

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи бакалавра

на тему: *Прогнозування транспортного попиту при зміні тарифів на послуги
громадського транспорту у місті Кривий Ріг*

Виконав:

студент 4 курсу, групи ТТ-20 _____ В.В.Колунов

(шифр групи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент _____

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

В.О. Сістук

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

д.т.н., професор _____

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Ю.А. Монастирський

(прізвище та ініціали)

Кривий Ріг – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 – «Транспорт»

Спеціальність: 275 – «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
автомобільного транспорту

_____/ ./
_____”_____ 2024 р

ЗАВДАННЯ

НА ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Колунова Вадима Віталійовича

1. Тема Прогнозування транспортного попиту при зміні тарифів на послуги громадського транспорту у місті Кривий Ріг.
керівник проекту Сістук В.О., к.т.н., доцент
затверджені наказом університету №263с від 12.04.2024.
2. Строк подання студентом роботи для перевірки на плагіат до 09.06.2024.
3. Вихідні дані до роботи: Керівництво до програми PTV VISUM.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд літературних джерел з теми дослідження. 2. Розрахунково-дослідницька частина. 3. Аналіз результатів моделювання. 4. Охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Графіки та діаграми по результатам досліджень у вигляді презентації в програмі Microsoft Office Power Point, на компакт диску з шістьма екземплярами роздруківки презентації для членів ДЕКу.
6. Дата видачі завдання 12.04.2024.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Огляд літературних джерел з теми дослідження	15.04-19.04	
2	Розрахунково-дослідницька частина	22.04 – 03.05.	
3	Аналіз результатів моделювання	06.05 – 10.05	
4	Охорона праці	12.05 – 14.05	
5	Оформлення пояснювальної записки і презентації	15.05 – 25.05	

Студент

_____ (підпис)

В.В. Колунов

Керівник роботи

_____ (підпис)

В.О. Сістук

РЕФЕРАТ

Робота присвячена аналізу пасажирських потоків на громадському транспорті міста Кривий Ріг при впровадженні фіксованого тарифу на комунальному транспорті.

1. Розроблений метод моделювання фіксованого тарифу для транспортної моделі Кривого Рогу у програмному забезпеченні PTV Visum, а саме, рішення через From-To Zone Matrix.

2. Визначені коефіцієнти функції опору у процедурі інтервального перерозподілу громадського транспорту таким чином, щоб відхилення між показниками пасажирських потоків, отриманих для маршрутів комунальних автобусів за грудень 2023 року, та розрахованими показниками пасажирських потоків для тих самих маршрутів були мінімальними.

3. Проведено транспортне моделювання двох сценаріїв:

- сучасне положення із фіксованим тарифом на автобусні маршрути приватних перевізників у розмірі 15 грн.;

- прогнозний стан із фіксованим тарифом на автобусні маршрути приватних перевізників у розмірі 15 грн. та на маршрути комунального транспорту 8 грн.

4. За результатами моделювання встановлено, що після запровадження тарифу для комунального транспорту очікується, що зменшиться попит на маршруті автобусів: під номером 1 – на 22%, 1а – на 19%, 302 – 18%, 4 – на 4%, 228 – на 4%, 228а – на 3%. На маршруті 244 добовий пасажиропотік залишиться незмінним. На маршруті 8 можливе навіть збільшення пасажирського потоку на 3%.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Проблема тарифів на громадському транспорті.....	8
1.2. Типи тарифів.....	11
1.3. Тарифні моделі	14
1.4. Застосування Big Data при моделюванні тарифів	17
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.	20
2.1. Тарифна модель в програмному забезпеченні PTV VISUM	20
2.2. Моделювання типу квитка для оплати за проїзд.....	26
2.3. Моделювання тарифних доплат	31
2.4. Загальний алгоритм вибору квитка.....	33
2.5. Метод моделювання тарифів у мережі пасажирського транспорту міста Кривий Ріг.....	35
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ	43
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	48
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54

ВСТУП

Актуальність теми. Введення тарифів на громадський транспорт дозволяє регулювати вартість проїзду для пасажирів та забезпечує стабільність доходів для перевізників. Це також може бути необхідно для вирішення питань фінансування та операційних витрат забезпечення громадського транспорту, включаючи плату праці водіїв, технічне обслуговування автобусів, розвиток інфраструктури та інше. Крім того, введення тарифів може сприяти регулюванню попиту на транспортні послуги та забезпечити раціональне використання громадського транспорту. У місті Кривий Ріг з 2021 року було запроваджено безоплатний проїзд на комунальному транспорті (автобуси, тролейбуси, швидкісний трамвай, трамвай). Військові адміністрації обласних центрів України, таких як Житомир, Чернігів, Чернівці, сьогодні планують підвищити тарифи на комунальний транспорт. Для Кривого Рогу, у свою чергу, гостро стоїть питання щодо можливості повернення оплати за проїзд на комунальному транспорті. Прогнозувати зміну попиту на громадський транспорт за таких умов можливо завдяки сучасним інструментам транспортного планування та моделювання. У зв'язку з цим, проведення відповідного дослідження з використанням транспортного моделювання стає актуальним завданням для прийняття у подальшому обґрунтованих рішень на міському транспорті.

Мета дослідження. Оцінити зміну пасажирських потоків на маршрутах автобусів комунального транспорту у місті Кривий Ріг у разі запровадження для них плати за проїзд.

Завдання роботи:

- Огляд літературних джерел з проблематики дослідження.
- Розробка методу моделювання фіксованого тарифу у спеціалізованому програмному забезпеченні з транспортного моделювання PTV VISUM.
- Моделювання перерозподілу попиту на громадському транспорті для сценарію існуючого положення в тарифній політиці та у разі запровадження плати за проїзд у комунальному транспорті.

- Аналіз показників пасажирських потоків, отриманих у результаті моделювання двох сценаріїв.

Об'єкт дослідження – транспортна модель міста Кривий Ріг.

Предмет дослідження – пасажирські потоки на автобусних маршрутах комунального транспорту для різних тарифних політик.

Методи дослідження. Аналіз, синтез, огляд літературних джерел, моделювання тарифу, транспортне моделювання.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані в даній роботі прогностні показники пасажирських потоків на автобусних маршрутах комунального транспорту при існуючій тарифній політиці та у разі запровадження плати за проїзд на комунальному транспорті міста Кривий Ріг полегшують обізнаність зацікавлених сторін, які відповідальні за прийняття рішень на транспорті, сприяючи обґрунтованості тарифних політик у місті.

Структура і обсяг роботи. Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 24 позицій. Загальний обсяг роботи – 56 с, у тому числі 15 рисунків, 2 таблиці.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Проблема тарифів на громадському транспорті

Тарифи на проїзд є прямим і гнучким інструментом впливу на поведінку пасажирів та відшкодування витрат системи громадського транспорту. Тому встановлення тарифів на проїзд є фундаментальною проблемою для будь-якого підприємства громадського транспорту або органу влади. Важливість цього завдання ще більше зростає завдяки технологічному прогресу, такому як наприклад, впровадження електронних систем продажу квитків, які надають можливість впроваджувати різноманітні структури тарифів у майбутньому.

Тарифи на громадський транспорт добре досліджені в літературі. Вони часто вивчаються з макроскопічної точки зору з точки зору еластичності, умов рівноваги та аналізу граничних витрат. Автор [1] запропонував розглядати встановлення тарифів як оптимізаційну задачу, а саме, максимізувати такі цілі, як дохід, пасажиро-кілометри або соціальний добробут за умови бюджетних обмежень. Вони також розглянули ряд практичних питань, таких як різні види громадського транспорту або час пік і чисельно розв'язували умови першого порядку своїх моделей, та звітували про впровадження результатів у Лондонському транспортному управлінні. Більше деталей, зокрема, аспектів структури мережі, було додано в підходах [2], насамперед для більш точного моделювання витрат.

Тариф на проїзд є важливим фактором, що впливає на попит на громадський транспорт. Серед основних проблем, пов'язаних з тарифами на проїзд, є розробка нових та оптимізація існуючих систем оплати проїзду.

Сучасні системи громадського транспорту (скорочено ГТ) складаються з п'яти компонентів: інфраструктури, надструктури (транспортні засоби), ІТС-рішень, працівників ГТ та організації [3]. Квитковий тариф є елементом організації, який може бути реалізований за допомогою працівників ГТ та ІТС-рішень для

надання послуг, доступних на інфраструктурі та транспортних засобах. Це важливий критерій, що визначає пасажирський попит, поряд з іншими – рівнем обслуговування, що надається особами, що впроваджують рішення на транспорті, та конкуруючими видами транспорту [4]. Рівень послуг, що надаються адміністрацією, може бути оцінений шляхом перевірки покриття мережі, часу в дорозі, вибору пасажиром маршрутів, частоти руху тощо. Рівень конкуруючих послуг в основному базується на доступності приватного автотранспорту, заторів, цінах на паливо тощо. Всі ці критерії визначають еластичність попиту на послуги громадського транспорту, яка може бути визначена в процесі багатокритеріального прийняття рішень [5]. Ці критерії можна розділити на економічні, екологічні та соціальні [3].

Крім того, на попит також впливає максимальний рівень пропозиції, який у випадку з громадським транспортом обмежений пасажиромісткістю транспортних засобів. «Ефект переповненості» впливає на вибір маршруту в транспортних моделях [6].

Серед основних проблем, що стосуються тарифів на проїзд є розробка нових та оптимізація існуючих тарифних систем. Організаторам доводиться обирати тарифну систему тарифів з широкого спектру типів тарифів та адаптувати її до місцевих умов. Максимізація попиту (пасажиропотоку), доходів, ефективності перевезень (наприклад, пасажиро-кілометр), прибутку або соціального добробуту в основному обираються як цілі систем оплати проїзду [7]. Для мереж, що охоплюють великі міста, де продуктивність транспорту та соціальний добробут є основними цілями, обираються різні цілі [8]. Завдання оптимізації залежить від двох основних факторів: ціни на квитки та структура тарифу.

Прибутковість тарифів була досліджена щодо готовності та можливості пасажирів платити. Моделі показали, що пасажирів найбільше готові платити за поїздку за схемою кумулятивного ціноутворення [9]. Було виявлено сильний позитивний зв'язок між доходами працівників і наявністю проїзних серед

малозабезпечених людей. Було зроблено висновок, що якщо субсидії на громадський транспорт надаються через малозабезпечені верстви населення, то ціна на проїзд має бути доступною для цих людей [10]. Також були проведені дослідження на тему ухилення від оплати проїзду різними групами пасажирів. Вони показали, що вік та стать є основними предикторами цього явища. Молодші пасажирів та чоловіки мають найвищу ймовірність безквиткового проїзду серед молодших пасажирів та чоловіків [11].

Проблема тарифів на проїзд нерозривно пов'язана зі збитковістю громадського транспорту як такого, особливо в системах, що функціонують в Європі. Однак прибутковість не є основною причиною функціонування громадського транспорту, натомість включення всіх соціальних груп у суспільстві, реалізація міської транспортної політики та забезпечення базового доступу до всіх послуг (робота, освіта, культура) на обраній території. Доходи від продажу квитків є лише одним з трьох основних джерел надходжень у цій системі, іншими є субсидії або фінансування з державного бюджету або міських бюджетів [12]. Значний вплив на прибутковість мають також знижки на квитки для окремих соціальних груп, які відшкодовуються або не відшкодовуються державою. Деякі організатори перевезень навіть відмовляються від квиткових систем, впроваджуючи безкоштовного проїзду в громадському транспорті, результати якого залежать від якості послуг, використання громадського транспорту та рівня тарифів, які існували до впровадження системи. Прикладом безкоштовного громадського транспорту є місто Кривий Ріг.

Іншою важливою проблемою тарифів на проїзд є інтеграція різних систем на міському та регіональному рівнях. У більшості досліджень вона пов'язана зі зменшенням трансакційних витрат, але проблема інтеграції є надзвичайно складною у фрагментованих системах громадського транспорту, де задіяно багато стейкхолдерів, таких як органи місцевого самоврядування різного рівня, транспортні організатори та перевізники, які використовують абсолютно різні

тарифні системи [13]. Національні правові умови також дуже обмежують можливості для інтеграції.

Нові можливості у випадку інтеграції тарифів відкрили інтелектуальні транспортні системи та аналіз великих даних. Системи уможливили централізоване управління розподілом доходів між організаторами та персоналізований розрахунок вартості проїзду для пасажирів, використовуючи, наприклад, технологію NFC [1]. Смарт-картки також допомагають краще зрозуміти попит, визначаючи схеми пересування окремих транзитних пасажирів, що дозволяє створювати великі бази даних для оптимізації послуг. Проте слід пам'ятати, що платіжні системи є лише невеликим елементом комплексних послуг, що надаються громадським транспортом системи управління та ІТС-рішення в цілому [14].

1.2. Типи тарифів

У міському та регіональному громадському транспорті використовуються різні види тарифів на проїзд, які поділяються на дві основні групи: фіксовані та диференційовані [15]. Перші типи тарифів є дуже прості, оскільки пасажир платить однакову суму за кожну поїздку, незалежно від обставин. Серед другої групи було зазначено кілька структур транзитних тарифів, але всі вони можуть бути зведені до 5 основних тарифів, що базуються на: відстані (зазвичай зустрічаються тарифи, що базуються на кількості пройдених кілометрів або зупинок), якості (наприклад, різні тарифи на базових та експрес-маршрутах), часу (хвилини, години або дні часу (хвилини, години або дні дії квитка, а також різні тарифи в години пік і непікові години), ділянки (між якими пасажири подорожують транзитним маршрутом) та зони (транспортна мережа поділена на зони, наприклад, визначені межами муніципалітетів).

Фіксований тариф представляється вищезгаданими авторами як вкрай несправедливий, особливо для пасажирів у великих містах, оскільки як пасажири,

що їдуть з одного кінця міста в інший, так і пасажери, що їдуть на дві зупинки, будуть платити однакову суму грошей.

Тариф, що базується на кілометражі, класифікується як такий, що підходить для міжміських та регіональних перевезень і, навпаки, незручним у міських районах з щільною локалізацією зупинок.

Тариф на основі кількості пройдених зупинок може використовуватися в містах, але пасажери повинні підтверджувати квиток як при вході, так і при виході з транспортного засобу, що, в свою чергу, не є зручним для пасажирів.

Тариф на якість також випробовує терпіння пасажирів, адже слід пам'ятати, що різні послуги, які пропонує один і той самий організатор перевезень, можуть коштувати по-різному. Навіть пересадки в одному напрямку за схожим маршрутом, можуть мати різні ціни, тому що одна з них буде базовим маршрутом, що зупиняється на кожній зупинках, а інша - експрес-маршрутом, що зупиняється лише на великих транспортних розв'язках. Почасовий тариф дуже популярний у містах і мегаполісах, особливо використовується для пересадок і регулярних, повсякденних поїздок пасажирів на громадському транспорті. Зональний тариф також використовує диференційовану плату за проїзд залежно від відстані поїздки, але шляхом розподілу зупинок на зони він суворо залежить від початкової та кінцевої станцій поїздки (пар відправлення-призначення) у зональній системі.

У минулому (1960-ті роки) диференційована система оплати проїзду використовувалась у більшості міст США [15]. Цей метод поступово був замінений системою фіксованих тарифів щоб забезпечити дешевий проїзд для людей з низькими доходами, а також для простоти збору плати за проїзд. Майже всі транспортні агентства в США змінили свою систему на фіксовану плату за проїзд. Ця зміна стала першопричиною фінансової кризи у транзитному секторі у 1980-х роках. Це пояснювали фінансові труднощі транспортних агентств нечутливістю фіксованого тарифу та субурбанізацією в 1960-х і 1970-х роках. Вони зауважили, що субурбанізація США погіршила нездоровий фінансовий стан, оскільки багато

транспортних операторів розширили сферу своїх послуг до віддалених районів, зберігаючи при цьому нечутливу структуру тарифів на проїзд. Це спостереження підтверджується порівнянням середнього кілометражу між окремими автобусними маршрутами та загальною кількістю автобусів. З 1960 по 1974 рік середній кілометраж окремих автобусних маршрутів збільшився більш ніж удвічі, але загальний пробіг автобусів зменшився.

Хоча структура тарифів зазнавала змін протягом тривалого періоду, і в минулому диференційовані моделі були широко поширені, транспортні агенції, здається, не виявляють бажання переходити на альтернативи, навіть якщо це може мати фінансові наслідки, через простоту фіксованого тарифу. Початкові капітальні витрати, пов'язані з впровадженням диференційованої структури тарифів, такі як пристрої глобальної системи позиціонування (GPS) та електронні платіжні системи, призводять до опору змінам. Однак, останні технологічні розробки у сфері оплати проїзду пропонують транспортним підприємствам можливість переглянути ці практики. Приклади успішного впровадження структури тарифів на основі відстані можуть надати транспортним підприємствам мотивацію для перегляду практичності цієї моделі.

Диференційована структура тарифів, яку було важко впровадити в минулому, зараз стала життєздатним варіантом в результаті нещодавнього розвитку технологій збору плати за проїзд. Що стосується засобів оплати проїзду, то дедалі ширше використання смарт-карток зробило структуру оплати проїзду на основі відстані більш практичною. Сумісність смарт-картки з декількома операторами робить структуру оплати проїзду на основі відстані можливою завдяки консолідації транзитних систем та збору плати за проїзд на основі фактичної відстані, пройденої пасажиром. Для відстеження пройденої відстані використовується GPS. Як правило, зчитувачі карток встановлюються на контрольованих входах, таких як платформи залізничних ліній та автобуси. Крім того, розробляється політика з урахуванням можливості користувачів вказувати початковий і кінцевий пункти

своїх поїздок. Вимагаючи від пасажирів прикладати свої електронні платіжні засоби до зчитувачів карток у транспортних засобах або на платформах, транспортні агенції можуть стягувати плату за проїзд на основі пройденої відстані.

За такої політики відстань поїздки можна відстежити, коли пасажир сідає в транспортний засіб і виходить з нього, використовуючи пристрій, що ідентифікує місцезнаходження.

Поглиблені дослідження в основному проводилися щодо трьох видів диференційованих тарифів: відстань, час та зона [17]. Основне питання полягало в тому, чи можливо досягти одночасно простої та ефективної тарифної структури.

У випадку дистанційного тарифу дослідження показало, що залежність між тарифом і відстанню поїздки є тим меншою, чим більшу вагу організатор покладає на прибуток. У випадку часового тарифу, тобто тарифу з різними цінами в пікові та непікові години доби, такий тариф виявляється в якості рішення для перевантаженої транспортної системи в години пік. Диференційований тариф вплине на пасажирський попит, зменшуючи кількість поїздок у пікові години на користь поїздок у непікові години. Також було відзначено значний вплив абонементних квитків на попит на громадський транспорт, особливо для залучення додаткових щоденних користувачів. У випадку зонного тарифу багато транспортних організаторів використовують надмірно велику кількість зон, які занадто складно адмініструвати і в яких пасажиром важко орієнтуватися. Приклад показав, що систему продажу квитків в місті Осло можна спростити з 88 до 10 зон, без жодних втрат у функціональності системи та прогнозованих доходах [18].

1.3. Тарифні моделі

Вибір оптимальної системи тарифів є одним з основних питань при проектуванні системи громадського транспорту.

Фіксовані та диференційовані тарифи порівнювалися у випадку зміни загального доходу між цими двома основними видами тарифів. Висновок дослідження [6], був таким, що на оптимальну структуру тарифів впливає еластичність попиту за ціною для коротких і довгих поїздок та кількість поїздок. [19] стверджують що не було жодного дослідження, яке б порівнювало більш ніж двох видів диференційованих структур тарифів.

Серед інших запропонованих методів оцінки був багатокритеріальний аналіз на основі методу Вітаса, який дає змогу ранжувати зональні системи оплати проїзду [12]. Дослідники в основному проводять аналіз на основі однієї підготовленої моделі диференційованого тарифу. Кожна модель побудована по-різному, і це проблема для порівняльного аналізу.

Для моделювання структури тарифів на основі пройденої відстані важливо обрати відповідну схему моделювання, яка б ефективно відстежувала вибір пасажиром маршрутів. Оскільки тариф базується на загальній відстані, пройденій пасажиром у транспортному засобі, необхідна модель, яка точно описує пасажиропотік для представлення структури тарифу. Цей розділ описує ефективність моделі на основі розкладу для відстеження вибору маршруту пасажиром, що дозволяє точно розрахувати тариф на основі відстані. Чітке відстеження індивідуального вибору маршруту досягається завдяки тому, що в моделі на основі розкладу побудовані всі можливі маршрути з урахуванням часу, які називаються розгорнутою в часі мережею.

В той же час, врахування вартості проїзду на основі відстані в моделі, що базується на частоті руху не є таким гнучким, як у моделі, що базується на розкладі руху. Це пов'язано зі схемою представлення на основі маршруту, в якій вартість проїзду оцінюється на основі сегменту маршруту – його частини, розділеної транзитною зупинкою, до того, як буде визначена вся поїздка пасажиром. За такої схеми моделювання, вартість проїзду на відрізку маршруту, який поділяють різні маршрути, повинна коригуватися в залежності від маршрутів.

Проблема, яка виникає при використанні моделі на основі частоти для представлення структури тарифу на основі відстані, пов'язана з тим, що фіксований тариф використовується для оцінки вартості проїзду на відрізку маршруту, який не враховує можливе коригування тарифу через різний склад маршруту. Наприклад, коли для різних транзитних транспортних засобів стягується різна надбавка за проїзд, а відстань поїздки обмежується буферною відстанню, то вартість проїзду слід оцінювати лише після визначення маршруту. У цьому випадку, модель, яка враховує вартість проїзду на основі відрізка маршруту, має обмеження щодо розрахунку точного розрахунку вартості проїзду на основі відстані.

Модель тарифу на основі пройденої відстані була представлена взаємозв'язком між попитом та загальними витратами для транспортного оператора у вигляді лінійної функції, на яку впливають кількість перевезених пасажирів та їх середню відстань поїздки [18]. У попередньому дослідженні автори також обговорювали, що транспортні оператори роблять акцент між прибутком та споживчим надлишком. Висновком статті було те, що незрозуміло, як відстань поїздки впливає на вартість проїзду, якість транспортного обслуговування та загальні транспортні витрати, в ситуації, коли вартість проїзду та якість транспортного обслуговування є контрольованими змінними з боку транспортних операторів [18].

Часовий тариф був змодельований з використанням розподілу попиту між піковими та непіковими годинами та оцінкою впливу на продаж квитків з різними значеннями еластичності. Дослідження показало, що впровадження тарифу з дорожчими квитками у пікові години та дешевшими квитками у непікові години збільшить загальний дохід [15]. Тим не менш, бракує досліджень, які б враховували широкий спектр часових квитків, у масштабі хвилин, годин і днів.

Дослідники зосереджуються, наприклад, на одноразових або сезонних квитках окремо і ці пропозиції спрямовані на різні типи пасажирів. Модель зонного

тарифу була вперше запропонована з використанням графо-теоретичної точки зору на мережу громадського транспорту [20].

Також були представлені теоретичні результати для спеціальних мереж та евристичні алгоритми для загальної проблеми. Було також зазначено, що все ще існує потреба в більш складних евристичних методах для проблеми зонних тарифів. Зональні моделі можуть відрізнятися за способом позначення (розрізу) зон: кільцева структура проти з'єднаних зон; і способом, у який визначаються зони; та способом розрахунку тарифів: підрахунок зон, кумулятивне ціноутворення та максимальне ціноутворення [9]. Спрощенням проблеми стала розробка зонної моделі на залізничному транспорті з обмеженим покриттям території та кількістю зупинок. Також було проаналізовано оптимальний розподіл зон для лінійних сполучень також було проаналізовано оптимальний поділ зон для лінійних сполучень, які у випадку класифікації слід віднести до секційної системи оплати проїзду.

Модель секційних тарифів передбачає, що транзитний маршрут ділиться на ділянки. Оплата відображається у кількості пересічених пасажиром ділянок, між зупинками для посадки та висадки. Така модель широко застосовується автобусними компаніями в Гонконзі. На думку авторів дослідження, порівняно з фіксованою структурою оплати проїзду, секційний тариф завжди кращий, а порівняно з тарифом на основі відстані, залежить від геометрії мережі, розподілу попиту та максимально допустимих тарифів [19].

1.4. Застосування Big Data при моделюванні тарифів

Доступ до даних – це фактор, який може визначити позицію та конкурентну перевагу компаній, що працюють у сфері міського та регіонального громадського транспорту. Концепція великих, змінних і різноманітних наборів даних (Big Data) була розроблена за допомогою технологічних рішень, що дозволяють збирати

інформацію, потім обробляти її і, нарешті, використовувати для побудови наборів інформації, придатних для визначення попиту на надання послуг. У випадку громадського транспорту – з точки зору розробки тарифних систем, пристосованих до специфіки конкретного ринку, або оптимізації існуючих систем.

Великі дані з точки зору застосування в громадському транспорті можуть охоплювати багато сфер, зокрема управління, тобто значними наборами даних, взятих, наприклад, із систем бронювання перевізників; агрегування; очищення, тобто перевірка великих наборів даних; аналітика, що розуміється як аналіз великих масивів даних; машинне навчання. У свою чергу, безпосередньо аналіз вищезазначених наборів даних може включати в себе різні методи: Data Mining; Web Mining – з використанням інтернет-репозиторіїв; методи візуалізації; машинне навчання; методи оптимізації та аналіз соціальних, аналіз соціальних мереж.

Цифрові дані безперервно збираються з мільйонів пристроїв. Вони завантажуються з додатків і аналізуються для прийняття рішень щодо маршрутів міського транспорту (вибір пасажирських маршрутів), частоти поїздок (надання послуг), використовуваних транспортних засобів, вподобання і вибір клієнтів, і таким чином використовуються для оптимізації пропозицій, ефективності, персоналізації і прогнозування поведінки користувачів або прийняття бізнес-рішень у реальному часі. Сьогодні ринкова вартість компаній здебільшого базується на нематеріальних ресурсах, зокрема на доступі до даних, які набувають все більшого значення і починають розглядатися як вид капіталу. Дані про користувачів та їхню поведінку компанії отримують, наприклад, від телекомунікаційних компаній, фінансових установ, що беруть участь у процесі продажу квитків. Однак вони також можуть генеруватися і збиратися завдяки використанню продуктів та послуг, що надаються компаніями що надають послуги громадського транспорту, наприклад, камери, датчики, записи, автомати з продажу квитків, додатки тощо.

Слід зазначити, що дуже часто в такій ситуації ми маємо справу з цифровими даними, які є неструктурованими і не можуть зберігатися в традиційних базах даних. Спосіб їх використання їх можна використовувати за допомогою технологій великих даних (Big Data). для їх зберігання, але перш за все – для їх обробки. Тому дані з конкретними параметрами матимуть вирішальне значення для підтримки визначення тарифних систем. До таких параметрів належать, серед іншого: доступність, розмір даних (наразі вони обчислюються в терабайтах або навіть більших одиницях, наприклад, петабайтах) та можливість їх швидкого генерування та обробки, цінність (відокремлення релевантних даних від тих, що не будуть аналізуватися), різноманітність (мається на увазі різноманітна природа як структурних, так і неструктурних даних), тип і характер даних, а також надійність зібраних даних (їхня достовірність).

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.

2.1. Тарифна модель в програмному забезпеченні PTV VISUM

PTV Visum (Візум) [22]– це програмний комплекс, який дозволяє моделювати всі види приватного та громадського транспорту в одній інтегрованій моделі. Він доповнюється системою мікроскопічного моделювання дорожнього руху PTV Vissim (Вісім). Використовуючи Visum, більшість основних даних, що надаються транспортними інформаційними та планувальними системами, можна послідовно управляти і підтримувати за допомогою редактора мережі. На відміну від простих ПС-систем, Visum дозволяє зберігати складні взаємозв'язки в межах однієї або декількох транспортних систем, що дає змогу створити відповідну транспортну модель.

Тарифна модель PTV Visum на громадському транспорті (PuT) базується на системах тарифів та типах квитків.

Тарифна система – це сукупність маршрутів, для яких існує спільна система тарифів. Кожен оператор мережі пасажирського транспорту часто має власну систему оплати проїзду, в транспортних об'єднаннях система оплати проїзду також може включати маршрути різних операторів.

Тип квитка описує, як розраховується вартість проїзду для примикань (об'єкт мережі) або частини примикань для ГТ. Кожен тип квитка використовує один з наступних методів розрахунку:

Тариф за відстань: вартість проїзду залежить від пройденої відстані, яка вимірюється в тарифних балах.

Зональний тариф: вартість проїзду залежить від кількості пройдених тарифних зон.

Зональний тариф «від/до»: вартість проїзду залежить лише від початкової та кінцевої тарифної зони, тому це матричний тариф.

Проїзд на короткі відстані: спеціальний тариф для маршрутів, які не перевищують визначений поріг щодо відстані, часу руху та/або кількості зупинок.

Часовий тариф: цей тариф базується на тривалості поїздки.

Тариф за пряму відстань: ціна залежить від прямої відстані між початковим та кінцевим пунктом зупинки.

За допомогою тарифної моделі вартість проїзду можна враховувати як в процедурах призначення на основі пройденого шляху, так і в процедурах призначення на основі розкладу. Крім того, можна змоделювати лінійну залежність у вигляді точок оплати проїзду, що вимірюють пройдену відстань для призначення на основі шляху.

Показник «Кількість тарифних зон» враховує лише ті тарифні зони, які є важливими для визначення вартості проїзду. Якщо квиток має пріоритет (або є дешевшим при тому ж ранзі), який має іншу структуру тарифу, відмінну від «тарифу на основі зон», тарифні зони на маршрутах цього квитка не відіграють ролі і не враховуються для матриць витрат. Це необхідно, оскільки поруч можуть існувати кілька систем тарифних зон, розділених за типами, і кожен тип квитка поширюється максимум на тарифні зони одного типу. «Точної» кількості тарифних зон не існує.

Після призначення можна отримати доступ до типу квитка, який використовується для кожної ділянки маршруту, через список ділянок маршруту RuT, і проаналізувати як вартість проїзду, так і виручку для кожної ділянки маршруту.

Різниця між вартістю проїзду та доходами полягає в тому, що вартість проїзду завжди відноситься до тарифної моделі Visum, тоді як доходи можуть бути розраховані як фіксований дохід за поїздку пасажира або як дохід за точку оплати проїзду.

Вартість проїзду з тарифної моделі також може бути використана як вхідні дані для розрахунку доходу в рамках операційних індикаторів громадського транспорту.

На рис.2.1 показані об'єкти мережі, які належать до моделювання тарифів у Visum.

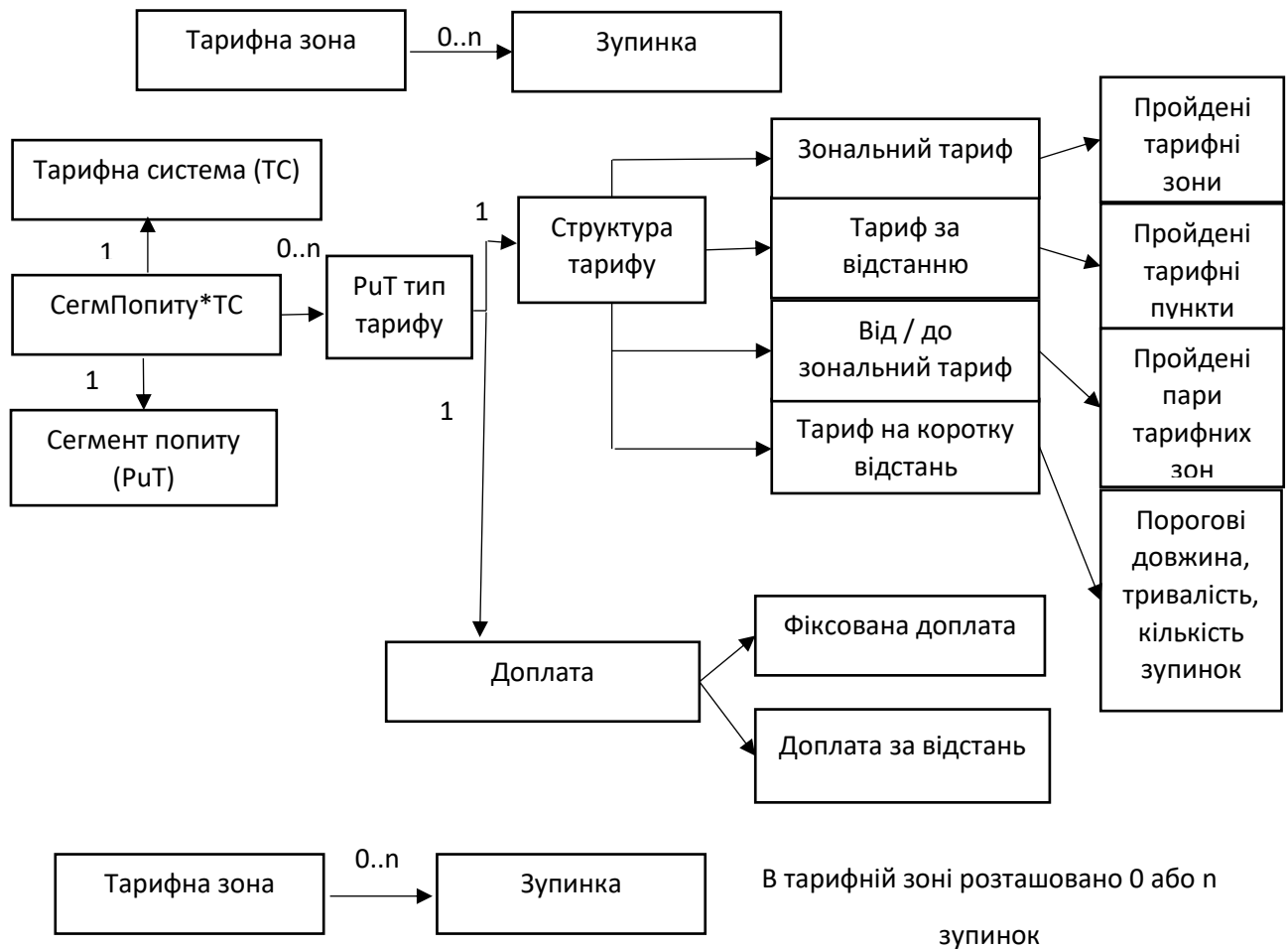


Рис.2.1. Схема тарифної моделі в PTV VISUM

Для кожного сегменту попиту можна визначити, які типи квитків використовуються в тарифній системі. Зокрема, для кожного сегмента попиту може існувати декілька типів квитків для кожної тарифної системи.

З розподілом маршрутів (і транспортних систем РuТ-Аух) на системи оплати проїзду, кожна ділянка маршруту примикання РuТ належить до однієї або декількох систем оплати проїзду.

Системи оплати проїзду, як правило, є незалежними. Загальна вартість проїзду для сполучення зазвичай є сумою вартості проїзду за окремими системами оплати проїзду. Однак, за допомогою спеціальних тарифів на пересадку можна змодельовати, що перехід з однієї системи оплати проїзду в іншу коштує додатково, або ж надається знижка на проїзд.

В рамках систем оплати проїзду можливості моделювання тарифів дуже різноманітні.

Основною властивістю системи оплати проїзду є «прив'язка до тарифу», яка означає, чи потрібно купувати квиток для кожного окремого відрізка шляху, чи його можна використовувати для послідовних або навіть всіх відрізків шляху сполучення. На практиці найчастіше зустрічаються всі три випадки.

Як вже згадувалося, в рамках тарифної системи може бути доступно декілька типів квитків (для кожного сегменту попиту). Візьмемо, наприклад, тарифну систему, що складається з тарифних зон, і звичайний тариф залежить від кількості перетинань тарифних зон. Для поїздок тривалістю не більше десяти хвилин застосовується недорогий квиток на короткі відстані незалежно від тарифних зон. Для поїздок з/до аеропорту потрібно купувати спеціальний квиток до аеропорту.

Загалом, при створенні тарифної системи вирішальним питанням є те, які типи квитків дозволено використовувати для яких сполучень і скільки свободи має пасажир при виборі квитка.

Застосування різних типів квитків відіграє важливу роль. Якщо умови, визначені в типі квитка, були порушені, квиток не може бути використаний і повинен бути використаний інший квиток. У нашому прикладі квиток на короткі відстані є недійсним, якщо було перевищено максимальний час поїздки 10 хвилин,

а квиток в аеропорт застосовується лише для поїздок з аеропорту та до нього. Типи квитків, що базуються на відстані, часі або тарифній зоні, можна змодельовати так, щоб вони були дійсні лише на певних сполученнях. Таким чином, можна визначити, де пролягають межі застосування квитка.

Типи квитків мають ранги, які можна використовувати для вираження ієрархічного порядку в системі тарифів. У поєднанні з раніше описаною застосовністю квитків, таким чином, застосовується логіка для визначення квитків, які слід використовувати для певного сполучення або його відрізка (відрізків): Серед усіх застосовних типів квитків вибирається той, що має найвищий ранг.

У наведеному прикладі, спеціальний квиток до аеропорту повинен мати найвищий ранг, оскільки він повинен використовуватися для всіх сполучень, початковою або кінцевою точкою яких є аеропорт. Для всіх інших сполучень квиток аеропорту не може бути використаний після будівництва, тому розглядається тип квитка з другим найвищим рангом, в даному випадку – квиток на короткі відстані. Це застосовується, якщо пересадка відповідає вимогам квитка на короткі відстані. Якщо це не так, застосовується звичайний зонний тариф з найнижчим рангом.

Якщо необхідно показати, що пасажир має вільний вибір між кількома типами квитків, їм присвоюється однаковий ранг. найдешевший квиток з найвищим рангом обирається з усіх доступних квитків.

Може статися так, що маршрути громадського транспорту належать не лише до однієї тарифної системи, а є частиною кількох тарифних систем. Наприклад, регіональним поїздом можна користуватися як в межах міської мережі з мережевим квитком, так і за межами транспортного сполучення з квитком на міжміський транспорт. Міська мережа та міжміський транспорт є окремими системами оплати проїзду з абсолютно різними структурами тарифів, однак маршрут регіонального поїзда належить до обох систем.

Якщо маршрут належить до кількох тарифних систем, вартість проїзду в межах кожної з цих систем, як правило, може бути визначена відповідно до

процедури, описаної вище. Однак, в реальності пасажир не може вільно обирати між двома різними системами тарифів у кожному конкретному випадку. Типовою умовою тарифу може бути, наприклад, те, що регіональний поїзд для поїздок в межах території транспортного сполучення може бути використаний лише з квитками системи тарифів міської мережі, а квитки на міжміський транспорт дійсні лише за умови їх використання за межами транспортного сполучення.

Щоб виразити таке ранжування, необхідно ранги систем оплати проїзду. Ці ранги мають значення лише тоді, коли у моделі мережі маршрути належать до декількох систем оплати проїзду, тому що в іншому випадку системи оплати проїзду є очевидними для всіх маршрутів примикань громадського транспорту.

Загалом, кожен маршрут кожного відрізка шляху сполучення громадського транспорту належить до декількох систем оплати проїзду. Таким чином, для кожного відрізка шляху існує набір виділених систем оплати проїзду. В принципі, все примикання можуть бути «покриті» будь-якою комбінацією елементів цих наборів систем оплати проїзду. Ранги систем тарифів визначають логічний порядок всередині комбінацій: всі комбінації з найменшим максимальним рангом системи тарифів розглядаються першими, і, таким чином, обирається та, яка може бути застосована і забезпечує найнижчу ціну за проїзд. Якщо жодна з них не може бути застосована, розглядаються всі інші комбінації з наступним найвищим рангом. Якщо немає жодної допустимої комбінації систем оплати проїзду, стягується глобальний резервний тариф моделі оплати проїзду.

Оскільки можна призначати ранги як на рівні типу квитка, так і на рівні тарифної системи для моделювання конкретних тарифних умов, в сукупності досягається велика гнучкість у моделюванні тарифів.

2.2. Моделювання типу квитка для оплати за проїзд

Квиток дійсний для одного відрізка шляху сполучення PuT, для кількох відрізків шляху сполучення або навіть для всього сполучення. Дійсність квитка залежить від властивостей системи оплати проїзду.

Тип квитка описує, як має розраховуватися вартість проїзду. Компоненти типу квитка включають базовий тариф та специфічні для відповідної транспортної системи TSys надбавки (Табл.2.1).

Табл.2.1

Типи квитків

Компонент квитка	Описання
Базовий тариф	Базовий тариф розраховується на основі структури типу квитка. Можна вибрати одну з чотирьох структур тарифів: <ul style="list-style-type: none">• Тариф на основі відстані• Тариф на основі зони• Тариф на основі зони від/до• Тариф на короткі відстані• Часовий тариф• Проїзд на прямі відстані
Доплата	Доплати визначаються окремо для кожного типу квитка для кожної транспортної системи PuT і включають наступні компоненти: <ul style="list-style-type: none">• Доплати за відстань Як і тарифи на основі відстані, вони базуються на тарифних балах. <ul style="list-style-type: none">• Фіксовані доплати Вони можуть стягуватися за кожний відрізок шляху, або один раз для кожної транспортної системи, або тільки для TSys з найвищим рангом.

Важливою характеристикою типу квитка є структура тарифу, яка визначає метод розрахунку базового тарифу.

Тариф на основі відстані базується на елементах тарифу на основі відстані: базовий тариф розраховується на основі кількості пройдених тарифних пунктів.

Зональний тариф базується на зональних елементах тарифу: базовий тариф розраховується на основі кількості пройдених тарифних зон.

Зональний тариф "від - до" базується на зональних елементах тарифу "від - до": Базовий тариф – це вхід пари, початкова тарифна зона і кінцева тарифна зона з примикань тарифної матриці.

Тариф на короткі відстані базується на елементах тарифу на короткі відстані: базовий тариф застосовується для квитків, довжина, тривалість та кількість зупинок яких не перевищує визначених порогових значень.

Тариф на основі часу: базовий тариф розраховується на основі часу поїздки.

Тариф на пряму відстань: базовий тариф розраховується на основі метричної відстані між початковою та кінцевою зупинками.

Тариф на основі відстані використовується для моделювання тарифів, які безпосередньо залежать від подоланої відстані. "Відстань", однак, не означає довжину пересадки або довжину самого маршруту. Насправді, розрахунок тарифу на основі відстані базується на кількості пунктів оплати проїзду на розглянутому маршруті. Кількість пунктів оплати проїзду – це властивість пересадок та елементів часового профілю. Оскільки, на відміну від довжини, цей атрибут є специфічним для TSys на маршрутах, можна призначити різну вартість проїзду для різних PuT-TSys для проходження маршруту.

Пройдені пункти тарифу для примикань і пунктів часового профілю маршруту підсумовуються, а вартість проїзду шукається в таблиці пунктів тарифу.

Вартість проїзду між двома послідовними пунктами оплати можна інтерполювати для моделювання маршруту.

Тариф на основі відстані не застосовується, якщо етап оплати проїзду не пропонує вартість проїзду для визначеної кількості пунктів оплати, а є «порожнім».

Зональні тарифи використовуються в ситуаціях, коли вартість проїзду залежить від кількості пройдених тарифних зон.

Тип квитка з зонним тарифом відноситься до певного типу тарифної зони. Не всі тарифні зони автоматично є релевантними для квитка. Це лише ті зони, «тип» яких відповідає типу тарифної зони у квитку. Таким чином можна моделювати незалежні тарифні зони, що належать до різних тарифних систем, які можуть перетинатися у просторі. За замовчуванням, квиток на основі тарифної зони застосовується лише для маршрутів, які включають зупинки, що належать до тарифних зон типу тарифної зони квитка. Зупинка може лежати в декількох тарифних зонах, а одна тарифна зона, як правило, має кілька зупинок. Однак, часто буває зрозуміло, які тарифні зони проїжджає пасажир на своєму шляху. На основі цієї інформації розраховується кількість пройдених тарифних зон і, відповідно, вартість проїзду. У випадках складного перекриття тарифних зон може бути кілька варіантів покриття маршруту тарифними зонами. Тоді Visum обирає мінімальну кількість зон, що перекриваються, і, відповідно, найдешевший тариф.

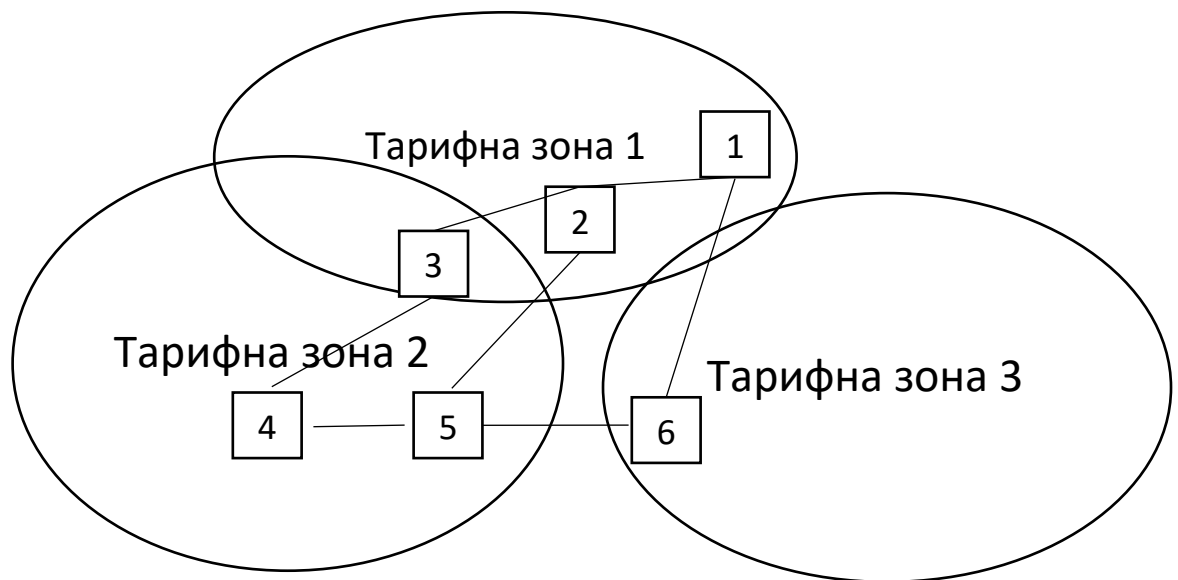


Рис.2.2. Приклад для зонного тарифу з трьома зонами, що перекриваються, та шістьма зупинками.

Зональна оплата проїзду не може бути використана в поєднанні з системами PuT Aux та Sharing, оскільки зони прив'язані до зупинок, а зупинки не використовуються системами PuT Aux та Sharing.

Тарифні зони не обов'язково повинні бути еквівалентними, але можуть бути включені в підрахунок. Для цього необхідно обрати числовий атрибут і розподілити необхідні значення. Наприклад, зона центру міста рахується двічі в багатьох системах оплати проїзду. Початкові та кінцеві тарифні зони маршруту можна явно виключити із застосування кардинальності зон. Існує можливість вказати метод підрахунку тарифних зон, які були пройдені на маршруті декілька разів. Або кожна пройдена тарифна зона рахується рівно один раз, або при кожному в'їзді в тарифну зону вона рахується знову.

Тарифи на основі тарифних зон «від/до» ілюструють матричний тариф на проїзд між тарифними зонами. Таким чином, вартість проїзду залежить лише від початкової та кінцевої тарифних зон маршруту. Пройдені по дорозі тарифні зони не відіграють ролі.

Можна згенерувати повну матрицю тарифів між усіма тарифними зонами. Тарифи на основі зон також підходять для визначення винятків: Якщо поїздки з певних тарифних зон або до них мають іншу структуру тарифів, можна визначити тарифи цих зв'язків за допомогою тарифів на основі зон, які перевищують стандартний тип квитка за своїм рангом.

Тариф на основі зони «Від до» не застосовується, якщо матриця для пари початкової та кінцевої тарифної зони маршруту не має запису.

Щоб визначити вартість проїзду від фіксованої тарифної зони x до всіх інших тарифних зон, можна створити запис для номерів тарифних зон $(x, 0)$, використовуючи значення 0 як підстановку для кінцевої тарифної зони. Можливі аналогічні записи для $(0, y)$. Спеціальні записи замінюють загальні записи, це означає, що тариф, визначений для (x, y) , застосовується до поїздок з тарифної зони

x до тарифної зони y , незалежно від того, чи існують також тарифи для $(x, 0)$, $(0, y)$ або $(0, 0)$.

Якщо початкова або кінцева зупинка сполучення знаходиться в межах більш ніж однієї тарифної зони, необхідно враховувати декілька пар тарифних зон; тоді вартість проїзду визначається як мінімальна з усіх записів.

Тариф на поїздки на короткі відстані – це стандартний тариф для поїздок, що не перевищують певних порогових значень для часу руху, відстані поїздки та/або кількості зупинок. Таким чином, тарифи на короткі відстані можуть застосовуватися лише до маршрутів, які відповідають цим пороговим значенням.

Тип квитка на короткі відстані може також містити більше одного набору порогових значень (елементів тарифу на короткі відстані).

Квиток на короткі відстані застосовується, як тільки досягаються порогові значення принаймні однієї з його тарифних позицій. Вартість проїзду визначається як мінімальна вартість всіх тарифних позицій, порогові значення яких досягнуті.

Для моделювання тарифів важливо знати, які типи квитків можна застосовувати для яких сполучень. У випадку структури тарифу «Тариф на короткі відстані» обмеження застосування є очевидним, однак інші три структури тарифу також можуть мати обмеження: зональні тарифи, як правило, не можуть застосовуватися до сполучень, які знаходяться за межами розглянутих тарифних зон. Як тарифи на основі зон, так і тарифи на основі відстаней можуть стосуватися лише певних пар тарифних зон або певних класів відстаней.

Ранг визначає ієрархію типів квитків у системі тарифів і є релевантним, якщо система тарифів складається з декількох типів квитків.

Через коефіцієнт корисності визначається коефіцієнт перерахунку для однієї поїздки. Він включається в розрахунок вартості проїзду на маршруті громадського транспорту.

Найважливішою властивістю системи оплати проїзду є визначення терміну дії окремого квитка. Це може бути окремий відрізок маршруту, тобто для кожної

посадки потрібно купувати новий квиток. Другий варіант – квиток може бути дійсним для послідовних етапів маршруту в межах тарифної системи, і новий квиток потрібно купувати лише при виході з тарифної системи та вході в неї знову. По-третє, квиток може бути дійсним для всіх пересадок, які належать до однієї тарифної системи, навіть якщо між ними пролягають пересадки, що належать до інших тарифних систем. Всі три випадки пов'язані з практикою.

Для моделювання цього аспекту використовується центральний атрибут системи тарифів - прив'язка до тарифу, який може приймати одне з наступних значень:

Кожен відрізок шляху окремо: квиток повинен бути придбаний для кожного відрізка маршруту системи оплати проїзду.

Кожна група суміжних ділянок маршруту: квиток повинен бути придбаний для кожної групи суміжних ділянок маршруту системи оплати проїзду.

На всі відрізки шляху разом: для всіх ділянок маршруту разом, тобто для всієї поїздки, достатньо одного квитка для цієї тарифної системи.

Ділянки маршруту, які належать до іншої тарифної системи, ніколи не можуть бути використані з одним і тим же квитком.

2.3. Моделювання тарифних доплат

Кожен тип квитка має свої правила щодо доплат. До них відносяться доплати за відстань у транспортній системі РuТ та фіксовані доплати, причому для останніх можна також встановити ранг транспортної системи. Крім того, ви можете визначити мінімальний тариф для кожної транспортної системи.

Доплати нараховуються для кожного додатку окремо. Це також стосується випадків, коли один і той самий тип квитка купується кілька разів на одній пересадці.

У кожному типі квитка можна визначити доплати для всіх транспортних систем мережі РuT. Звичайно, діють лише налаштування для тих транспортних систем, маршрути яких пов'язані з системою оплати проїзду даного типу квитка, тобто для пасажирів, які мають змогу користуватися цим типом квитка в першу чергу.

Мінімальний тариф для кожної транспортної системи стягується замість розрахованої загальної вартості проїзду за типом квитка у випадку, якщо транспортна система присутня на відрізках шляху, що покриваються квитком, і загальна вартість проїзду менша за мінімальний тариф.

Таким чином, мінімальний тариф – це не компонент, який можна додати, а мінімальне значення для загальної вартості проїзду, що стягується. Оскільки правило застосовується до всіх транспортних систем, найдорожчий мінімальний тариф з усіх використовуваних транспортних систем є нижньою межею для загальної вартості проїзду за даним типом квитка.

Фіксовані доплати – це постійні збори, які додаються до базового тарифу відповідного типу квитка. Кожна транспортна система має власну фіксовану доплату. Для яких відрізків маршруту, охоплених типом квитка, може стягуватися фіксована доплата, є основною характеристикою типу квитка. Можна обрати один з наступних варіантів:

Підвищувати надбавку один раз на кожну транспортну систему,

Підвищувати надбавку лише для транспортної системи вищого рангу,

Підвищувати надбавку за кожну ділянку маршруту.

У першому випадку стягується рівно одна фіксована надбавка за кожну транспортну систему, незалежно від того, скільки відрізків шляху використовується з лініями транспортної системи.

У другому випадку певну роль відіграють ранги транспортних систем з правил доплат до типу квитка. Використовуючи ранги, можна виразити, що певна транспортна система звільняє пасажирів від сплати фіксованої доплати для інших

транспортних систем. Якщо кілька транспортних систем мають однаковий ранг, на відрізках шляху, що покриваються типом квитка, застосовується максимальна фіксована надбавка транспортної системи, що має найвищий ранг. Ранги не впливають на надбавки, що залежать від відстані.

У третьому випадку фіксована надбавка нараховується для кожного відрізка шляху заново, відповідно до використовуваної транспортної системи.

2.4. Загальний алгоритм вибору квитка

Послідовність всіх рішень, які призводять до вибору квитка (квитків), що використовуються на маршруті, можна сформулювати у вигляді алгоритму. Це, зокрема, пояснює значення рангів для систем оплати проїзду та квитків.

Кожен маршрут складається з послідовності гілок маршруту. Кожен відрізок шляху має один маршрут PuT, який з'єднаний з однією або декількома системами оплати проїзду (або транспортною системою PuT-Аух, яка також розподілена на системи оплати проїзду).

Алгоритм розрахунку вартості проїзду наступний:

1. Визначення систем оплати проїзду.

Перебрати всі можливі комбінації систем оплати проїзду для різних відрізків маршруту, тобто в порядку спадання рейтингу (при цьому ранг комбінації = максимальний ранг систем оплати проїзду в комбінації). Розрахуйте вартість проїзду для кожної комбінації відповідно до кроку 2. Виберіть найнижчий тариф з комбінацій систем оплати проїзду з однаковим зваженим рангом. У порівнянні з тарифом, для зваженого тарифу враховується вага тарифу для кожної тарифної системи. Якщо всі системи тарифів певного рангу є недійсними, розглядаються комбінації наступного рангу. Якщо не існує жодної допустимої комбінації систем тарифів, застосовується глобальний резервний тариф.

2. Аналіз комбінації систем оплати проїзду.

Якщо для всіх ділянок маршруту передбачені фіксовані системи оплати проїзду, перебрати всі використовувані системи оплати проїзду та розрахувати вартість проїзду відповідно до кроку 3. Якщо всі розрахунки призводять до дійсного тарифу, то сума є дійсним тарифом для всього маршруту. Якщо ні, то ця комбінація систем оплати проїзду є недійсною.

3. Розгляд системи оплати проїзду на всіх виділених для неї маршрутах.

Відповідно до атрибуту тарифної системи «Тарифна прив'язка», визначте, для яких підмножин відрізків шляху тарифної системи потрібно використовувати окремі типи квитків. Перебрати всі ці підмножини відрізків маршруту та розрахувати вартість проїзду для них відповідно до кроку 4. Якщо всі розрахунки дають правильний тариф, то сума є правильним тарифом для системи оплати проїзду. Якщо ні, то розрахунок вартості проїзду для цієї системи тарифів завершується невдачею.

4. Розгляд системи оплати проїзду для підмножини етапів маршруту.

Для системи оплати проїзду та попередньо визначеної підмножини етапів маршруту перебрати всі типи квитків, які використовуються в системі оплати проїзду, у порядку спадання. Розрахуйте вартість проїзду для кожного типу квитка відповідно до кроку 5. З типів квитків однакового рангу виберіть той, що має найнижчу ціну. Якщо ви не можете використати жодного типу квитка того ж рангу, розгляньте можливість використання типу квитка наступного рангу. Якщо не існує жодного відповідного типу квитка, система тарифів не може бути застосована на підмножині етапів маршруту.

5. Розгляд типу квитка на підмножині етапів маршруту.

Розрахувати базовий тариф відповідно до структури тарифу типу квитка (Тариф на основі відстані, Тариф на основі зони, Тариф на основі зони, Тариф на основі відстані, Тариф на основі зони, Тариф на короткі відстані). Якщо таблиця тарифів не містить дійсного запису, тип квитка не може бути застосований.

Розрахувати початковий тариф для першого відрізка маршруту. Розрахуйте вартість пересадки відповідно до тарифних систем, між якими відбулася пересадка.

Якщо для типу квитка активовано доплату за відстань, обчисліть і додайте доплату за відстань для підрахованої кількості пунктів тарифу. Якщо таблиця доплат не містить відповідного запису, тип квитка не може бути застосований. Визначте та додайте фіксовану надбавку. Порівняйте загальну вартість проїзду з мінімальною вартістю проїзду в усіх наявних транспортних системах і, за необхідності, підвищити її.

2.5. Метод моделювання тарифів у мережі пасажирського транспорту міста Кривий Ріг

У міській мережі пасажирського транспорту міста Кривий Ріг використовується фіксований тариф на перевезення пасажирів, який не залежить від пройденої відстані, часу проїзду або кількості пройдених тарифних зон. На автобусних маршрутах приватних перевізників з одного пасажира, якому на момент їздки виповнилось 6 років і який немає права на пільговий проїзд, стягується плата у розмірі 15 грн. за одну поїздку. На комунальному громадському транспорті (міські автобуси, тролейбуси, трамваї, швидкісний трамвай) починаючи з 2021 року, працює система безоплатного проїзду. При цьому адміністрація міста планує запровадити тариф на проїзд у комунальному транспорті на рівні 8 грн. за їздку.

Таким чином, можна розглядати моделювання двох сценаріїв, для яких необхідно виконати порівняння операційних показників громадського транспорту:

- існуючий стан із фіксованим тарифом на автобусні маршрути приватних перевізників у розмірі 15 грн.;

- прогнозний стан із фіксованим тарифом на автобусні маршрути приватних перевізників у розмірі 15 грн. та на маршрути комунального транспорту (авто-та електро-) у розмірі 8 грн.

Як показано у попередній пунктах даного розділу, програма Visum пропонує обрати один із варіантів структури тарифу на основі пройденої відстані (distance-based, direct distance), тарифних зон (zone-based), матриць тарифних зон (from-to zone based fare), короткої відстані (short-distance fare), часу у дорозі (time-based fare). Однак якщо потрібно призначити фіксовану ціну за поїздку на громадському транспорті, опції стандартного тарифу в Visum немає.

Фіксований тариф за проїзд у Visum можна відтворити кількома способами. Враховуючи, що в ГТ, зазвичай, нема пересадкового тарифу при створенні Fare System треба обрати: *Each path leg separately: A ticket has to be bought for each path leg of the fare system.*

Рішення через тариф за пройденою відстанню.

Distance-based тарифи насправді базуються не на реальній відстані, а на кількості так званих fare points. Fare points задаються для:

- link (відрізків окремо для різних систем транспорту);
- time profile items (часові профілі на маршрутах ГТ).

Загальний шлях, який пройшов пасажир розраховується як сума пунктів оплати (fare points) по обох цих типах об'єктів мережі. Очевидним варіантом є розрахунок кількості fare points для кожного time profile item як пройденої відстані.

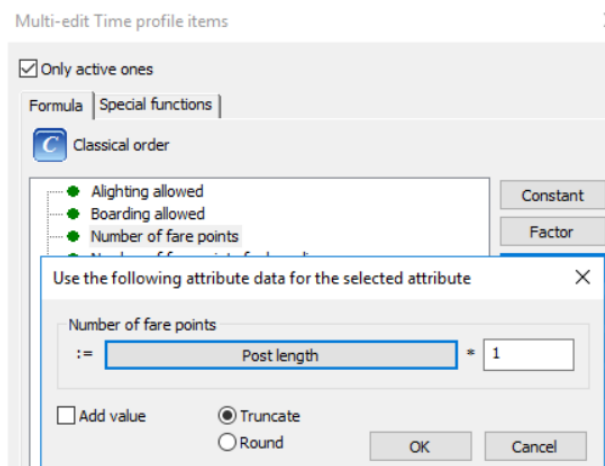


Рис.2.3. Кількість пунктів оплати в часовому профілі маршруту

Необхідно налаштувати тип квитка (Ticket type) незалежно від «відстані» у fare points, їх розрахунок не потрібно буде проводити. Це можна зробити у Tickets (Network - PuT fares - Ticket types), там можна встановлювати інтервали «відстаней» та для кожного або фіксований тариф, або інтерполяцію.

В задачі, що розглядається, потрібен лише один інтервал з фіксованим тарифом, наприклад, для автобусів.

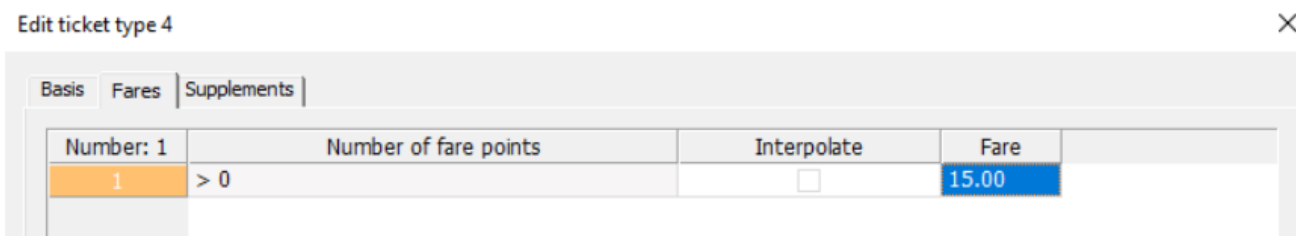


Рис. 2.4. Налаштування типу квитка

Оскільки значення «відстані» повинно бути більше 0, ймовірно, дійсно потрібно встановити якесь ненульове значення fare points. Найпростіше реалізувати це, встановивши, наприклад, 1 fare point для кожного елементу профілю часу, фіксовано, за допомогою multi-edit. Таким чином, будь-яка поїздка матиме ненульове значення «відстані».

Після цього ми можемо прив'язати цю систему тарифів до маршрутів автобусів (у вкладці «Системи тарифів»), а також вказати налаштований тип квитка у вкладці «Сегменти попиту».

Рішення через From-To Zone Matrix.

Створюємо 1 тарифну зону, маркуємо нею усі зупинки (через відповідний атрибут).

Attribute selection (Stops)

Attribute	Grouping	Aggregate function	Weight
Number	<input type="checkbox"/>		
Code	<input type="checkbox"/>		
Name	<input type="checkbox"/>		
Type number	<input type="checkbox"/>		
Number of lines	<input type="checkbox"/>		
Fare zone set	<input type="checkbox"/>		

Рис.2.5. Вибір атрибуту зупинки

Створюємо матрицю тарифів з 1 елементу.

Edit ticket type 210

Basis				Fares				Count fare zones				Supplements			
Number: 1		From fare zone		To fare zone		Fare									
1		1 Zone 1		1 Zone 1		15.00									

Рис. 2.6. Налаштування типу квитка

Рішення через short distance.

Створюємо квиток типу *short distance*, задаємо нереальні обмеження на час у дорозі та максимальну пройдено відстань та фіксовану ціну проїзду.

Create ticket type					
Basis		Fares		Supplements	
Number: 1		Max. run time	Max. distance	Max. number of stops	Fare
1		600min	1000.000km	1000	15.00

Рис.2.7. Створення квитка типу short distance та врахування обмежень

Після багатьох ітерацій та розрахунків перерозподілу на громадському транспорті за трьома запропонованими методами встановлено, що найбільш

підходящим методом моделювання фіксованого тарифу для моделі Кривого Рогу є рішення через From-To Zone Matrix.

У варіанті моделі існуючого стану створено дві тарифні системи – окремо для автобусів приватних перевізників (Marsh) та комунального транспорту (Electrotransport). На рис.2.8 показана відповідна вкладка у програмі. При цьому до кожної з систем підв’язано конкретні маршрути (Lines).

Fare systems Ticket types Transfer fares Demand segments General settings									
Number: 2	Number	Name	Rank	Fare weight for selection	Joint fare computation	Initial fare	Lines	TSys set not put line	Ticket types
1	1	Marsh	1	1.00	Single path leg	0.00	MT_№910_Автостанція Ів ...		1
2	2	Electrotransport	1	1.00	Single path leg	0.00	A_№91_пл. Визволення - ...		2

Рис.2.8. Створення тарифних систем.

PuT fares				
Fare systems Ticket types Transfer fares Demand segments General settings				
Number: 2	Number	Name	Rank	Fare structure
1	1		1	From-to zone-based fare
2	2		1	From-to zone-based fare

Edit ticket type 1			
Basis Fares Count fare zones Supplements			
Number: 1	From fare zone number	To fare zone number	Fare
1	1	1	15.00

Рис.2.9. Налаштування квитка за проїзд

Ціна поїздки задана у вікні редагування квитка (Fare) для маршруток вона дорівнює 15, для комунального транспорту – 0 (рис.2.9).

Після створення відповідних тарифних систем та типів квитків необхідно налаштувати функцію опору, яка визначає фактори, які безпосередньо впливають на вибір режиму транспорту.

Для цього у процедурі перерозподілу громадського транспорту за інтервальним рухом (headway-based) необхідно задати співвідношення між часом на поїздку та ціною білету (рис.2.10).

Parameters: Assignment procedure: Headway-based (VIPS+)

Basis | Search | Impedance | Skim matrices

Impedance = 1.0000 * PJT [min]
 + 1.0000 * Fare

Perceived journey time PJT = 1.0000 * In-vehicle time
 + 1.0000 * PuT-Aux ride time
 + 1.1000 * Access time
 + 1.1000 * Egress time
 + 1.5000 * Walk time
 + 1.5000 * Origin wait time
 + 1.5000 * Transfer wait time
 + 20min * Number of transfers
 + Boarding penalty PuT
 + Boarding penalty PuT-Aux
 + Mean delay

Рис.2.10. Налаштування параметрів функції опору.

Опір визначається

$$IMP = \alpha * PJT + \beta * FARE$$

PJT – час у дорозі, що сприймається користувачем, FARE – ціна білету, α та β – коефіцієнти калібрування.

Час у дорозі, у свою чергу, визначається як функція від складових часу поїздки $PJT = f(ACT, EGT, OWT, TWT, NTR, IVT, WKT, XZ)$.

У транспортній моделі Кривого Рогу він визначається за формулою:

$$PJT = IVT + RIT + 1.1 * AT + 1.1 * MAZ + 1.5 * WKT + 1.5 * OWTA + 1.5 * TWT + 20 * NT$$

- **In-vehicle time (IVT)** - час, проведений у транспортних засобах міського пасажирського транспорту, включаючи час простою на зупинках.

- **RIT** - час між відправленням з початкового пункту зупинки та прибуттям до кінцевого пункту зупинки:

$$RIT = \sum IVT + \sum TWT + \sum WKT$$

- **Access time (AT)** - час, необхідний для проходження початкового з'єднувального пункту.

- **Egress time (ET)** - час, необхідний для подолання кінцевого пункту призначення.

- **Walk time (WKT)** - час на пересадку між двома зупиночними пунктами в межах відповідної зони або між різними зонами зупинки та на пересадках в мережі.

- **Origin wait time adopted (OWTA)** - час очікування в початковому пункті зупинки (застосовується тільки для призначення на основі інтервалу, оскільки для процедури перерозподілу на основі розкладу передбачається, що $OWT = 0$).

- **Transfer wait time (TWT)** - час очікування між прибуттям і відправленням в пункті пересадки

- **Number of transfers (NTR)** - кількість пересадок між пунктом відправлення та пунктом призначення (на одне примикання).

Результати перерозподілу моделі відкалібровані за такою процедурою. Використані три атрибути для маршрутів громадського транспорту: Passenger Flow, PTripsUnlinked(AP), Откл.Пасп.

- 1) Атрибут Passenger Flow – це користувацький атрибут який використовувався для внесення даних пасажиропотоків отриманих з обстеження (фактичні дані).

- 2) Атрибут PTripsUnlinked(AP) – прогнозований попит на перевезення на маршруті громадського транспорту.

3). Атрибут «Откл. Пасп.», – теж користувацький атрибут який розраховується за формулою $[PTRIPSUNLINKED(AP)]-[PASSENGER_FLOW]$.

Тобто «Пасажиropотік отриманий в результаті розрахунку» – «Пасажиropотік отриманий з обстежень» (рис.2.11).

Number	Name	TSysCode	PASSENGER_FLOW	Отклонение_паспотоков	PTripsUnlinked
1	A_№14_Центральний ринок - с. Авангард	BUS	800	-534	266
2	A_№1_пл. Визволення - м/н Всебрatське-2	BUS	4200	-111	4089
3	A_№1A_пл. Визволення - м/н Всебрatське-2	BUS	4200	1009	5209
4	A_№228_пл. Визволення - Північний ГЗК	BUS	6373	6449	12822
5	A_№228A_пл. Визволення - Північний ГЗК	BUS	6121	5510	11631
6	A_№244_пр. Південний - с. Степне	BUS	407	321	728
7	A_№246_Центральний ринок - ж/м Карнаватка	BUS	2200	-1718	482
8	A_№247_Центральний ринок - Турбінний завод Констар	BUS	2200	-1658	542
9	A_№274_станція Кривий Ріг - селище ім. Ілліча	BUS	800	-492	308
10	A_№275_пл. Визволення - вул. Горького	BUS	3000	-1362	1638
11	A_№302_пл. Визволення - Автостанція Ігулець	BUS	2217	2577	4794
12	A_№4_Кінотеатр Зарічний - РЗФ-1	BUS	1631	131	1762

Рис.2.11. Фрагмент калібрування паспотоків на маршрутах автобусів.

Кожна ітерація перерозподілу включала зміну коефіцієнтів у функції опору процедури перерозподілу громадського за інтервалами таким чином, щоб відхилення між показниками паспотоків, отриманих для маршрутів комунальних автобусів за грудень 2023 року, та розрахованими показниками паспотоків для тих самих маршрутів були мінімальними.

У підсумку за базовий взятий до уваги варіант формули опору, при якому вага (корисність) часу їздки та ціни білету має бути однаковою, тобто використані коефіцієнти калібрування, які дорівнюють одиниці.

При моделюванні перерозподілу прогнозного транспортного попиту після введення оплати за проїзд на комунальному транспорті у формулі опору для часу поїздки та ціни білету також використані коефіцієнти калібрування 1.

Аналіз результатів моделювання двох сценаріїв наведено у наступному розділі.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ

Результати моделювання в програмному забезпеченні Visum для міста Кривий Ріг дозволили визначити перерозподіл попиту на громадському транспорті для двох розглянутих сценаріїв, а саме, сучасного положення, коли проїзд на комунальному транспорті безоплатний, та у разі введення фіксованої вартості проїзду (8 грн.).

Обсяги перевезених пасажирів, визначені в моделі з відповідного атрибуту маршрутів комунальних автобусів, показані у табл.3.1.

Табл.3.1

Оціночні обсяги перевезень пасажирів за добу на маршрутах комунальних автобусів до та після запровадження тарифу

Номер маршруту	Пасажиропотік, пас./доба		Різниця, %
	Сучасне положення	Після введення тарифу	
1	4089	3184	-22%
1a	5210	4227	-19%
4	1762	1621	-8%
8	12469	12896	+3%
228	12822	12330	-4%
228a	11631	11279	-3%
244	728	728	0%
302	4794	3896	-18%
Середнє значення			10%

Як видно з табл. 3.1, після запровадження тарифу для комунального транспорту очікується, що попит на маршруті автобусу 1 зменшиться на 22%, на маршруті автобусу 1a – на 19%, на маршруті 302 – 18%. Незначне зменшення попиту прогнозується на маршруті 4– на 4%, 228 – на 4%, 228a – на 3%. На маршруті 244 добовий пасажиропотік залишиться незмінним. На маршруті 8 можливе навіть збільшення паспотоку на 3%.

Очікується мінімальний вплив зміни тарифної політики на транспортний попит на маршрутах великої довжини, таких як 8, 228 та 228а.

На рис.3.1. – рис.3.2. показані отримані картограми пасажиропотоків для існуючого положення та у разі введення плати за проїзд на комунальному транспорті. Рис.3.3. дозволяє провести ретельну оцінку різниці у добових пасажиропотоках між новим та існуючим станом для різних ділянок вулично-дорожньої мережі для всієї мережі пасажирського транспорту. З рис.3.3. випливає, що значні зміни відбуватимуться на ділянці, обмеженою вулицями Бикова, Симонова, Об'їзної дорогою на Вечірньому бульварі та вздовж мкрн. Сонячний, а також по вул. Володимира Великого від пл. В. Великого до перехрестя вул.Едуарда Фукса та Миколи Світальського (173 кв.). Також суттєві зміни очікуються у трикутнику районів Кресу, 129 кварталу та мкрн. Зарічний (рис.3.4).

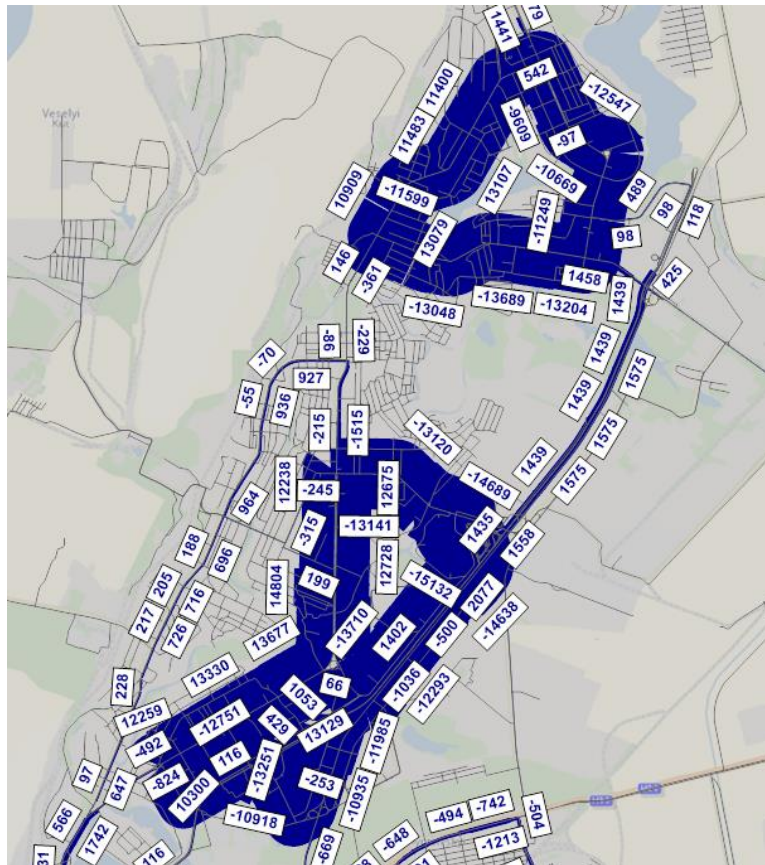


Рис.3.4. Ділянки із найбільшими змінами показників пасажиропотоків

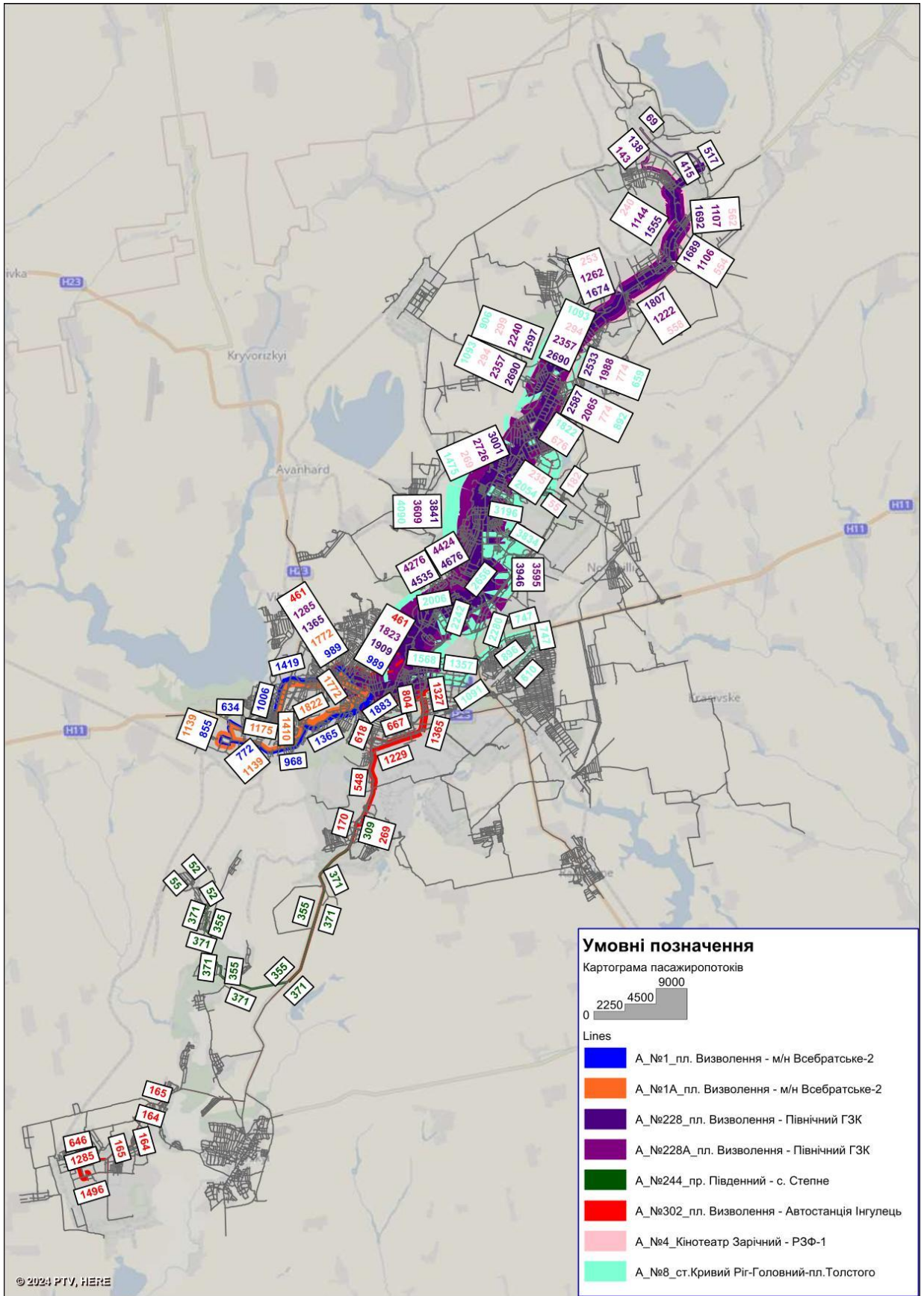


Рис.3.1. Картограма паспотоків на маршрутах автобусів до введення тарифу

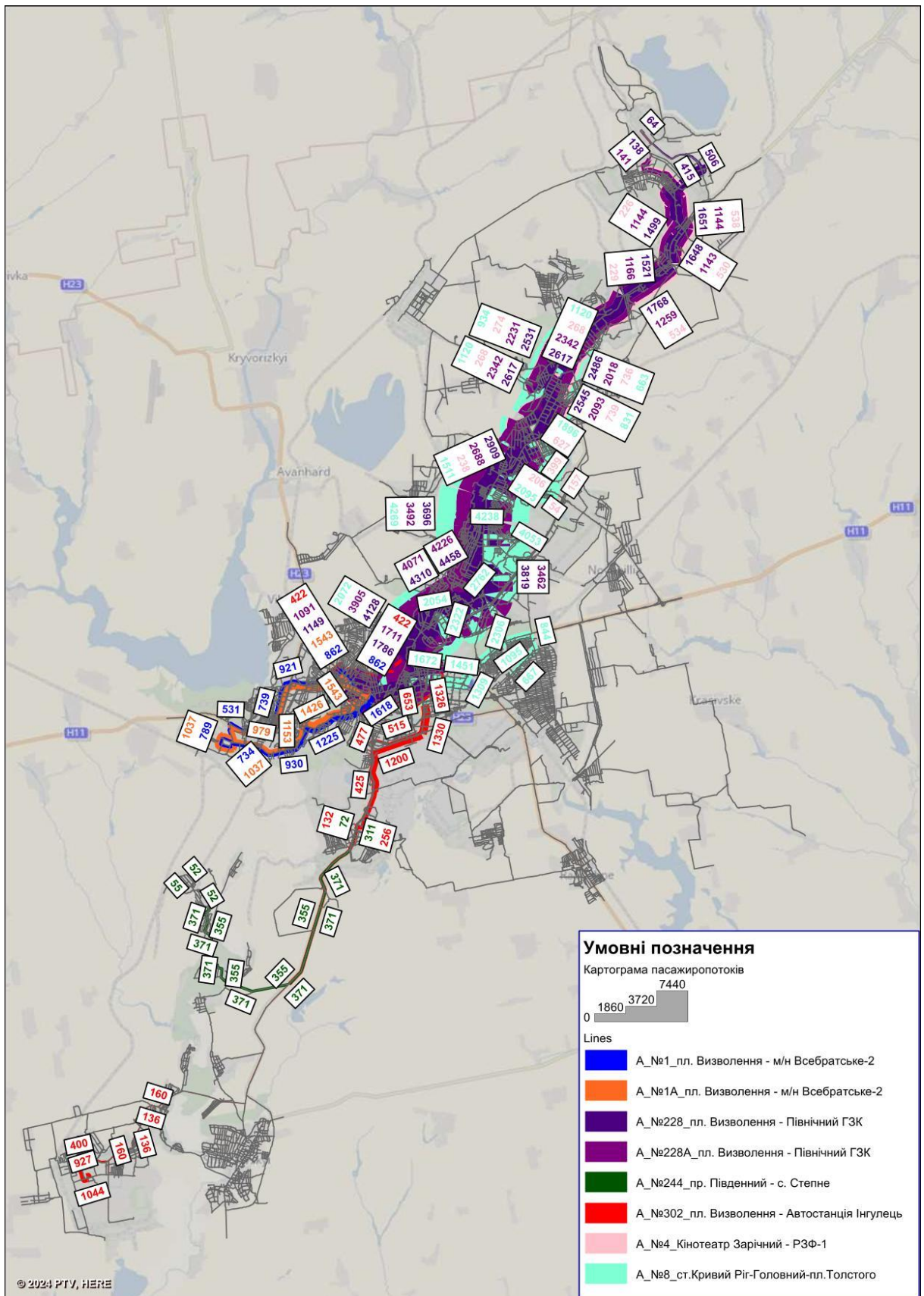


Рис.3.2. Картограма паспотоків на маршрутах автобусів після введення тарифу

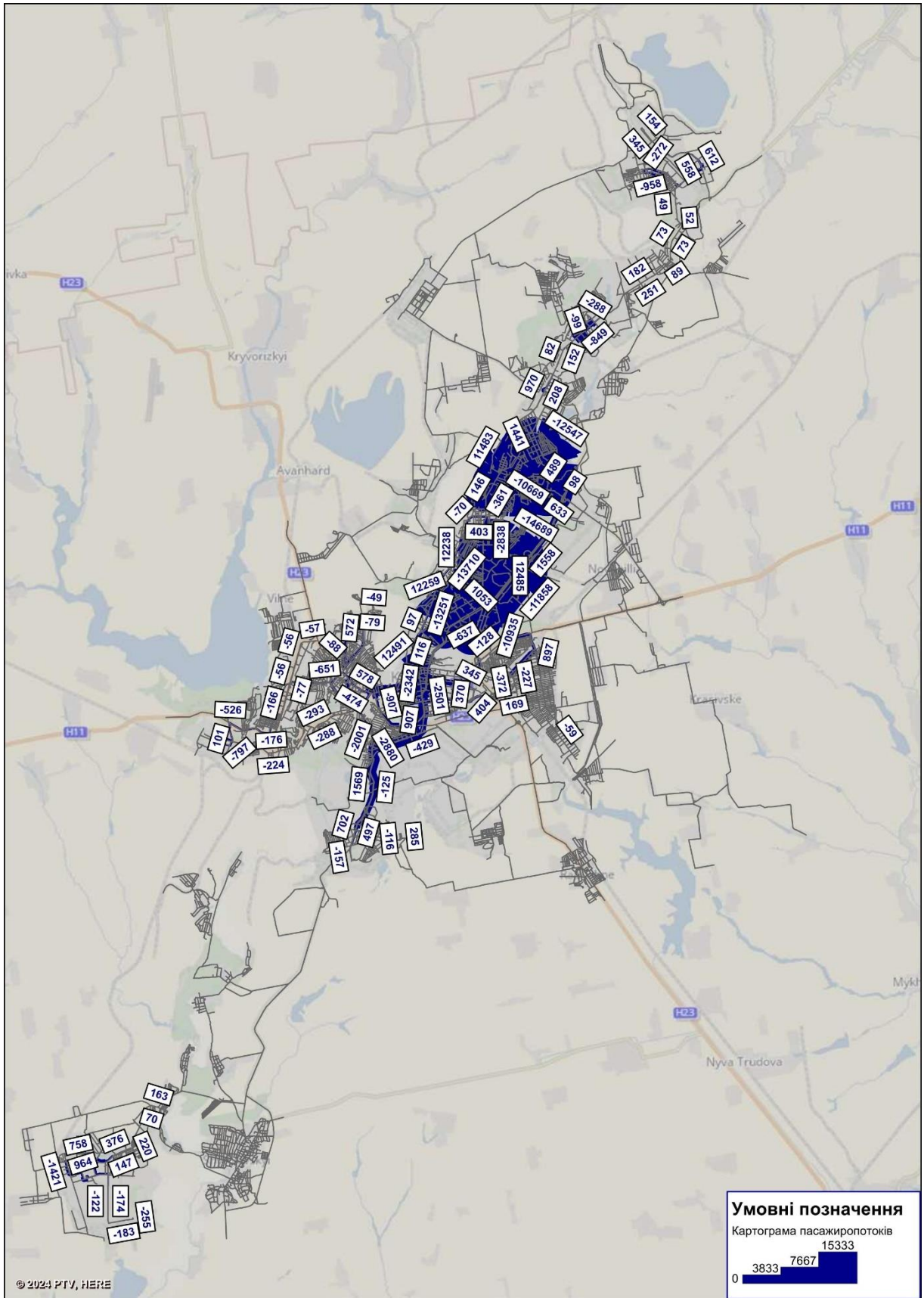


Рис.3.1. Різниця у паспотоках до та після введення тарифу

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Робота, спрямована на збільшення використання громадського транспорту в місті, повинна враховувати умови праці водіїв автобусів, щоб гарантувати безпечні перевезення як для користувачів, так і для водіїв.

У дослідженні [23] визначено, що

- Смертельні випадки в автобусах становлять 0,3-0,5% від загальної кількості ДТП зі смертельними наслідками;
- Смертельні випадки частіше трапляються на сільських дорогах;
- Перекидання трапляються майже у всіх випадках важких аварій;
- Викидання є найнебезпечнішою травмою;
- Переважна більшість ДТП з автобусами сталася на міських дорогах
- Посадка та висадка стали причиною близько третини всіх випадків травмування.

Робоче середовище водіїв автобусів є складним за рахунок таких факторів:

- Відсутність ергономіки водія;
 - Багато другорядних завдань;
 - Високе когнітивне навантаження;
 - Стрес, спричинений факторами, що не залежать від водія (затори, взаємодія з пасажиром тощо);
 - Ризик погроз та насильства
- Водіння автобуса є досить низькостатусною роботою;
 - Позмінна робота - часто зустрічається розділена зміна;
 - Робота наодинці.

У літературі виділяють чотири категорії захворюваності водія:

- Серцево-судинні захворювання (серце та ін.)
- Шлунково-кишкові розлади (шлунок тощо)
- Проблеми опорно-рухового апарату

Втома.

Розлади опорно-рухового апарату, а саме біль у нижній частині спини, шиї та хребті є поширеним явищем, про яке повідомляється в літературі. Фактори впливу:

- Вібрації всього тіла
- Статичні пози/сидіння
- Часті скручування хребта
- Часті різкі повороти голови вліво та вправо
- Незадоволеність роботою
- Низька підтримка керівника
- Високі психологічні вимоги
- Частота виникнення специфічних проблем на роботі.

Їздити автобусом безпечно (<0,5% аварій зі смертельними наслідками). Посадка та висадка спричиняють травми в міських умовах. Умови праці водіїв автобусів є складними. Важливо мати цілісний погляд на умови праці водіїв автобусів і те, що спричиняє підвищений ризик (гальмування, прискорення, взаємодія з транспортними засобами). Фізичні та психологічні аспекти, поганий стан здоров'я та скорочення сну є важливими факторами, які слід враховувати. Втома водія та стрес є основною проблемою для водіїв.

Поради для підвищення безпеки праці водіїв автобусів великої пасажиромісткості [24].

1. Перевірте свої сліпі зони

Перевіряйте дзеркала кожні 8-10 с, щоб знати, чи не потрапляють транспортні засоби у ваші сліпі зони. Крім того, кожні 15 с оглядайте дорогу на предмет заторів, робочих зон та інших небезпек.

2. Пам'ятайте про велику відстань для зупинки.

Занадто швидкий рух транспортного засобу, незважаючи на погодні або дорожні умови, або невчасне гальмування на поворотах створюють ризики

перекидання, а також аварійних ситуацій. Пам'ятайте про довгі гальмівні шляхи та обережно виконуйте широкі повороти.

3. Обережно виконуйте широкі повороти.

Автобуси потребують додаткового простору та часу для виконання широких, обережних поворотів. Виконуйте повороти обережно і сигналізуйте належним чином.

4. Завжди пристібайтеся.

Кількість аварій зі смертельними наслідками зростає, і не пристебнутий ремінь безпеки є ключовим фактором, що сприяє цьому. Пристібайтеся ременем безпеки щоразу, коли сідаєте за кермо. Ремені безпеки можуть врятувати життя, зменшити кількість травм і дозволити водіям залишатися всередині і контролювати свої транспортні засоби в разі аварії.

5. Їдьте з безпечною швидкістю

Великі розміри автобусів ускладнюють водіння, включаючи прискорення, гальмування та маневреність. Великі транспортні засоби повільніше розганяються на підйомах і можуть швидше набирати швидкість на спусках. Їдьте з безпечною швидкістю, уважно стежте за обстановкою і ніколи не перевищуйте швидкість.

6. Залишайтеся зосередженими та уникайте відволікання за кермом

Достатньо відпочивайте; не сідайте за кермо, якщо ви втомлені, погано себе почуваєте або приймаєте ліки, які викликають у вас сонливість або запаморочення. Текстові повідомлення є одним з найгірших відволікаючих факторів під час водіння. Їжа, пиття, взаємодія з навігаційним пристроєм, читання карт або будь-яка інша діяльність, що відволікає увагу від дороги, також можуть відволікати.

7. Завжди використовуйте сигнали.

Сигналізуйте і гальмуйте завчасно, щоб дати іншим водіям достатньо часу помітити ваші наміри. Якщо ви змушені з'їхати з дороги, використовуйте пробліскові маячки, світловідбивачі трикутники, щоб попередити водіїв, які наближаються.

8. Обслуговуйте свій автомобіль.

Перед тим, як вирушити в дорогу, переконайтеся, що ви пройшли перевірку безпеки, особливо шин і гальм.

9. 10. Практикуйте безпеку в робочій зоні.

Робочі зони становлять багато небезпек, таких як зміна смуги руху, раптові зупинки, нерівне дорожнє покриття. На жаль, кількість нещасних випадків зі смертельними наслідками в робочих зонах продовжує зростати, тому життєво важливо серйозно ставитися до безпеки в робочих зонах: знижуйте швидкість, зберігайте додаткову дистанцію та будьте готові зупинитися. Дотримуйтесь усіх знаків і сигналів у робочій зоні. Слідкуйте за змінами в дорожньому русі та будьте уважні до транспортних засобів, що потрапляють у ваші «сліпі зони».

Слідкуйте за дорожніми працівниками та бригадами, що несуть прапори.

ВИСНОВКИ

Робота присвячена аналізу пасажирських потоків на громадському транспорті міста Кривий Ріг у разі введення вартості проїзду на комунальному транспорті.

1. Проблема тарифів на громадському транспорті широко висвітлена у літературі, проте ретроспективний аналіз тарифних політик показав, що не існує загальноприйнятого підходу до структури тарифу, який би задовільнив усі зацікавлені сторони.

2. Програмне забезпечення для транспортного моделювання Visum має розвинену тарифну систему та структуру тарифів, проте не дозволяє безпосередньо моделювати попит на громадський транспорт із фіксованим тарифом. У зв'язку з цим, у роботі запропоновано та перевірено три підходи щодо моделювання фіксованого тарифу у Visum. Після серії розрахунків перерозподілу на громадському транспорті за трьома запропонованими методами встановлено, що найбільш підходящим методом моделювання фіксованого тарифу для транспортної моделі Кривого Рогу є рішення через From-To Zone Matrix.

3. Вартість квитка за проїзд у Visum є складовою опору у процедурі інтервального перерозподілу громадського транспорту. У роботі підібрані коефіцієнти функції опору таким чином, щоб відхилення між показниками пасажирських потоків, отриманих для маршрутів комунальних автобусів за грудень 2023 року, та розрахованими показниками пасажирських потоків для тих самих маршрутів були мінімальними.

4. Отримана тарифна модель у Visum дозволила провести моделювання двох сценаріїв:

- існуючий стан із фіксованим тарифом на автобусні маршрути приватних перевізників у розмірі 15 грн.;

- прогнозний стан із фіксованим тарифом на автобусні маршрути приватних перевізників у розмірі 15 грн. та на маршрути комунального транспорту 8 грн.

5. Після запровадження тарифу для комунального транспорту очікується, що зменшиться попит на маршруті автобусів: під номером 1 – на 22%, 1а – на 19%, 302 – 18%, 4 – на 4%, 228 – на 4%, 228а – на 3%. На маршруті 244 добовий пасажиропотік залишиться незмінним. На маршруті 8 можливе навіть збільшення пасажирського потоку на 3%.

6. Для транспортної мережі Кривого Рогу у цілому суттєві зміни у показниках пасажирських потоків відбуватимуться на ділянці, обмеженою вулицями Бикова, Симонова, Об'їзної дорогою на Вечірньому бульварі та вздовж мкрн. Сонячний, а також по вул. Володимира Великого від пл. В. Великого до перехрестя вул. Едуарда Фукса та Миколи Світальського (173 кв.), а також у трикутнику районів Кресу, 129 кварталу та мкрн. Зарічний.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alan U.D., Birant D., (2018). Server-Based Intelligent Public Transportation System with NFC, IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, vol. 10, issue 1, p. 30-46, DOI 10.1109/MITS.2017.2776102
2. Bondemark, A., Andersson, H., Wretstrand, A. et al, (2020). Is it expensive to be poor? Public transport in Sweden, Transportation, <https://doi.org/10.1007/s11116-020-10145-5>.
3. Chamier-Gliszczyński N., (2012). Modeling system mobility in urban areas, Congress Proceedings CLC 2012, Carpathian Logistics Congress 2012, p. 501-508, ISBN: 978- 808729436-9.
4. Vuchic, V.R., (2007). Urban Transit: Operations, Planning, and Economics. John Wiley & Sons.
5. Cieśla M., Sobota A., Jacyna M., (2020). Multi-Criteria decision making process in metropolitan transport means selection based on the sharing mobility idea. Sustainability 2020, 12(17), 7231; <https://doi.org/10.3390/su12177231>.
6. Drabicki A., Kucharski R., Szarata A., (2017). Modelling the public transport capacity constraints' impact on passenger path choices in transit assignment models. Archives of Transport. 43. 7-28. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.4224>.
7. Takahashi T., (2017). Economic analysis of tariff integration in public transport, Research in Transportation Economics, vol. 66, p. 26-35, ISSN 0739-8859, <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.08.001>
8. Danesi A., Tengattini S., (2020). Evaluating accessibility of small communities via public transit, Archives of Transport, 56, p. 59-72, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.5601->
9. Otto B., Boysen N., (2017). Zone-based tariff design in public transportation networks, Networks, vol. 69, issue 4, p. 349-366, <https://doi.org/10.1002/net.21731->

10. Bondemark, A., Andersson, H., Wretstrand, A. et al, (2020). Is it expensive to be poor? Public transport in Sweden, *Transportation*, <https://doi.org/10.1007/s11116-020-10145-5>.
11. Cools M., Fabbro Y., Bellemans T., (2018). Identification of the determinants of fare evasion, *Case Studies on Transport Policy*, vol. 6, issue 3, p. 348-352, ISSN 2213-624X, <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2017.10.007>.
12. Popovic, V., Gladivic, P., Milicic, M., Stankovic, M., (2018). Methodology of selecting optimal fare system for public transport of passengers, *Promet-Traffic&Transportation*, vol. 30, issue 5, p. 539-547, DOI: 10.7307/ptt.v30i5.2538.
13. Iwanowicz D., Szczuraszek T., (2019). Concept of A System for Integrated Ticketing and Tariffs for A Given Area in Poland, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 471 062019, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/6/062019>
14. Żochowska R., Karoń G., Janecki R., Sobota A., (2018). Selected aspects of the methodology of traffic flows surveys and measurements on an urban agglomeration scale with regard to ITS projects, *Lectur Notes in Networks and systems*, p. 37-49.
15. Ling J.-H., (1998). Transit fare differentials: A theoretical analysis, *Journal of advanced transportation*, vol. 32, issue 3, p. 297-314.
16. Gschwender A., Munizaga M., Simonetti C., (2016). Using smart card and GPS data for policy and planning: The case of Transantiago, *Research in Transportation Economics*, Volume 59, Pages 242-249, ISSN 0739-8859, <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2016.05.004>.
17. Jørgensen F., Pedersen P.A., (2004). Travel distance and optimal transport policy, *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 38, issue 5, p. 415-430, [https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(03\)00049-3](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(03)00049-3).
18. Jansson K., Angell T., (2012). Is it possible to achieve both a simple and efficient public transport zone fare structure? Case study Oslo, *Transport Policy*, vol. 20, p. 150-161.

19. Sun S., Szeto W.Y., (2019). Optimal sectional fare and frequency settings for transit networks with elastic demand, *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 127, p. 147-177, ISSN 0191-2615.

20. Hamacher H.W., Schöbel A., (1995). On fair zone design in public transportation, *Computer-Aided Transit Scheduling, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer, Berlin 430:8–22.

21. <https://www.transmodel-cen.eu/fare-management-tutorial/>

22. <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-visum>

23. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/bus-drivers-health-safety-risks.pdf>

24. <https://www.fmcsa.dot.gov/ourroads/tips-truck-and-bus-drivers>