

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

ПІВТОРАК ГАЛИНА ВАСИЛІВНА

УДК 656.072

**ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖІ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ ТЕОРІЇ КОРИСНОСТІ З
ВИПАДКОВИМ ВИБОРОМ**

Спеціальність 05.22.01 – Транспортні системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі транспортних технологій Національного університету “Львівська політехніка”.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Жук Микола Миколайович,
Національний університет
“Львівська політехніка”,
доцент кафедри транспортних технологій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Меленчук Тетяна Михайлівна,
Державний університет інтелектуальних
технологій та зв’язку,
завідувач кафедри транспортних технологій
та менеджменту;

кандидат технічних наук, доцент
Куницька Ольга Миколаївна,
Національний транспортний університет,
доцент кафедри транспортних систем
та безпеки дорожнього руху.

Захист відбудеться “_____” _____ 2021 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.052.20 Національного університету “Львівська політехніка” (79013, м. Львів, вул. Професорська, 1, корп. XIV, ауд. 61).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці НУ “Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України (79013, м. Львів, вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий “_____” _____ 2021

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент

В.В. Ковалишин

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Для прийняття ефективних рішень у сфері планування та організації роботи міського транспорту необхідно володіти інформацією про величини та розподіл пасажиропотоків міською територією, що дозволить визначати коректні значення параметрів мережі міських пасажирських перевезень.

Переміщення людей зазвичай здійснюється з певною метою. Залежно від цього відбувається вибір способів переміщення – свідомий чи несвідомий. Розуміння цих процесів дозволяє сформуваати адекватну прогностичну модель попиту на переміщення.

Існуючі моделі визначення попиту зазвичай орієнтовані на прогнозування регулярних переміщень (зокрема трудових та навчальних), які є масовішими і, водночас, легше піддаються прогнозуванню. Проте в значних та найзначніших містах велику частку становлять нерегулярні переміщення, врахування яких дозволить точніше оцінити потреби у переміщенні та розробити заходи щодо задоволення цього попиту. Одним з таких видів переміщень є переміщення, пов'язані з вузлами зовнішнього транспорту (ВЗТ).

Функціонування вузлів зовнішнього транспорту відбувається не автономно, а у взаємозв'язку з міською пасажирською мережею. Тому визначення обсягів переміщень, пов'язаних з ВЗТ, та врахування їх у матриці пасажирських кореспонденцій є актуальним завданням, яке дозволить підвищити точність прогнозування попиту на міські пасажирські перевезення (МПП).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку кафедри транспортних технологій Національного університету «Львівська політехніка». Дисертація виконана в межах науково-дослідної роботи «Оптимізація автомобільних транспортних систем та підвищення безпеки дорожнього руху» (номер державної реєстрації 0118U000348 з 2018 року по 2022 рік). Робота виконана згідно з «Транспортною стратегією України на період до 2030 року», схваленою Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. №430-р, згідно зі «Стратегією розвитку Львівської області на період до 2020 року», затвердженою рішенням сесії Львівської обласної ради від 29.03.2016 р. № 146, та згідно зі «Стратегією розвитку Львівської області на період 2021-2027 років», затвердженою рішенням сесії Львівської обласної ради від 24.12.2019 р № 1599-ПР.

Мета дослідження – визначення попиту на перевезення пасажирів з урахуванням вузлів зовнішнього транспорту у мережі міських пасажирських перевезень на основі моделей теорії корисності з випадковим вибором.

Досягнення мети вимагає вирішення таких **завдань**:

– аналіз відомих підходів до визначення параметрів мережі міських пасажирських перевезень;

- теоретичні дослідження впливу параметрів мережі міських пасажирських перевезень на функціонування системи громадського пасажирського транспорту;

- дослідження формування попиту на основі визначення критеріїв функції корисності, формування мультиноміальної логіт-моделі вибору режиму переміщення та виду вузла зовнішнього транспорту користувачами міської транспортної системи Львова і перевірка їх на адекватність;

- розроблення практичних рекомендацій щодо врахування переміщень, пов'язаних із вузлами зовнішнього транспорту, при визначенні попиту на міські пасажирські перевезення.

Об'єкт дослідження – міські пасажирські перевезення.

Предмет дослідження – параметри мережі міських пасажирських перевезень.

Методи дослідження. Під час проведення досліджень використовувались методи наукової ідентифікації та аналізу, анкетних та натурних досліджень, теорії ймовірностей та математичної статистики, системного аналізу, імітаційного моделювання з використанням програмного продукту PTV Visum, аналітичного моделювання та регресійного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше обґрунтовано критерії та сформовано мультиноміальні логіт-моделі вибору виду вузла зовнішнього транспорту та режиму переміщень користувачів транспортної системи міською територією;

- вдосконалено підходи до визначення характеристик функціонування вузлів зовнішнього транспорту, які, на відміну від існуючих, враховують привабливість ВЗТ;

- набула подальшого розвитку існуюча 4-етапна модель визначення попиту на переміщення, яка враховує вплив вузлів зовнішнього транспорту міста;

- набули подальшого розвитку методи розрахунку матриць кореспонденцій та функції корисності вибору режиму переміщення з урахуванням розширення їх переліку.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані функції корисності вибору виду вузла зовнішнього транспорту та режиму переміщень міською територією до ВЗТ можуть бути використані для розрахунку параметрів мережі міських пасажирських перевезень (величини пасажиропотоків, розподілу пасажиропотоків за напрямками, інтервалів руху транспортних засобів на маршрутах громадського пасажирського транспорту (ГПТ)).

Окремі результати досліджень та розроблена в PTV Visum модель використовуються в навчальному процесі при викладанні дисциплін «Міський пасажирський транспорт» та «Організація і управління міськими пасажирськими перевезеннями» студентам-магістрам спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» (освітня програма «Організація перевезень та управління на транспорті» і освітньо-наукова програма «Розумний транспорт і

логістика для міст») кафедри «Транспортні технології» НУ «Львівська політехніка», що підтверджується відповідним актом впровадження.

Результати дисертаційної роботи впроваджені під час планування нерегулярних маршрутів руху з вузлів зовнішнього транспорту міською територією Львова в ТЗОВ «ФІРМА ІНТЕРПОСТ» та під час формування розкладів руху міських і приміських пасажирських маршрутів в ТЗОВ «Успіх-БМ».

Особистий внесок здобувача. Автором опубліковано особисто та у співавторстві 7 наукових статей у фахових виданнях України, 1 стаття у виданні, яке входить до наукометричної бази Scopus, 1 стаття у виданні, яке входить до наукометричної бази Index Copernicus, 2 статті в інших виданнях, а також 14 тез доповідей на Всеукраїнських та міжнародних конференціях. Автору належать усі наукові результати, що виносяться на захист. У працях, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора полягає в наступному: проведено опрацювання результатів досліджень у програмному середовищі Statistika та визначено коефіцієнти функцій корисності вибору виду вузла зовнішнього транспорту [1]; визначено та обґрунтовано параметри, які характеризують привабливість вузла зовнішнього транспорту, проведено експериментальні дослідження для перевірки результатів розрахунків [2]; визначено діапазони зміни тривалостей посадки-висадки пасажирів та сформовано моделі залежностей [3], розроблено програмний модуль для визначення відхилень прибуттів транспортних засобів на зупинку відносно розкладових [4], сформовано висновки щодо чинників, які найбільше впливають на характеристику зупинки [5], визначено чинники, які характеризують зупинки як контрольні точки [6], проведено та опрацьовано результати анкетних досліджень щодо характеристик міських поїздок з розподілом за їх метою [8], проведено моделювання в PTV Visum для оцінки впливу значень коефіцієнтів функції переваги на розподіл кореспонденцій між транспортними районами [9], зроблено аналіз методів моделювання попиту на міські пасажирські перевезення [10], визначено та оцінено показники міських поїздок, пов'язаних з вузлами зовнішнього транспорту [11].

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень доповідалися на I та III Всеукраїнських науково-теоретичних конференціях «Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання» (м. Львів, НУ «ЛП», 26 – 28 березня 2015 р та 28 – 30 березня 2019 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» (СНУ ім. В. Даля, 4 – 8 травня 2015 р.), XII науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку економіки і підприємництва та комп'ютерних технологій в Україні» (м. Львів, НУ «ЛП», 4 – 8 квітня 2016 р.), II Всеукраїнській науково-практичній конференції «Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні» (м. Львів, НУ «ЛП», 17 – 18 березня 2016 р.), IX Міжнародній науково-практичній конференції «Транспорт і логістика: проблеми та рішення» (м. Одеса,

СНУ ім. В. Даля та ОНМУ, 22 – 24 травня 2019 р.), I та II міжнародних науково-технічних Інтернет-конференціях «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем» (м. Рівне, НУВГП, 21–23 травня 2019 р. та 25–27 березня 2020 р.), International scientific and practical conference «Technical sciences: history, the present time, the future, EU experience» (Wloclawek, Republic of Poland, 27 – 28 September 2019 year), Всеукраїнській науково-технічній Інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем» (м. Рівне, НУВГП, 28–29 листопада 2019 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Транспортні технології та безпека дорожнього руху» (Запоріжжя, ЗНТУ, 14–15 квітня 2020 р.), IX міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути» (м. Київ, 16 жовтня 2020 р.), VI всеукраїнській науково-практичній конференції «Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей» (м. Луцьк, ЛНТУ, 26 – 27 червня 2020 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 9 наукових праць, з яких дві у вітчизняних журналах, що входять у наукометричні бази даних (одна – у Scopus і одна – в Index Copernicus), та 7 у наукових фахових виданнях України, а також 2 статті в інших виданнях і 14 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 142 найменування, і 10 додатків. Загальний обсяг дисертації – 203 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету і завдання, розкрито методи дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі** проаналізовано підходи до вивчення транспортних систем (ТС) та оцінки взаємодії попиту і пропозиції в їх межах. Основним елементом ТС, який характеризує пропозицію, є мережа міського пасажирського транспорту. Проведено оцінку вимог до визначення параметрів мережі МПП, зокрема, величини пасажиропотоків та їх розподілу в просторі. Дослідженням моделей визначення попиту на перевезення займалися, зокрема, такі науковці - Горбачов П.Ф., Шпильовий І.Ф., Гончаренко С.Ю., Россолов О.В., Любий Є.В., Кара І.А., Касетта Е., Бербі А., Кабаллеро Дж. та інші. Проте більшість досліджень спрямовано на вивчення регулярних перевезень (трудових, навчальних). Моделюванню попиту на нерегулярні переміщення приділяється недостатньо уваги.

Під час вивчення нерегулярних переміщень доцільним є використання моделей теорії корисності з випадковим вибором, зокрема, мультиноміальних логіт-моделей (МЛМ), застосуванням яких для оцінки вибору режиму чи маршруту

переміщення займалися Свічинська О.В., Білоус А.Б., Каталано М., Вашбрук К., Лакатос А. та інші. Одним з видів таких переміщень є переміщення, пов'язані з вузлами зовнішнього транспорту. На сьогодні більшість досліджень функціонування вузлів зовнішнього транспорту пов'язані з вивченням їх внутрішньої роботи. Розгляду впливу ВЗТ на функціонування транспортної системи міста загалом приділяється недостатньо уваги.

У **другому розділі** розглянуто принципи формування моделі міської пасажирської мережі. Проаналізовано основні сучасні програмні продукти, що застосовуються в сфері транспортного моделювання. Розглянуто класичну чотириетапну модель транспортного попиту з вказанням можливостей застосування МЛМ на її етапах. Охарактеризовано процедуру застосування теорії корисності для оцінки вибору виду ВЗТ та режиму переміщень міською територією серед набору альтернатив.

При врахуванні в моделі попиту переміщень, пов'язаних з вузлами зовнішнього транспорту, структура формування функції корисності може набувати такого вигляду (рис. 1).

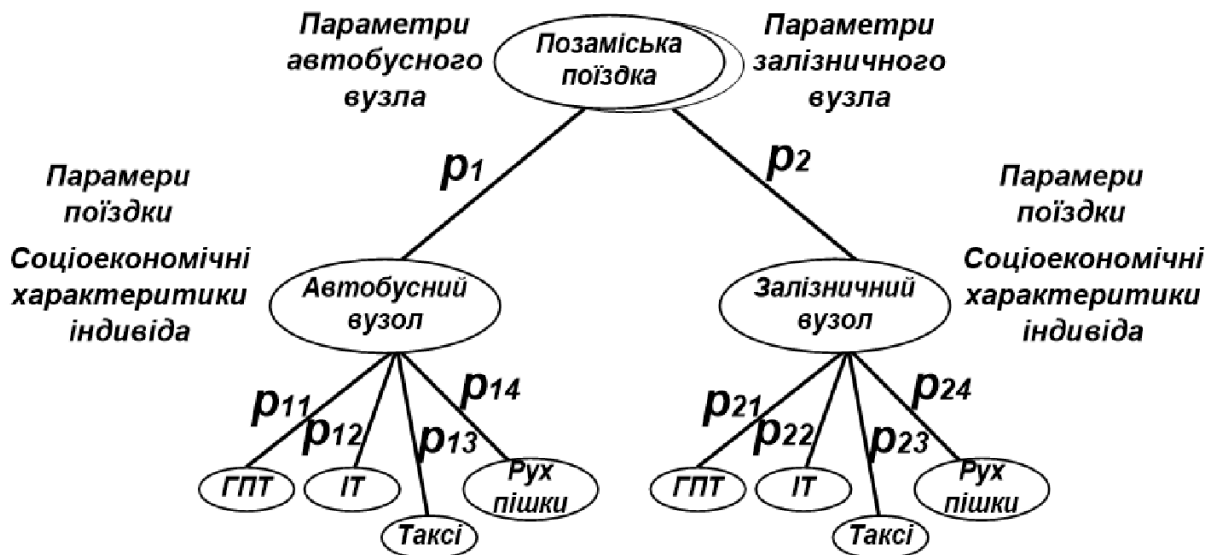


Рис. 1. Структура формування функції корисності під час моделювання переміщень, пов'язаних з ВЗТ: p_1, p_2 - ймовірності вибору автобусного чи залізничного вузла, $p_{11} - p_{14}$ - ймовірності вибору режиму переміщення (між громадським транспортом, індивідуальним транспортом (ІТ), таксі та рухом пішки) до автобусного вузла; $p_{21} - p_{24}$ - ймовірності вибору режиму переміщення до залізничного вузла.

У роботі під поняттям «автобусний вузол» розуміється ВЗТ, який обслуговує приміські, міжміські та міжнародні автобусні маршрути, а під поняттям «залізничний вузол» - ВЗТ, який обслуговує пасажирські залізничні перевезення.

Тобто запропоновано модель типу ієрархічний логіт, при якій спершу відбувається вибір виду вузла зовнішнього транспорту для подальшого виконання

позаміської поїздки. Чинниками такого вибору виступають параметри ВЗТ, а функції корисності для вибору залізничного та автобусного вузлів дозволять оцінити ймовірності цього вибору.

Після вибору ВЗТ користувач здійснює вибір режиму переміщення міською територією. Для оцінки наявних альтернатив (громадський транспорт, індивідуальний транспорт, таксі чи переміщення пішки) використано як соціоекономічні характеристики індивіда, так і параметри самого переміщення (основний параметр – тривалість руху).

Ступінь впливу складових елементів функції корисності оцінюється з допомогою емпіричних коефіцієнтів. Для цього необхідно проводити натурні обстеження та анкетування користувачів транспортних послуг з подальшим статистичним опрацюванням отриманих результатів.

У **третьому розділі** проаналізовано мережу вузлів зовнішнього транспорту Львова, яка налічує 2 залізничних вокзали, залізничну станцію, 2 автовокзали, 5 автостанцій та аеропорт (який в подальшому не розглядається в роботі, оскільки в сучасних умовах не є альтернативою для внутрішніх переміщень) - табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика вузлів зовнішнього транспорту Львова

Вузол зовнішнього транспорту	Умовне позначення	Максимальна завантаженість на відправку, пас/добу
Головний залізничний вокзал (пл. Двірцева, 1)	А	15851
Приміський залізничний вокзал (вул. Городоцька, 112)	В	31395
Станція "Підзамче" (вул. Огіркова, 1)	С	7560
Автовокзал «Львів» (вул. Стрийська, 109)	Д	5635
Автовокзал «Північний» (вул. Хмельницького, 225)	Е	17331
Автостанція № 4 (вул. Шевченка, 105)	Ф	5950
Автостанція № 5 (вул. Зелена, 114)	Г	3900
Автостанція № 6 (вул. Личаківська, 154)	Н	6400
Автостанція № 8 (пл. Двірцева, 1)	К	2865
Автостанція «Західна» (вул. Городоцька, 359)	Л	4441

Для оцінки привабливості ВЗТ використано балансуєчий множник, який оцінює привабливість вибору з урахуванням відповідних показників (кількість відправок, години роботи, можливі напрямки руху з вузла, альтернативи вузлу та розподіл відправок з вузла за напрямками). Показники привабливості вузлів оцінено в бальній системі від 1 до 10 (чим більший бал, тим краще значення показника для вузла). Результати розрахунків наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Показники привабливості вузлів зовнішнього транспорту

Вузол зовнішнього транспорту	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L
Рейтинг	38	29	31	34	37	30	26	33	33	32
Балансуючий множник	1	0,76	0,82	0,89	0,97	0,79	0,68	0,87	0,87	0,84
Привабливість, пас/добу	15851	23959	6167	5042	16875	4697	2668	5558	2488	3740

Дані про пересування, які пов'язані з вузлом зовнішнього транспорту, отримано шляхом проведення анкетних досліджень двох груп користувачів транспортних послуг: студентів та працездатного населення. Встановлено, що вибір виду ВЗТ здійснюється на основі таких критеріїв: тривалість та вартість подальшої поїздки (42% та 26% користувачів відповідно охарактеризували ці показники як найважливіші), напрямок подальшої поїздки та часовий період відправки (табл. 3).

Таблиця 3

Визначені критерії функції корисності при виборі виду ВЗТ

Критерій	Розподіл загальної кількості поїздок, %				
	Діапазон 1 (до 1 год)	Діапазон 2 (1 – 2 год)	Діапазон 3 (2 – 3 год)	Діапазон 4 (3 – 4 год)	Діапазон 5 (> 4 год)
Тривалість поїздки позаміської	6	26	22	19	27
Вартість поїздки позаміської	28	22	17	17	16
Часовий період відправки	2	19	59	15	5
Напрямок поїздки позаміської	північний та північно-східний	східний	південно-західний	південний	південно-східний
	26	25	15	19	15

Вибір режиму переміщення міською територією здійснюється з урахуванням соціоекономічних характеристик користувача та характеристик поїздок у напрямках «дім – ВЗТ» та «ВЗТ – дім» (табл. 4).

Розрахунок коефіцієнтів функцій корисності для формування МЛМ проведено в пакеті Statistica. Отримано наступні функції корисності вибору виду ВЗТ:

**Визначені критерії функції корисності під час вибору режиму переміщень
міською територією**

Критерій	Кількість, %	Критерій	Кількість, %
Кількість чоловіків	48.4	Тривалість поїздки до 20 хв	32.3
Кількість жінок	51.6	Тривалість поїздки 20 - 40 хв	51.6
Кількість працюючих	41.9	Тривалість поїздки більше 40 хв	16.1
Кількість непрацюючих	58.1	Вік до 35 років (включно)	50.1
Наявність власного авто	25.8	Вік більше 35 років	49.9
Виконання поїздки в робочий день			48.4
Виконання поїздки у вихідний день			51.6

- студентські переміщення, напрямки з основною часткою маршрутів до 100 км (західний та південно-західний напрямки):

$$V_{bus} = 7,15 \cdot X_{dir}^{bus} + 1,3 \cdot X_{travel}^{bus} - 1,31 \cdot X_{cost}^{bus} - 2,9$$

$$V_{train} = 9,17 \cdot X_{dir}^{train} + 1,42 \cdot X_{travel}^{train} + 0,54 \cdot X_{cost}^{train} - 5,89$$

- студентські переміщення, напрямки з основною часткою маршрутів від 100 до 200 км (північний та північно-східний напрямки):

$$V_{bus} = 2,87 \cdot X_{dir}^{bus} + 1,87 \cdot X_{travel}^{bus} - 2,16 \cdot X_{cost}^{bus} - 2,12$$

$$V_{train} = 2,14 \cdot X_{dir}^{train} + 2,56 \cdot X_{travel}^{train} - 1,59 \cdot X_{cost}^{train} - 4,24$$

- студентські переміщення, напрямки з основною часткою маршрутів більше 200 км (південний, південно-східний та східний напрямки):

$$V_{bus} = 0,03 \cdot X_{dir}^{bus} + 1,13 \cdot X_{travel}^{bus} - 1,16 \cdot X_{cost}^{bus} + 2,58$$

$$V_{train} = -0,05 \cdot X_{dir}^{train} + 1,87 \cdot X_{travel}^{train} - 0,98 \cdot X_{cost}^{train} + 3,1$$

- переміщення працездатного населення, напрямки з основною часткою маршрутів до 100 км:

$$V_{bus} = 5,98 \cdot X_{dir}^{bus} - 1,8 \cdot X_{travel}^{bus} - 0,31 \cdot X_{cost}^{bus} + 0,36 \cdot X_{time}^{bus} - 2,01$$

$$V_{train} = 6,15 \cdot X_{dir}^{train} - 2,26 \cdot X_{travel}^{train} - 0,16 \cdot X_{cost}^{train} + 1,36 \cdot X_{time}^{train} - 3,6$$

- переміщення працездатного населення, напрямки з основною часткою маршрутів від 100 до 200 км:

$$V_{bus} = 3,34 \cdot X_{dir}^{bus} + 1,95 \cdot X_{travel}^{bus} - 1,4 \cdot X_{cost}^{bus} + 0,84 \cdot X_{time}^{bus} - 2,43$$

$$V_{train} = 3,64 \cdot X_{dir}^{train} + 2,18 \cdot X_{travel}^{train} - 1,6 \cdot X_{cost}^{train} + 2,3 \cdot X_{time}^{train} - 3,9$$

- переміщення працездатного населення, напрямки з основною часткою маршрутів від 200 км:

$$V_{bus} = 5,89 \cdot X_{dir}^{bus} - 1,74 \cdot X_{travel}^{bus} - 0,29 \cdot X_{cost}^{bus} + 1,2 \cdot X_{time}^{bus} + 3,2$$

$$V_{train} = 9,24 \cdot X_{dir}^{train} - 2,26 \cdot X_{travel}^{train} - 0,16 \cdot X_{cost}^{train} + 1,34 \cdot X_{time}^{train} - 3,61$$

У наведених функціях використано такі позначення:

V_{bus} - корисність вибору автобусного вузла зовнішнього транспорту;

V_{train} - корисність вибору залізничного вузла зовнішнього транспорту;

$X_{dir}, X_{travel}, X_{cost}, X_{time}$ - значення критеріїв функції корисності (напрямку, тривалості, вартості та часового періоду початку переміщення).

Ймовірність вибору певного виду вузла (між залізничним та автобусним) розраховується за мультиноміальною логіт-моделлю:

$$p^i [m] = \frac{e^{V_m^i}}{\sum_m e^{V_m^i}}, \quad (1)$$

де V_m^i - корисність альтернативи для користувача групи i для подальшого позаміського переміщення.

Адекватність сформованої МЛМ перевірено шляхом порівняння результатів розрахунків за цією моделлю з результатами окремої тестової вибірки з 30 опитувань (отримано 86% збіжності результатів).

Для критеріїв, які впливають на вибір режиму переміщення міською територією до ВЗТ, визначено значення ентропії множини даних і значення приростів інформації. Встановлено, що при формуванні функції корисності такі критерії, як день тижня та стать користувача, несуттєво впливають на вибір режиму переміщення (значення приростів інформації становлять 0,002 та 0,0003 відповідно). Це рішення дозволило прискорити подальші розрахунки без втрати точності моделі. Отримано такі функції корисності вибору режиму переміщення:

- режим переміщення громадським транспортом:

$$V_{PuT} = -1,152 \cdot t_{PuT} - 1,365 \cdot Car - 3,54 \cdot N_{transfer} + 4,564 \cdot N_{route} - 1,987$$

- режим переміщення індивідуальним транспортом:

$$V_{PrT} = -2,235 \cdot t_{PrT} + 10,453 \cdot Car + 1,246 \cdot Work - 1,589$$

- режим переміщення таксі:

$$V_{taxi} = -0,385 \cdot t_{taxi} - 6,069 \cdot Age - 10,069$$

- режим переміщення пішки:

$$V_{walk} = -1,03 \cdot t_{walk} + 5,46 \cdot Age$$

Де $t_{PuT}, t_{PrT}, t_{taxi}, t_{walk}$ - тривалість переміщення громадським транспортом, індивідуальним транспортом, таксі та пішки;

Car - наявність власного автомобіля (1 – є авто, 0 - немає);

Age - вік (1 – якщо вік ≤ 35 р, 0 – якщо вік більше 35 років);

$Work$ - вид зайнятості (1 – працюючий, 0 – непрацюючий);

$N_{transfer}$ - наявність пересадок (1 – якщо є пересадка, 0 – якщо немає);

N_{route} - кількість маршрутів громадського транспорту.

Отримані функції корисності дають можливість прогнозувати величину попиту з розподілом за режимами переміщення міською територією.

Візьмемо для прикладу транспортний район № 18 з такими характеристиками: загальна кількість жителів – 1000 осіб, з них 400 осіб – віком до 35 років, працюючі становлять 60% від загальної кількості жителів району, автомобілем володіють 300 осіб, тривалість руху пішки від цього ТР до вузла зовнішнього транспорту – 20 хв, тривалість переміщення ГТ – 15 хв, тривалість руху власним авто чи таксі – 10 хв, між ТР та ВЗТ є два безпересадкових маршрути громадського транспорту.

Корисність режимів переміщення за таких умов становитиме:

Рух пішки, вік до 35 років: $V_{walk} = -1,03 \cdot 20 + 5,46 \cdot 1 = -15,14$.

Рух пішки, вік після 35 років: $V_{walk} = -1,03 \cdot 20 = -20,6$.

Рух ІТ, працююче населення, наявність авто:

$$V_{PrT} = -2,235 \cdot 10 + 10,453 \cdot 1 + 1,246 \cdot 1 - 1,589 = -12,24$$

Рух ІТ, працююче населення, відсутність авто:

$$V_{PrT} = -2,235 \cdot 10 + 1,246 \cdot 1 - 1,589 = -22,69$$

Рух ІТ, непрацююче населення, наявність авто: $V_{PrT} = -13,48$.

Рух ІТ, непрацююче населення, відсутність авто: $V_{PrT} = -23,94$.

Рух таксі, вік до 35 років: $V_{taxi} = -0,385 \cdot 10 - 6,069 \cdot 1 - 10,069 = -19,99$.

Рух таксі, вік після 35 років: $V_{taxi} = -13,92$.

Рух ГТ, наявність авто: $V_{PuT} = -1,152 \cdot 15 - 1,365 \cdot 1 + 4,564 \cdot 2 - 1,987 = -11,54$.

Рух ГТ, відсутність авто: $V_{PuT} = -10,14$.

Ймовірності вибору кожного з режимів розраховано за мультиноміальною логіт-моделлю (формула (1)). В результаті отримано ймовірності переміщення пішки ($p_{walk} = 0,004$), індивідуальним транспортом ($p_{PrT} = 0,032$), громадським транспортом ($p_{PuT} = 0,947$) та таксі ($p_{taxi} = 0,017$), на основі яких можна розрахувати кількість осіб, що скористаються певним режимом.

У **четвертому розділі** у програмному середовищі PTV Visum побудовано модель території Львова з поділом на транспортні райони (рис. 2). Під час переміщення міською територією більшість користувачів під час використання системи громадського транспорту надають перевагу поїздки без пересадки. Тому для оцінки доступності кожного з районів з точки зору ГПТ сформовано матрицю кількості прямих маршрутів, які з'єднують ці райони між собою.

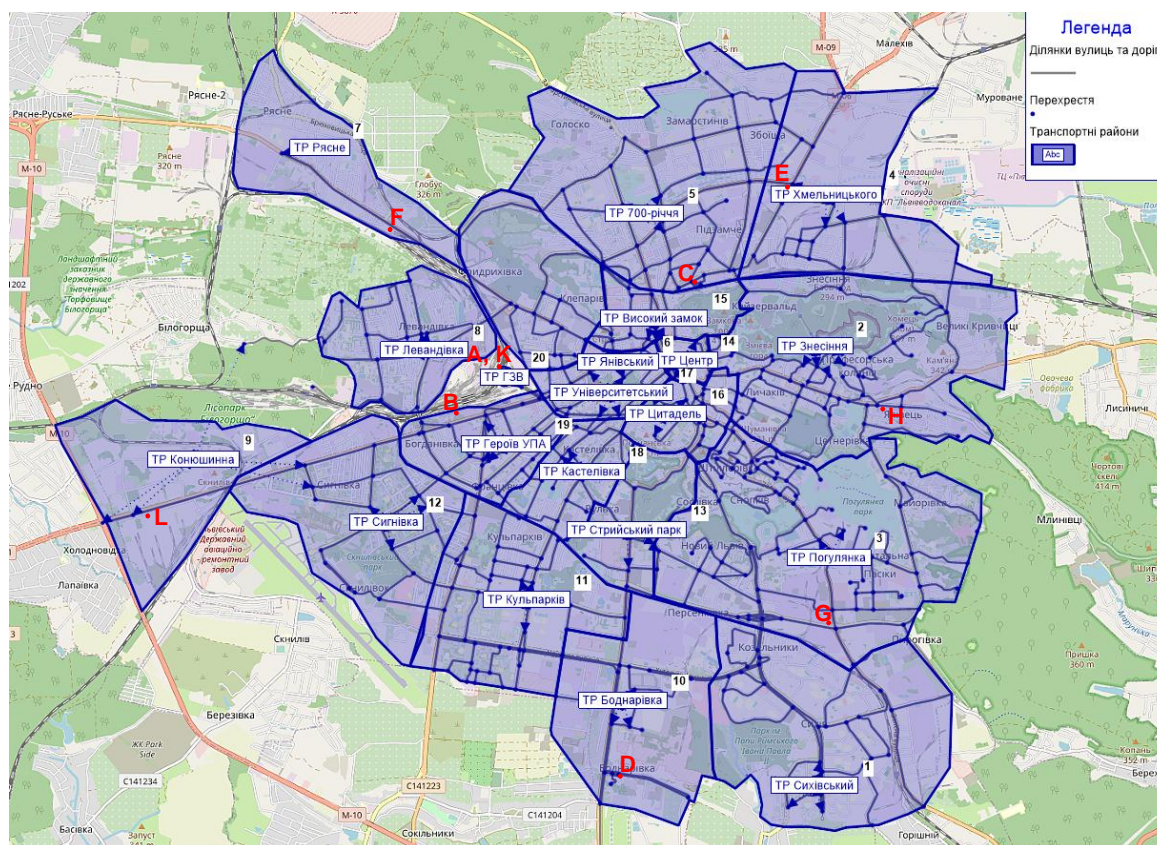


Рис. 2. Поділ території Львова на транспортні райони

Генерування переміщень здійснено для 16 шарів попиту, які враховують мету міських переміщень. Особливо виділено переміщення, пов'язані з вузлами

зовнішнього транспорту, та визначено коефіцієнти рухомості для цих переміщень: дiм – ВЗТ (0,14), ВЗТ – дiм (0,07) та навчання – ВЗТ (0,17). Початкова матриця кореспонденцій розрахована за гравітаційною моделлю з урахуванням кількості жителів та характеристик точок тяжіння в кожному транспортному районі.

Розрахунок пасажиропотоків проведено за чотириетапною моделлю попиту. На етапі розподілу переміщень, пов'язаних з ВЗТ, враховано функції корисності вибору виду вузла зовнішнього транспорту. Вибір режиму для переміщень, пов'язаних з ВЗТ, визначено за мультиноміальною логіт-моделлю з використанням функцій корисності вибору режиму переміщення. Процедура розподілу пасажиропотоку для системи громадського транспорту проведена на основі попередньо заданих розкладів руху на маршрутах ГПТ. Перерозподіл здійснювався методом «Branch and Bound», в якому для кожного району відправки генерується набір можливих шляхів переміщення. В результаті отримано підсумкові матриці переміщень – загальну та з розподілом за режимами.

Сумарна кількість переміщень міською територією, отримана в результаті моделювання, становить 1931717 осіб/добу. З них 54% - переміщення громадським транспортом, 24% - індивідуальним транспортом, 3% - таксі і 19% - пішки. Переміщення, пов'язані з ВЗТ, становлять 8% від добового пасажиропотоку на міському громадському транспорті – 125531 особа/добу. Вони мають таку структуру за режимами: громадський транспорт – 65%, індивідуальний транспорт – 23%, таксі – 8% і пішки – 4%.

Для перевірки отриманих результатів моделювання проведено натурні обстеження на міських тролейбусних маршрутах протягом робочого тижня. Середній коефіцієнт варіації величини пасажиропотоку становить 3,3% (максимальна розбіжність між даними натурних обстежень та результатом моделювання – 8%).

Отримані в результаті моделювання пасажиропотоки, пов'язані з вузлами зовнішнього транспорту, наведено у табл. 5 та на рис. 3. Визначено відсоток переміщень, пов'язаних з ВЗТ, в загальному обсязі пасажиропотоку на ділянці вулично-дорожньої мережі в місцях розташування вузлів зовнішнього транспорту.

Таблиця 5

Величини пасажиропотоків, пов'язаних з ВЗТ

ВЗТ	A, K	B	C	D	E	F	G	H	L
Загальна величина пасажиропотоку на ділянці, осіб/добу	13828	18338	1230	13674	21916	7604	12210	18489	18501
Величина пасажиропотоку до ВЗТ, осіб/добу	10450	2860	450	2560	4520	985	1120	2450	3840

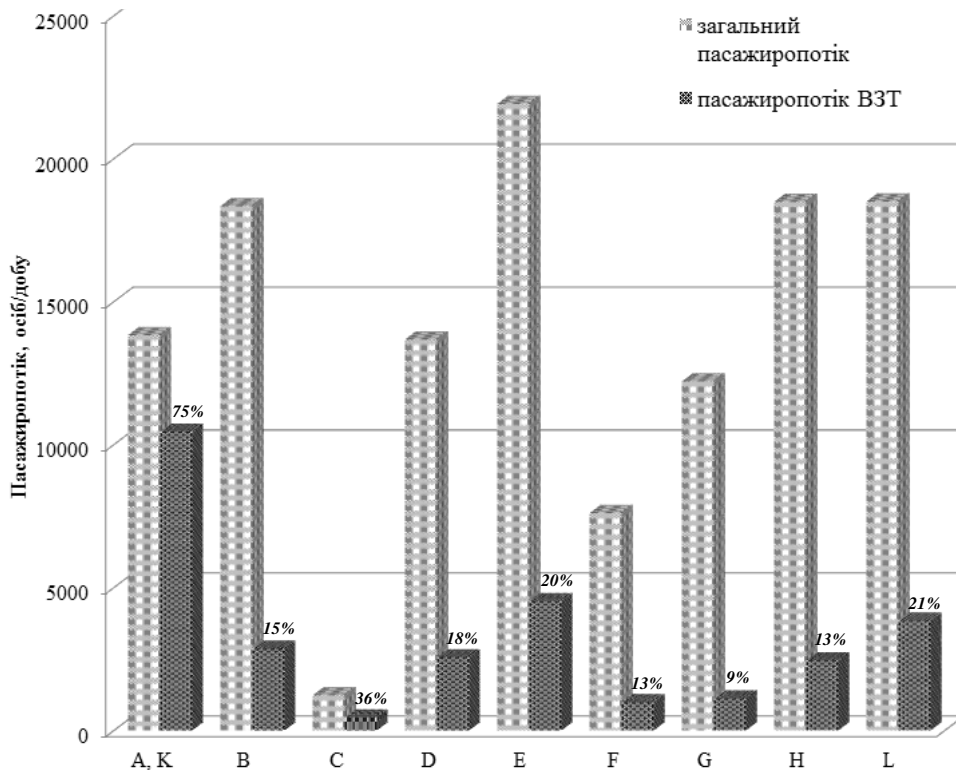


Рис. 3. Розподіл пасажиропотоків на ділянках з ВЗТ

Отримані результати моделювання пасажиропотоків можна використовувати для коректування розкладів руху на маршрутах ГПТ та пасажиромісткості автобуса (на автобусних маршрутах).

На основі мультиноміальної логіт-моделі вибору виду вузла зовнішнього транспорту проведено оцінку впливу зміни параметрів позаміської поїздки (тривалості та вартості) на ймовірність цього вибору залежно від довжини маршруту. Найефективнішим заходом для збільшення ймовірності вибору є зменшення тривалості переміщення. Найбільший ефект від цього заходу спостерігається на маршрутах довжиною до 100 км (збільшення ймовірності вибору на 87%). Зміна вартості переміщення здійснює найбільший вплив на ймовірність вибору ВЗТ на маршрутах довжиною від 100 до 200 км (зростання вартості зменшує ймовірність вибору ВЗТ на 37%, а зменшення вартості – збільшує ймовірність на 50%).

Отримані результати дозволяють оцінити доцільність внесення змін щодо ціни та/чи тривалості переміщення на позаміських маршрутах та моделювати зміну параметрів мережі міських пасажирських перевезень.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасні підходи до визначення параметрів мережі міських пасажирських перевезень. Основою для їх розрахунку є інформація про попит на переміщення. Більшість досліджень зосереджено на регулярних переміщеннях (трудовах, навчальних). Нерегулярні переміщення, зокрема переміщення, пов'язані

з вузлами зовнішнього транспорту, у проаналізованих роботах висвітлено недостатньо.

2. Оцінку нерегулярних переміщень доцільно проводити із застосування моделей теорії корисності з випадковим вибором. Розроблено ієрархічну модель для врахування переміщень, пов'язаних із ВЗТ, яка включає прогнозування ймовірності вибору виду вузла зовнішнього транспорту та режиму переміщення міською територією. Привабливість ВЗТ визначається з урахуванням таких критеріїв: кількість відправок, кількість напрямків, розподіл за напрямками, тривалість роботи та кількість альтернатив при русі в певному напрямку.

3. Визначено критерії вибору виду ВЗТ для подальшого виконання позаміської поїздки (напрямок, тривалість та вартість поїздки і часовий період відправки) та режиму переміщення міською територією (соціоекономічні характеристики користувача, тривалість переміщення та параметри мережі ГПТ). При виборі виду ВЗТ для 42% користувачів найважливішим критерієм є тривалість переміщення, для 26% - вартість. Щодо режиму переміщень міською територією, то найбільший вплив на вибір здійснює вік користувача, наявність у нього власного авто та тривалість поїздки.

4. Сформовано функції корисності для оцінки ймовірності вибору виду ВЗТ (автобусний чи залізничний) та режиму переміщення міською територією (громадський транспорт, індивідуальний транспорт, таксі чи рух пішки) за мультиноміальною логіт-моделлю. Коефіцієнти параметрів функцій корисності визначено на основі даних анкетних опитувань з використанням програми Statistica.

5. У програмному середовищі PTV Visum створено модель міста (Львів). Елементами моделі є транспортна мережа, маршрутна мережа та банк даних для визначення попиту на переміщення. Отримано матриці кореспонденцій та величини пасажиропотоків. Загальна кількість добових переміщень становить 1931717 осіб/добу, кількість переміщень громадським транспортом – 1043127 осіб/добу, з них 125531 особа/добу – переміщення, пов'язані з ВЗТ (8% від добового пасажиропотоку на міському громадському транспорті). Переміщення, пов'язані з ВЗТ, мають таку структуру за режимами: громадський транспорт – 65%, індивідуальний транспорт – 23%, таксі – 8% і пішки – 4%. Отримані обсяги пасажиропотоків є параметром мережі міських пасажирських перевезень та основою для розрахунку інтервалів руху і типу транспортних засобів на маршрутах.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Pivtorak H. Development of a multinomial logit-model to choose a transportation mode for intercity travel / M. Zhuk, H. Pivtorak, V. Kovalyshyn, I. Gits // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – №3/3 (105). – P. 69 – 77.

2. Півторак Г.В. Оцінка притягуючої здатності вузлів зовнішнього транспорту Львова / Жук М.М., Півторак Г.В. // Вчені записки ТНУ ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 30 (69), № 6 - 2019. - С. 162 – 169.

3. Півторак Г.В. Оцінка тривалості посадки-висадки пасажирів на зупинці громадського транспорту в залежності від кількості маршрутів / Жук М.М., Півторак Г.В. // Науковий журнал «Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті» — Луцьк: Луцький НТУ, 2016. - № 1(5). - С.73 – 77.

4. Півторак Г.В. Оцінка регулярності руху транспортних засобів на міському автобусному маршруті з точки зору пасажира за допомогою програмного модуля в середовищі Python / Жук М.М., Півторак Г.В. // Вісник НУ «ЛП». Серія «Динаміка, міцність та проектування машин і приладів» — Львів:, 2016. - № 836. - С.168 – 173.

5. Півторак Г.В. Оцінка впливу умов руху та характеристик міських автобусних маршрутів на вибір зупинок як контрольних точок / Півторак Г.В., Вариницька О.В. // «Вісник СХУ ім.В.Даля» — Северодонецьк:, 2016. - № 1 (255). - С.166 – 16

6. Півторак Г.В. Аналіз методів вибору контрольних точок маршруту громадського транспорту для визначення моменту корекції розкладу руху / А. Б. Білоус, Г. В. Півторак // Автошляховик України. - 2017. - № 1-2. - С. 48-51.

7. Півторак Г.В. Дослідження тривалості простою маршрутних транспортних засобів на зупинках громадського транспорту Львова / Г. В. Півторак // Автошляховик України. - 2019. - № 2. - С. 17 – 23.

8. Півторак Г.В. Прогнозування вибору виду транспорту у разі міських переміщень на основі класифікаційних дерев рішень / Жук М.М., Півторак Г.В., Гіць І.І., Козак М.М.// Вчені записки ТНУ ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 31 (70), № 4 - 2020. - С. 221 – 226.

9. Півторак Г. В. Оцінка впливу зміни параметрів функції переваги на розподіл попиту на переміщення між транспортними районами міста / Півторак Г. В., Голомовзий В. М., Жила М. П. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : науковий журнал. – 2020. – № 2 (15). – С. 118–126.

10. Halyna Pivtorak. About passenger travels demand modeling in urban transportation systems / Mykola Zhuk, Halyna Pivtorak // Transport Technologies. Lviv Polytechnic National University. – 2020. – Volume 1, Number 1, P. 45 – 53.

11. Pivtorak H. Analysis of demand for public transport service in Lviv city / Gits I., Zhuk M., Pivtorak H.// Transport Technologies. – 2020. – Vol. 1, № 2. – P. 57–64.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

12. Галина Півторак, Андрій Білоус. Визначення добових періодів зміни часу оборту на маршруті з допомогою кластерного аналізу / Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання»: тези доповідей, 26 – 28 березня 2015 року – Львів, НУ «ЛП», ст. 79 – 81.

13. Півторак Г.В. Моделювання попиту на громадський транспорт з використанням програмного середовища VISION VISUM / Міжнародна науково-практична конференція «Логістичне управління та безпека руху на транспорті»: тези доповідей, 4 – 8 травня 2015 року – Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля, ст. 144 – 146.

14. Півторак Г.В. Розробка моделі оцінки регулярності руху транспортних засобів на міському автобусному маршруті з точки зору пасажирів / Збірник тез доповідей XII науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку економіки і підприємництва та комп'ютерних технологій в Україні», 4 – 8 квітня 2016 року - Л: ННППТ НУ «ЛП», ст. 41 – 43.

15. Півторак Г.В. Дослідження тривалості часу простою автобуса на зупинці громадського пасажирського транспорту / Збірник тез доповідей Другої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні», 17 – 18 березня 2016 року - Львів: Видавництво Львівської політехніки, ст. 92 – 94.

16. Pivtorak Halyna. Topological analysis of efficiency of transportation network (at the example of Lviv city) / Zhuk Mykola, Pivtorak Halyna. // III Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання»: тези доповідей, 28 – 30 березня 2019 року – Львів, НУ «ЛП», ст. 50 – 51.

17. Півторак Г.В. Особливості формування баз даних для моделей частоти поїздок в маршрутних мережах міста / Жук М.М., Півторак Г.В. // IX Міжнародна науково-практична конференція «Транспорт і логістика: проблеми та рішення»: тези доповідей, 22 – 24 травня 2019 року – Одеса, Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля, Одеський національний морський університет, ст. 228 – 230.

18. Pivtorak H. Using relative neighborhood graphs for analyzing the network of external transport hubs (at the example of Lviv city) / Zhuk M., Pivtorak H. // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: збірник тез I міжнародної науково-технічної Інтернет-конференції, (Рівне, 21–23 травня 2019 року). – 2019. – С. 71–73.

19. Півторак Г.В. Порівняння мереж вузлів зовнішнього транспорту значних міст на основі теорії графів / Півторак Г.В., Булишин Н.А., Козак М.М., Жила М.П. // International scientific and practical conference «Technical sciences: history, the present time, the future, EU experience»: тези доповідей, 27 – 28 September 2019 year – Wloclawek, Republic of Poland, P. 181 – 184.

20. Півторак Г. Визначення характеристик міських поїздок Львова / Жук М., Півторак Г. // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: збірник тез Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції, (Рівне, 28–29 листопада 2019 року). – 2019. – С. 51–52.

21. Півторак Г. Оцінка додаткових витрат часу маршрутних транспортних засобів перед регульованими перехрестями / Півторак Г., Булишин Н. // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: збірник тез Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції, (Рівне, 28–29 листопада 2019 року). – 2019. – С. 68–69.

22. Півторак Г. Аналіз мережі транспортно-пересадочних вузлів міста Львова / Півторак Г., Жила М. // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: збірник тез II Міжнародної науково-технічної Інтернет-конференції, (Рівне, 25–27 березня 2020 року). – 2020. – С. 68–69.

23. Півторак Г.В. Оцінка розподілу переміщень за режимами з врахуванням мети поїздки (у м. Львові) / Півторак Г.В., Жила М.П. // Транспортні технології та безпека дорожнього руху: збірник тез Всеукраїнської науково-практичної конференції (Запоріжжя, 14–15 квітня 2020 року). – 2020. – С. 44–46.

24. Півторак Г.В. Оцінка якості систем громадського транспорту найкрупніших міст на основі показника насиченості / Півторак Г.В., Гіць І.І. // Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути: матеріали IX міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Київ, 16 жовтня 2020 року). – 2020. – С. 660–666.

25. Півторак Г.В. Прогнозування вибору виду транспорту при переміщенні з метою покупок на основі побудови дерева рішень / Півторак Г.В., Козак М.М. // Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей: матеріали VI всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Луцьк, 26 – 27 червня 2020 року). – 2020. – С. 114–117.

АНОТАЦІЯ

Півторак Г.В. Визначення параметрів мережі міських пасажирських перевезень на основі моделей теорії корисності з випадковим вибором. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 “Транспортні системи” – Національний університет “Львівська політехніка”, Міністерство освіти і науки України, Львів, 2021.

Робота присвячена визначенню параметрів мережі міських пасажирських перевезень з урахуванням нерегулярних переміщень, пов’язаних з вузлами зовнішнього транспорту, на основі моделей теорії корисності з випадковим вибором.

Під час виконання роботи вдосконалено підходи до визначення характеристик вузлів зовнішнього транспорту шляхом оцінки їх привабливості, проаналізовано вплив ВЗТ на функціонування мережі міських пасажирських перевезень, сформовано функції корисності вибору виду ВЗТ, функції корисності вибору

режиму переміщення міською територією з врахуванням соціоекономічних характеристик користувача, тривалості переміщення та характеристик мережі громадського транспорту. З використанням програмного середовища Statistica розраховано коефіцієнти функцій корисності для оцінки ймовірності вибору певної альтернативи з переліку запропонованих. На основі цих даних у програмному середовищі PTV Visum розроблено модель розрахунку попиту на переміщення (м. Львів) з розподілом за режимами.

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані для визначення параметрів мережі міських пасажирських перевезень, а саме для моделювання пасажиропотоків, що генеруються та притягуються транспортними районами, з урахуванням привабливості вузлів зовнішнього транспорту, та їх розподілу міською територією за режимами руху, що є складовою науково-практичного завдання обґрунтування проектних рішень щодо вдосконалення параметрів міської пасажирської мережі.

Ключові слова: пасажиропотік, матриця кореспонденцій, режим руху, вузол зовнішнього транспорту, моделювання попиту, мультиноміальна логіт-модель, функція корисності, анкетні дослідження.

АННОТАЦИЯ

Пивторак Г.В. Определение параметров сети городских пассажирских перевозок на основе моделей теории полезности со случайным выбором. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 “Транспортные системы” – Национальный университет “Львовская политехника”, Министерство образования и науки Украины, Львов, 2021.

Работа посвящена определению параметров сети городских пассажирских перевозок с учетом нерегулярных перемещений, связанных с узлами внешнего транспорта, на основе моделей теории полезности со случайным выбором.

Во время выполнения работы усовершенствованы подходы к определению характеристик узлов внешнего транспорта путем оценки их притягивающей способности. Проанализировано влияние УВТ на функционирование сети городских пассажирских перевозок, сформированы функции полезности выбора вида УВТ, функции полезности выбора режима перемещения городской территорией, в которых учтены социэкономические характеристики пользователя, продолжительность перемещения и характеристики сети общественного транспорта. С использованием программной среды Statistica рассчитаны коэффициенты функций полезности для оценки вероятности выбора определенной альтернативы из перечня предложенных. На основе этих данных в программной среде PTV Visum

разработана модель расчета спроса на перемещение (г. Львов) с распределением по режимам.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы для определения параметров сети городских пассажирских перевозок, а именно для моделирования пассажиропотоков, генерируемых и притягивающихся транспортными районами, с учетом притягивающей способности узлов внешнего транспорта, и их распределения городской территорией за режимами движения, что является составной частью научно-практического задания обоснования проектных решений по совершенствованию параметров городской пассажирской сети.

Ключевые слова: пассажиропоток, матрица корреспонденций, режим движения, узел внешнего транспорта, моделирование спроса, мультиномиальная логит-модель, функция полезности, анкетные исследования.

SUMMARY

Pivtorak G.V. Determination of parameters of urban passenger transportation network based on models of random utility theory. – Manuscript.

Dissertation for the Candidate of Technical Sciences degree on specialty 05.22.01 “Transport systems” – Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2021.

Decision-making in the branch of transport has a significant impact not only on the transport system but also on the functioning of the city as a whole and on its perception as a comfortable living environment. The validity of the values of the parameters of the urban passenger transport network will allow to determine the components of the demand for movement and effectively provide transport services while increasing their comfort and improving environmental parameters.

The selection criteria are determined and their specific weight is determined, the classical four-stage demand model is improved by taking into account the influence of external transport hubs and related movements, the general matrix of movements and distribution of passenger flows in the city is calculated. For this purpose, it is offered to use random utility models.

During the work, a list of criteria for users to choose the type of external transport hubs: the direction of movement, duration of the trip, the cost of the trip, and the time period of departure. To select the mode of city movement, a multinomial logit model was formed, which takes into account the socio-economic characteristics of the user (age, type of employment, availability of own car) and duration of movement. Questionnaires were conducted to collect data on the characteristics of movements associated with external transport hubs. Using the Statistica software environment, the coefficients of utility functions are calculated to estimate the probability of choosing a certain alternative from the list of proposed ones.

Based on these data in the software environment PTV Visum developed a model for calculating the demand for movement with the modes choice, which takes into account the attractiveness of external transport hubs at the stage of determining the attractiveness of transport zones. Movements related to external transport hubs are taken into account at the stage of calculation of origin-destination matrices.

For the first time, the method of calculation of attractiveness of external transport hubs on the basis of their score estimation is offered, it is offered to consider in formation of a matrix of movements by city territory the trips connected with external transport hubs, developed the multinomial models of a choice of type to external transport hubs and mode choice for movements by city territory.

The results of the dissertation can be used to determine the parameters of the urban passenger transport network, namely to model passenger flows generated and attracted by transport zones, taking into account the attractiveness of external transport hubs, and their distribution in urban zones by modes choices, and to develop timetables public transport routes, which is a component of the scientific and practical task of substantiation of design decisions to improve the parameters of the city passenger network.

Key words: passenger flow, origin-destination matrix, mode choice, external transport hub, demand modeling, multinomial logit model, utility theory, questionnaires.

Півторак Галина Василівна

**Визначення параметрів мережі міських пасажирських перевезень на
основі моделей теорії корисності з випадковим вибором**

05.22.01 – Транспортні системи

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск *В.В. Ковалишин*

Підписано до друку _____2021 р.

Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.

Друк ксерографічний. Ум. друк. арк. 0,9.

Наклад 100 прим. Зам. №10-13