhivaniya gorodskikh passazhirskikh perevozk: dis. kand.tekhn.nauk: 05.22.10 / G.V. Bojko. –Volgograd, 2006. - 18s.
3. Buslaev A.P. Veroyatnostnye i imitacionnye podkhody k optimizacii avtodorozhnogo dvizheniya. / A.P. Buslaev, A.V Novikov, V.M. Prikhodko, A.G. Tatashev, M.V. Yashina – M.: Mir, 2003. - 254s.
4. Velmozhin A. V. Osnovy teorii transportnykh protsessov i sistem: uchebnoe posobie / A. V. Velmozhin, V. A. Gudkov, L. B. Mirotin// - Moskva: Akademiya, 2015. - 221s.
5. Vladimirova T.A. Ekonomicheskaya effektivnost novykh tekhnologij v razvitii nadzemnogo transporta. / T.A. Vladimirova, N.N. Nikitin, A.M. Popov, V.G. Sokolov - Preprint. Novosibirsk: Izd. SGUPSa., 2004. - 72s.

6. Gasnikov A.V. Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie transportnykh potokov: uchebnoe posobie. / A. V. Gasnikov [i dr.]; red. A. V. Gasnikov.// - 2-e izd., ispr. i dop. - Moskva: MTsNMO, 2013. - 426 s.
7. Gorev A. E. Informatsionnyie tehnologii na transporte: uchebnik. / A. E. Gorev // - Moskva: Yurayt, 2016. - 272 s.
8. Gorev A.E. Organizatsiya avtomobilnykh perevozok i bezopasnost dvizheniya. / A.E. Gorev, E.M. Oleshchenko - M.: ID Akademiya, 2006. - 256s.
9. Mandelbrot B. Fraktalnaya geometriya prirody. – Moskva: Institut kompyuternykh issledovaniy, 2002. - 656 s.
10. Pustiulha, S., Samostian, V., Tolstushko, N., Korobka, S., Babych, M.: Fractal diagnostics of the degree of fuel atomization by diesel engine injectors. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 6, 8(90), p. 40-47 (2017).
11. Pustyulga S.I., Samostyan V.R., Golovachuk I.P., Pridyuk V.M., Oksenyuk V.A. Metodika identifikatsiyi zobrazhen` pyaten rozpilu paliva forsunkami // Suchasni tekhnologiyi v mashinobuduvanni ta transporti. – Luczk, 2018. – Vip. 2 (11). s. 110-116.
12. Pustiulha, S., Holovachuk, I., Samchuk, V., Samostian, V., Prydiuk, V.: Improvement of the technology of tribostate application of powder paints using fractal analysis of spray quality. 2 International conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange 11-14 june, 2019, Lutsk, DOI:10.1007/978-3-030-22365-6_28, – 10s.
13. Safronov E. A. Transportnye sistemy gorodov i regionov. / ucheb. posobie dlya vuzov. – M.: Izd-vo Assotsiatsii stroitelnykh vuzov (ASV), 2005. – 272 s.
14. Spirin I.V. Organizatsiya i upravlenie passazhirskimi avtomobilnymi perevozkami: uchebnik. - M.: ID Akademiya, 2008. - 400 s.
15. Shveczov V.I. Matematicheskoe modelirovanie zagruzki transportnykh setej / V. I. Shveczov, A.S. Aliev – M.: URSS, 2003. - 64 s.
16. Yakimov M.R. Transportnye sistemy krupnykh gorodov. – Perm: Izdatelstvo PGTU, 2008. – 184 s.

ABSTRACT

S. Pustiulha, V. Prydiuk, I. Holovachuk. A METHOD OF FRACTAL ESTIMATION OF INDEX OF IMPOSITION OF ROUT CHARTS IS FOR OPTIMIZATION OF MUNICIPAL PASSENGER TRANSPORTATIONS

Work is sanctified to development of effective methods of optimization of municipal passenger transportations. The analysis of literary sources showed that, as a rule, the improvement of a transport service in cities comes true by the use of certain mathematical models. Any mathematical model, including functioning of a transport network, is base on large multicomponent volume of initial data the receipt of that is related to the problems of statistical researches, with a situation in city, that changes quickly and dynamically, and does a similar weekend given in course of time irrelevant and out-of-date.

Exactly it and is a basic problem for creation of transport models of large cities. To similar, necessary for the valuable design of data, as a rule, belong: differentiation on the boroughs of quantity of population, number of places for labour and their location, recreational potential, mean time of movement of habitants and all that. Unlike tasks to organization of travelling motion, where the simulation models of motion of transport are used, mainly prognosis models, that are base on macroscopic parameters that describe a transport stream, are used in a transport planning. In these models parameters are: speed of a transport stream, intensity of a transport stream, intensity of passenger transportations. Thus, the task of optimal realization of passenger transport correspondences becomes basis of prognosis design of municipal transport systems.

Obviously, that the capture of initial data folds the most labour intensive and protracted at times stage at a construction or improvement of transport models. In turn, the effective methodology of construction of transport models offered in-process on the geometrical parameters of imposition of rout charts decides the task of determination of measure of accordance of an existent transport demand to a present transport suggestion.

The effective method of dynamic improvement of a municipal passenger transport network is in-process offered, in basis of that connection of classic coefficient of imposition of passenger transportations is

fixed with the methods of geometrical presentation and fractal estimation of imposition of existent rout charts of movement of transport (on the example of trolleybus network of Lutsk). The basic features of functioning of municipal passenger transportations are analysed and influence of descriptions of transport systems is investigational on determination of degree of imposition of rout charts. A method is worked out 3-D of presentation and automated zoning of municipal trolleybus routes. The method of fractal estimation of degree of imposition of routes for certain zones and ways of improvement of a transport work of transport are offered on routes, in different sentinel periods of twenty-four hours. Offered approach to arranging of the dynamic backuping of trolleybuses on routes, that will provide effective modification of rout charts, operative adjustment of curriculum of motion of trolleybuses for networks, norms of time on implementation of voyages, systems of organization of labour of drivers, combined mode of motion of trolleybuses.

Keywords: optimization, passenger transportations, rout chart, 3-D of presentation, automated zoning, imposition of routes, fractal estimation, dynamic backuping.

ПУСТЮЛЬГА Сергій Іванович, доктор технічних наук, професор кафедри інженерної та комп'ютерної графіки Луцького національного технічного університету, e-mail: mbf.declutsk@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0001-7623-7803>.

ПРИДЮК Валентин Михайлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету, e-mail: pred_mbf@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0001-7791-1230>.

ГОЛОВАЧУК Ігор Павлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної та комп'ютерної графіки Луцького національного технічного університету, e-mail: golovachuk.igor@gmail.com <http://orcid.org/0000-0003-0811-6107>.

Serhii PUSTIULHA, Doctor of Technical Sciences, Professor of Engineering and Computer Graphics department, Lutsk National Technical University e-mail: mbf.declutsk@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0001-7623-7803>.

Valentyn PRYDIUK, Ph.D in Engineering, associate professor of automobiles and transport technologies department, Lutsk National Technical University, e-mail: pred_mbf@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0001-7791-1230>.

Igor HOLOVACHUK, Ph.D in Engineering, associate professor of Engineering and Computer Graphics department, Lutsk National Technical University, e-mail: golovachuk.igor@gmail.com <http://orcid.org/0000-0003-0811-6107>.