



Україна на шляху до вуглецевої нейтральності



# Міжнародна науково-практична конференція «Зменшення викидів CO<sub>2</sub> в українських містах: шляхи до кліматичної нейтральності»

Хмельницький | Гібридний формат | 24 квітня 2026


Павло Радюк

Хмельницький національний університет




# Цифрові інновації та транспортне моделювання


## Контекст U\_CAN: Шлях до кліматичної нейтральності



**Європейський досвід:**  
Участь у місії ЄС (EU Missions Cities) зі створення кліматично-нейтральних міст.



**Цифрові інструменти:**  
Інтеграція програмних рішень для моніторингу та оптимізації мереж.



**Залучення мешканців:**  
Орієнтація на реальні потреби громадян як фундамент для екологічних змін.



# Пілотне впровадження у Хмельницькому: адаптивне управління

Хмельницький виступає майданчиком для розробки ПСММ (Плану сталої міської мобільності) із застосуванням передових технологій в рамках WP4.



# Формування доказової бази: опитування та дослідження

Жодна цифрова модель не працює без якісних даних, зібраних безпосередньо від мешканців міста.

## Бортовий замір



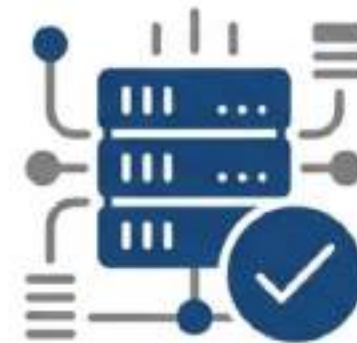
Натурні вимірювання на 28 маршрутах без автоматизованих систем (травень 2024). Залучено студентів KhNU.

## Зовнішнє обстеження



Моніторинг частоти руху та візуальна оцінка наповненості на 15 ключових магістральних локаціях.

## Лабораторний аналіз



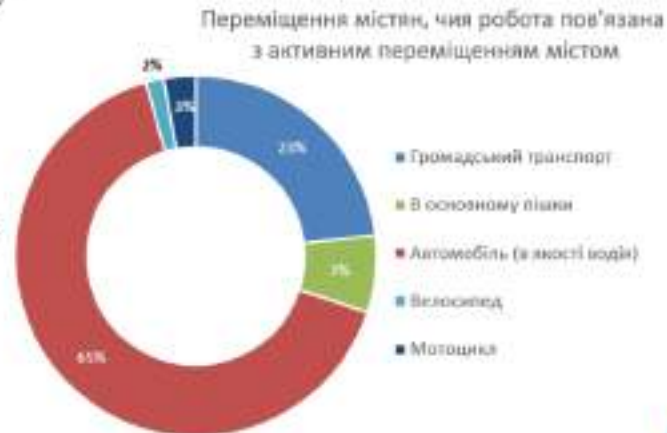
Опрацювання цифрових даних транзакцій (валідацій) у комунальному транспорті.

# Патерни мобільності мешканців: як рухається місто

Опитування мобільності виявило реальні звички, пріоритети та потреби користувачів транспортної системи.

## Поїздки по роботі, пов'язані з регулярними переміщеннями

- Окремо додаємо результати для тих, чия основна чи додаткова робота пов'язана з регулярними переміщеннями містом (кур'єр, торговий агент, водій таксі чи громадського транспорту, тощо)
- Ці респонденти не розписували кожну поїздку окремо, а узагальнили дані про поїздки за попередній день
- Загалом це понад 980 переміщень.
- В ході подальших розрахунків ці поїздки додаватимуться до шару "Робота-Робота" та відповідних режимів переміщень.



Визначено ключові фактори вибору маршрутів та способів пересування.

Зібрано відгуки щодо задоволеності поточною інфраструктурою.

Дані інтегровано безпосередньо у розрахунки попиту для комп'ютерної моделі (налаштування поведінкових алгоритмів).

# Аналіз громадського транспорту: пікові навантаження



Інструмент:

Обстеження проведено за допомогою мобільного додатку TransitWand.



Пікове навантаження:

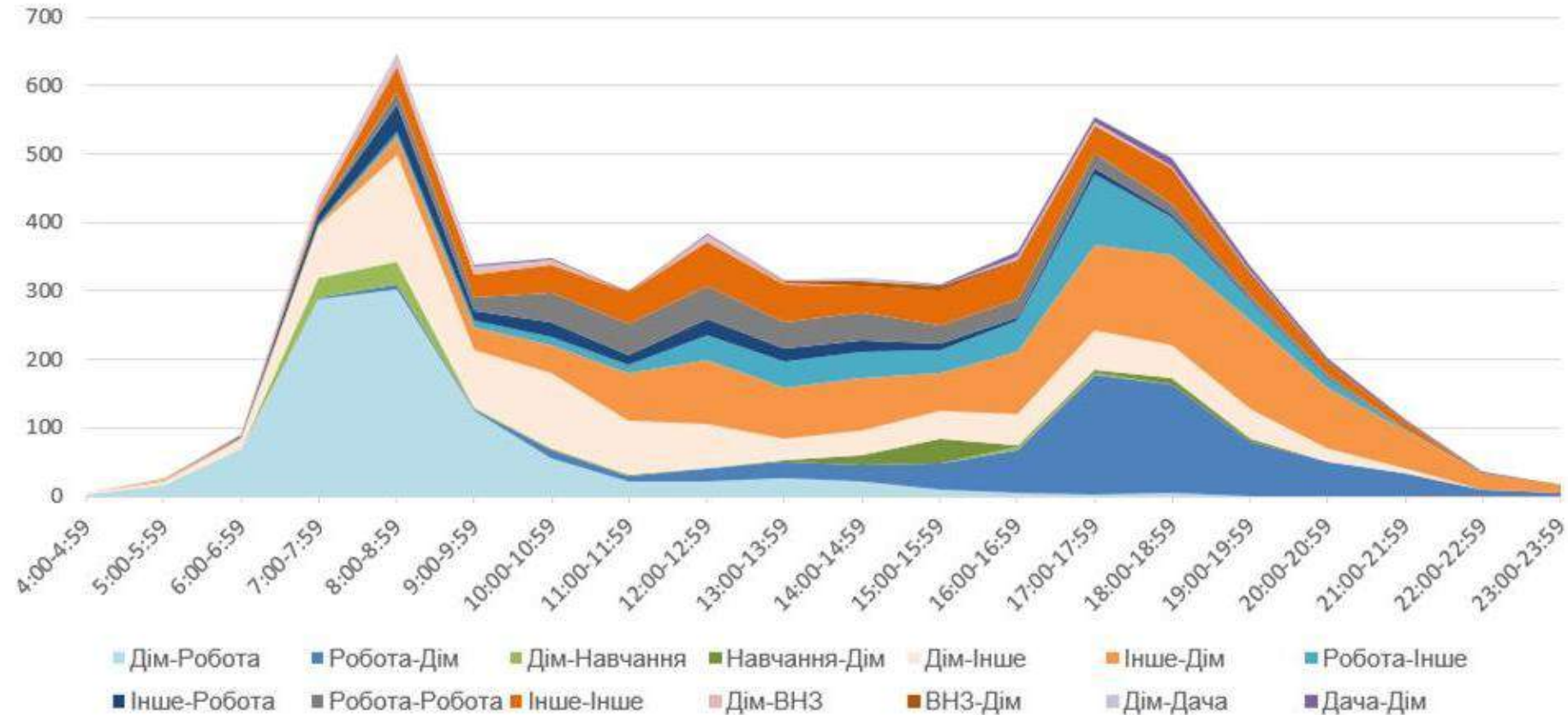
Ранковий пік чітко ідентифіковано між 8:00 та 9:00.



Гарячі точки:

Найбільша кількість валідацій поза центром виявлена на зупинках: «вул. Довженка», «Поліклініка №2», «Педагогічна академія».

Будні



# Транспортна модель: основа прийняття рішень

Модель є інструментом для тестування гіпотез перед їх фізичним впровадженням на вулицях міста.

**База:**  
Створена у рамках  
розробки ПСММ  
(Травень 2025).



## **Аналіз:**

Допомагає зрозуміти існуючі транспортні потоки та локалізувати «вузькі місця».

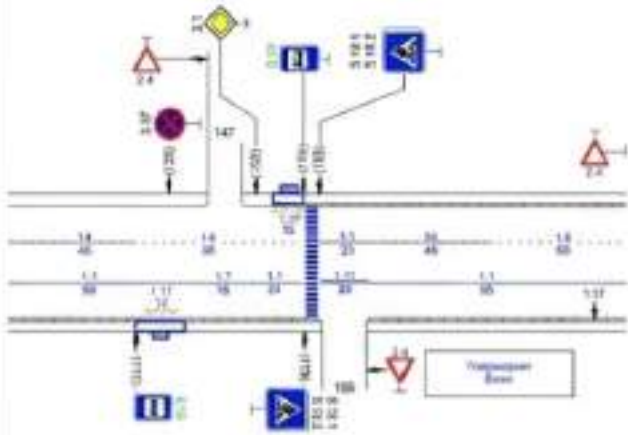
## **Прогноз:**

Слугує об'єктивною базою для оцінки ефективності заходів та оптимізації екології.

# Структура вхідних даних макромоделі

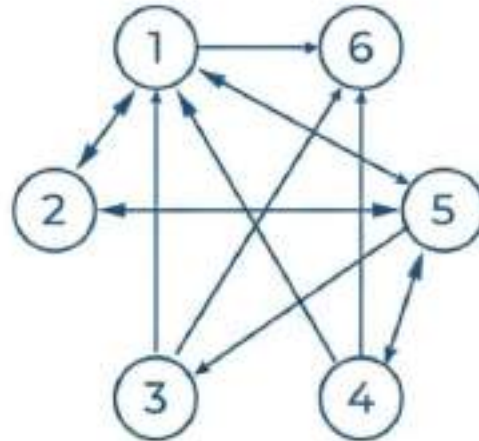
Модель синтезує інфраструктурні, демографічні та динамічні дані в єдину цифрову екосистему.

## Пропозиція (Мережа)



- Атрибути графа (смуги, швидкість).
- Маршрути та розклади ГТ.
- Місця паркування.

## Попит (Мобільність)



- Соціально-економічна статистика.
- Дані про мобільність (опитування).

## Управління (Регулювання)



- Дані світлофорних об'єктів.
- Регуляторні обмеження та знаки.

# Алгоритм побудови моделі у PTV Visum

1

**Моделювання мережі (Supply):** Оцифрування вулиць, районів та маршрутів.

2

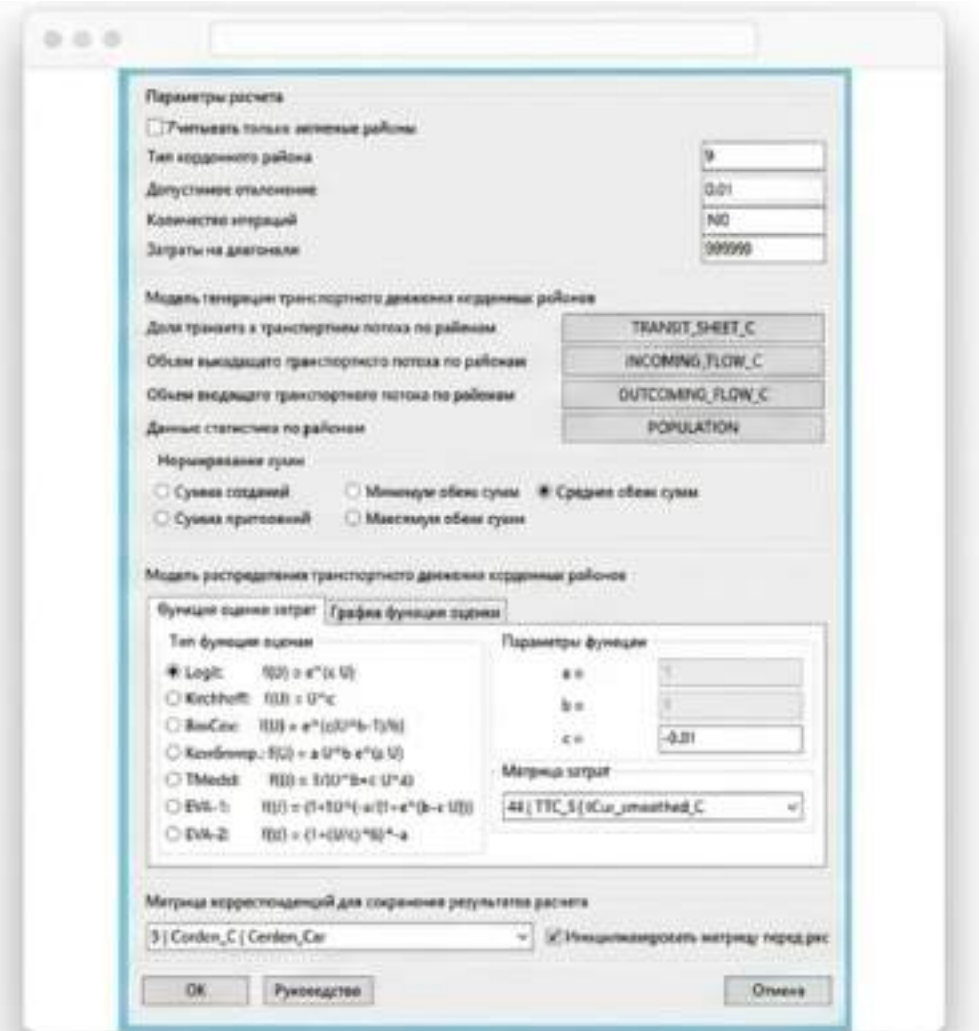
**Моделювання попиту (Demand):** Розрахунок джерел та цілей поїздки.

3

**Розподіл потоків (Assignment):** Вибір конкретних шляхів на основі матриць витрат (Logit-функції).

4

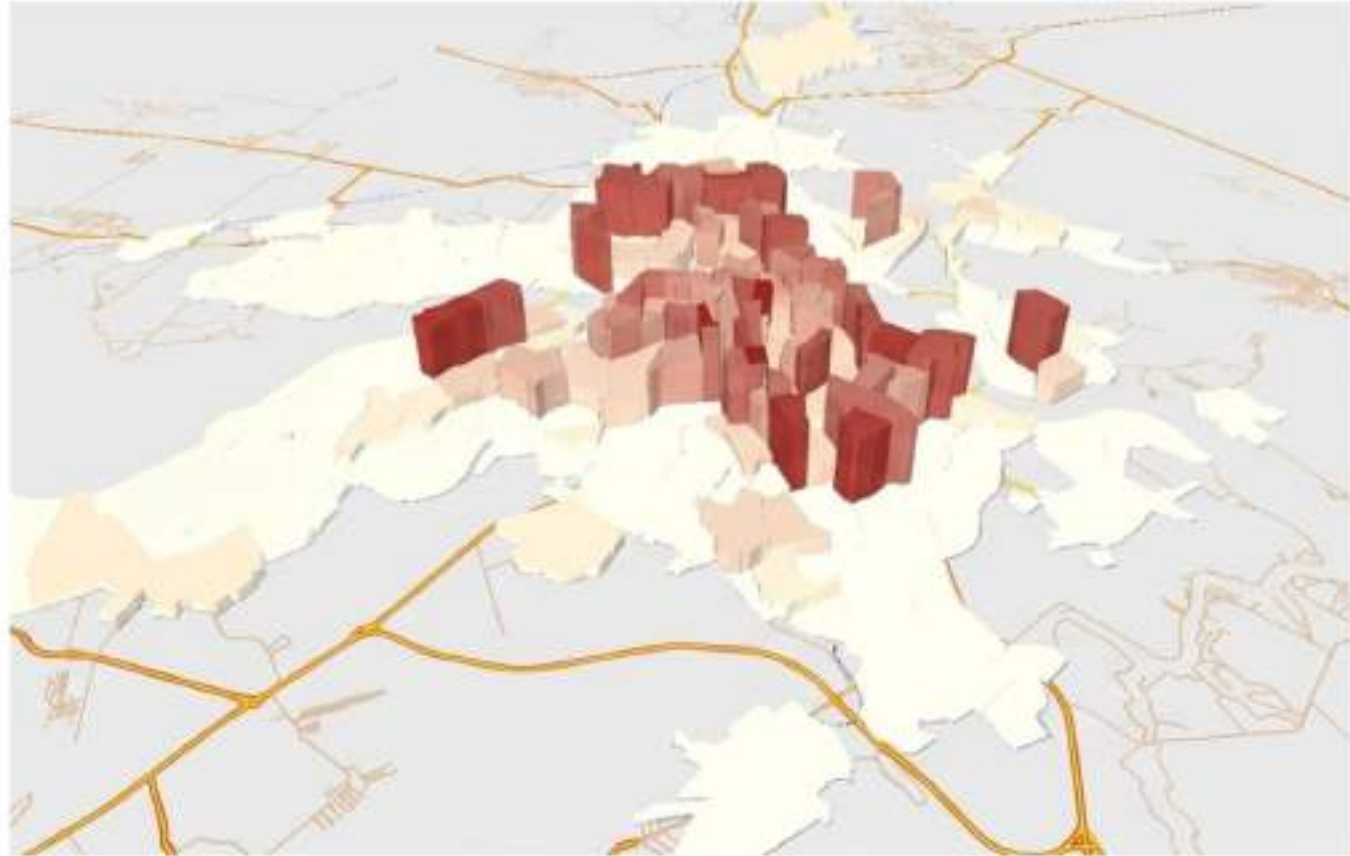
**Калібрування та прогноз:** Перевірка якості та створення сценаріїв майбутнього.



# Середньодобова модель: загальний обсяг мобільності

Відображає сумарне навантаження на інфраструктуру впродовж 24 годин.

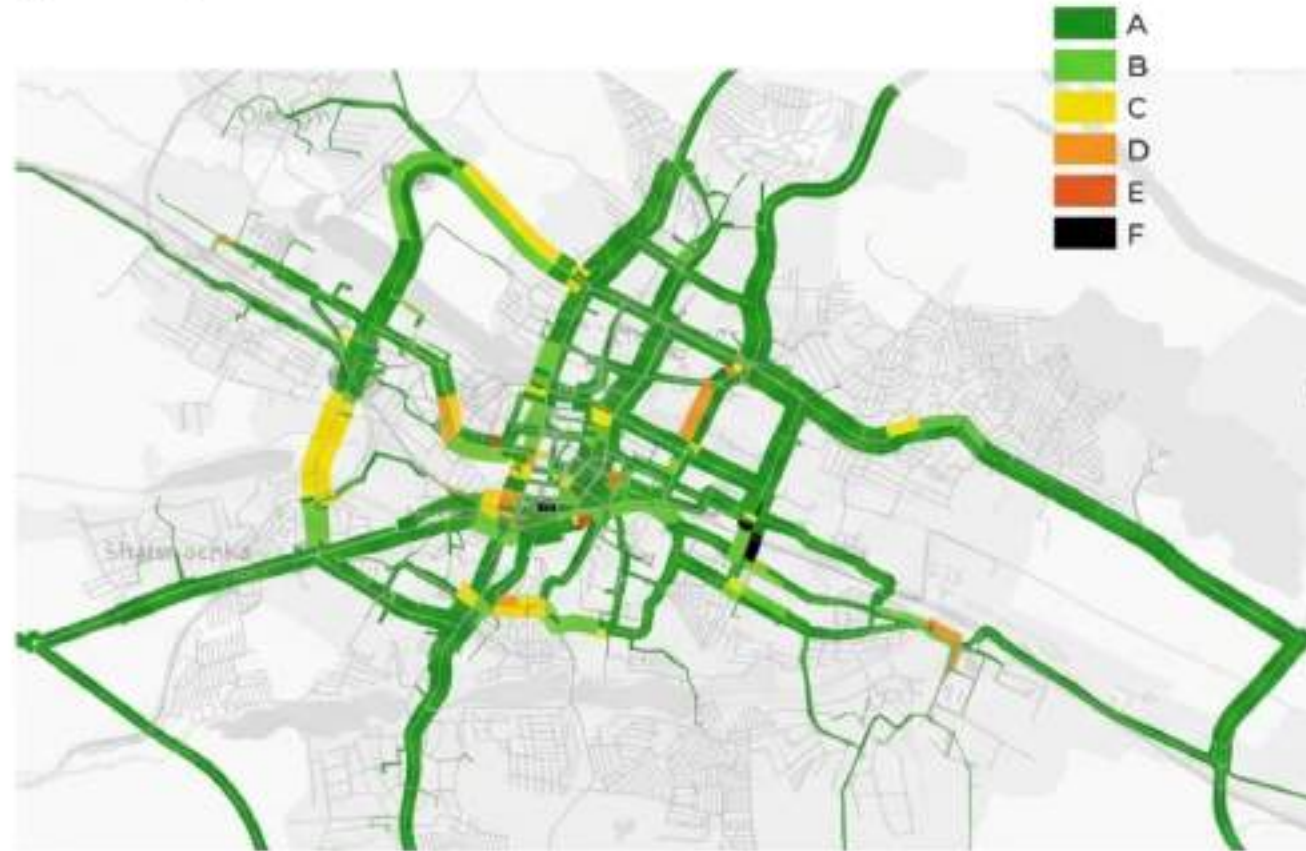
- Показує загальний обсяг переміщень громадян протягом доби.
- Дозволяє оцінити глобальний баланс між попитом на переміщення та інфраструктурною пропозицією.
- Є базовим сценарієм для розрахунку добового обсягу викидів CO<sub>2</sub> у Хмельницькому.



# Пікова модель: тестування мережі на міцність

Ранковий пік (8:00 – 9:00) формує найскладніші умови руху, що генерують найбільші питомі викиди вуглецю.

- Окрема модель попиту для інтервалу найвищої активності.
- Визначає реальну пропускну здатність та рівні обслуговування (Level of Service, LOS) конкретних вузлів.
- Спільна модель пропозиції гарантує сумісність пікових і добових результатів.



# Зв'язок між оптимізацією трафіку та зниженням CO2

Плавний рух транспорту без зайвих затримок є базовою запорукою екологічного міста.

## Усунення вузьких місць

Зменшення заторів знижує час роботи двигунів на холостому ходу (idling).

## Розвиток ГТ

Покращення маршрутів стимулює зміну модального розподілу (modal shift) на користь екологічнішого транспорту.

## Рівномірність руху

Мінімізація циклів прискорення/гальмування радикально знижує витрати пального.

# Три виміри цифрового планування (PTV Visum)

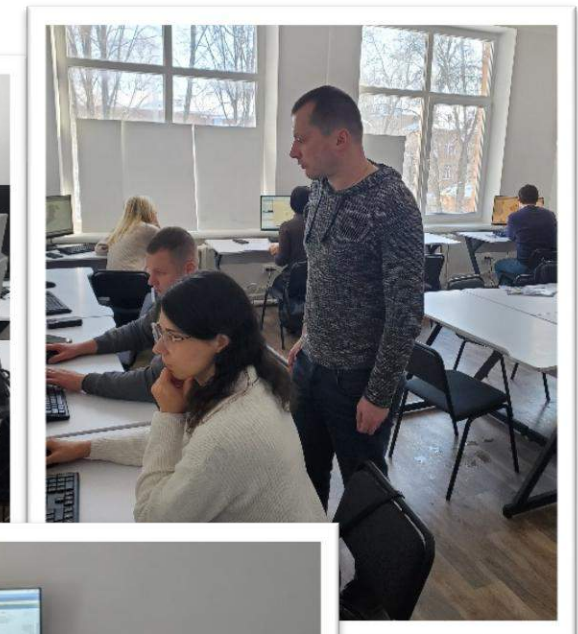
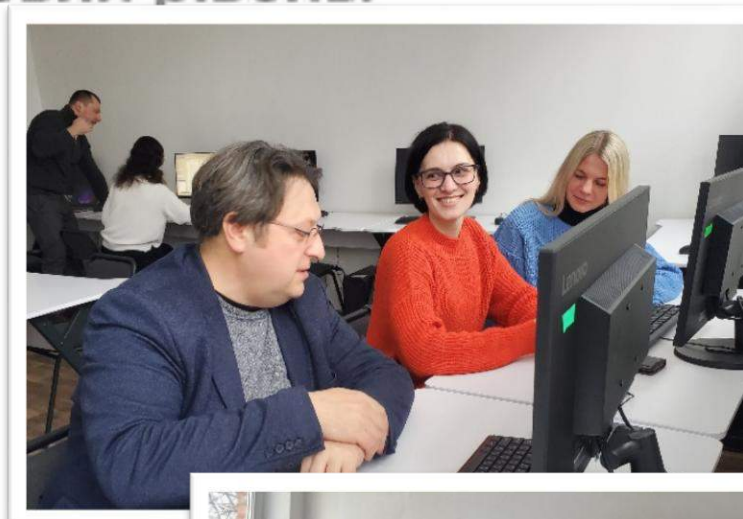
<b>Стратегічний (Стратегія)</b>	<b>Тактичний (Модернізація)</b>	<b>Оперативний (Трафік)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Довгостроковий прогноз розвитку регіону.</li><li>• Оцінка великих інфраструктурних проєктів (житлові, промислові зони).</li><li>• Ціноутворення мобільності.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Вдосконалення організації дорожнього руху (ОДР).</li><li>• Оцінка наслідків закриття ділянок на ремонт.</li><li>• Реорганізація маршрутів ГТ.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Детальний аналіз пропускної спроможності вузлів.</li><li>• Вплив режимів автоматизованих систем керування рухом (АСКДР).</li></ul>

# Розбудова кадрового потенціалу (Phase I)

Технології не працюють без експертів. Проєкт U\_CAN забезпечив передачу компетенцій на місцевий рівень.



Проведено **фундаментальне навчання** для академічного персоналу KhNU та спеціалістів Хмельницької міської ради.



# Поглиблене моделювання та калібрування (Phase II)

Опанування складних математичних процедур гарантує точність міського цифрового двійника.

## Key Technical Capabilities Transferred:

- Розрахунок матриць кореспонденцій (Origin-Destination) та матриць затрат.
- Калібрування моделі з використанням критеріїв точності (GEN, TFlowFuzzy).
- Створення та порівняння багатоваріантних проектних сценаріїв.

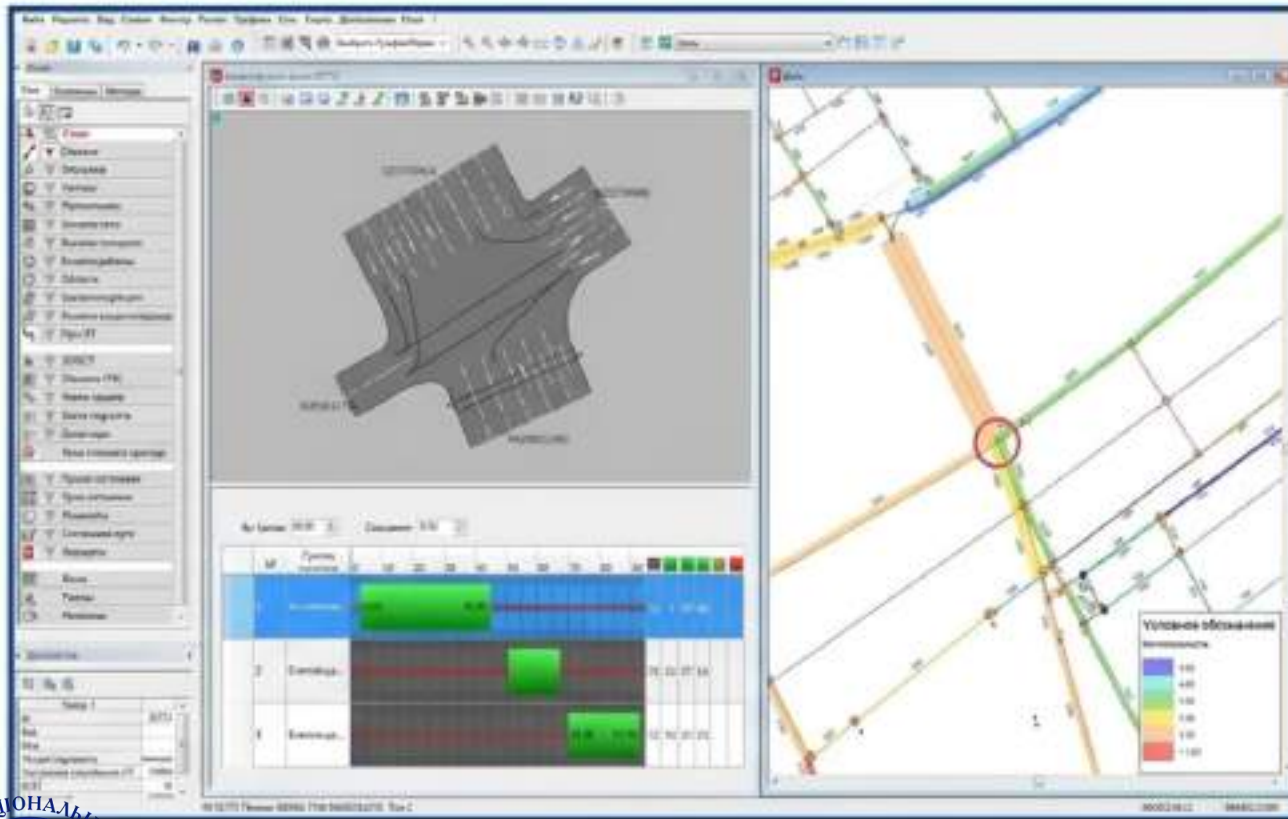
Сумма

Райони

Райони	Сумма	Рзд.	Вид.	Катмар	Неоп.	Песк.	Парку	Вна.	Пос.	Лпа.
Райони	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Паньска	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Серип	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Пайон	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Пьявска	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Плоон	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Павом	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Палеска	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Пранска	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Наровска	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Полосонцят	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Радваска	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Кевонк в еотуе	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Райска	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Вьявска	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Осрин	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Пайон	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Пранска	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Парон	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Павон	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Павска	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Наровска	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Наровска	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Полосонцят	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

# Цифрове ядро для адаптивного управління рухом

Модель генерує базу даних для інтелектуальних транспортних систем (ІТС) та адаптивного аналізу трафіку.



**Adaptive Traffic Management: Алгоритми розподілу (Logit) виявляють патерни навантаження, дозволяючи оптимізувати фази світлофорів під реальний попит.**

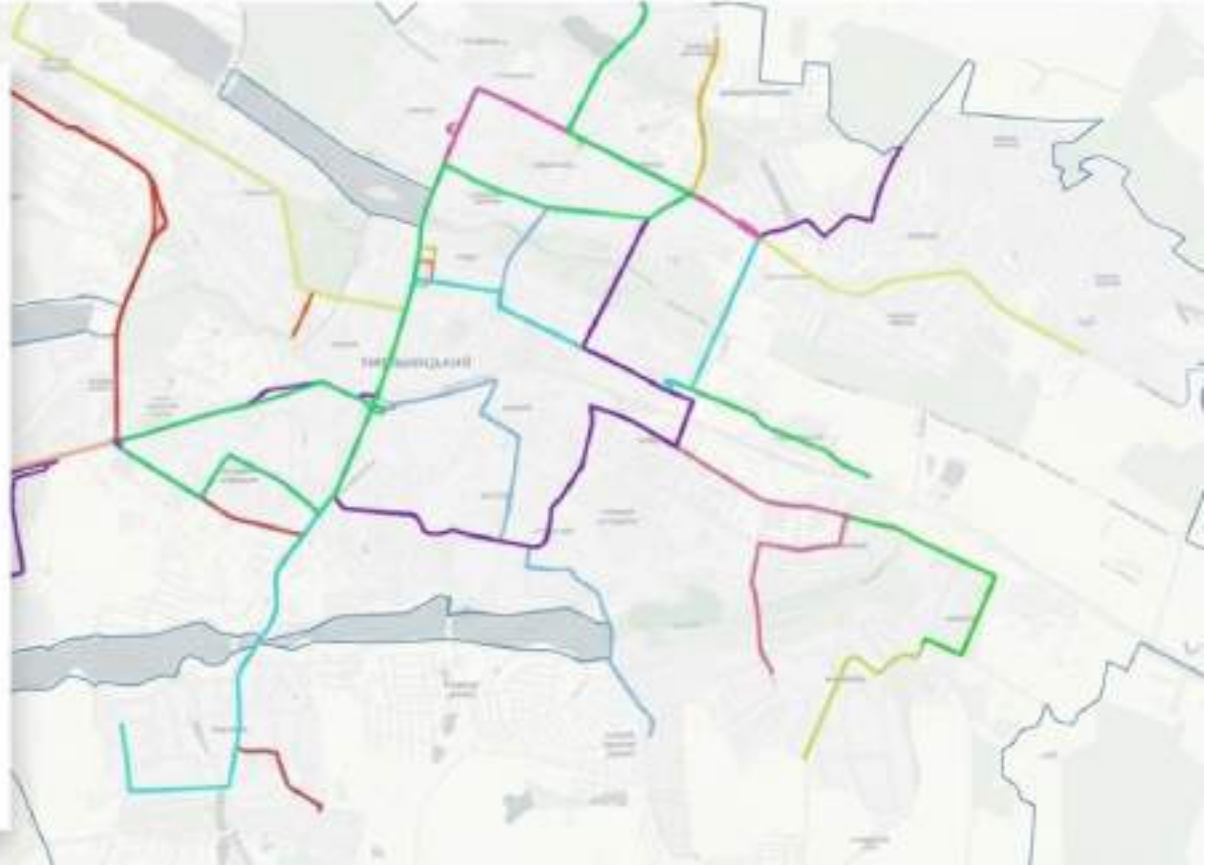
**Математичний розподіл потоків** дозволяє системі уникати перевантаження екологічно чутливих зон.

**Інтеграція мікро- та макропараметрів** мінімізує зупинки, знижуючи локальні викиди CO<sub>2</sub>.

# Від суб'єктивних думок до об'єктивного діалогу

Цифрова модель перетворює суб'єктивні потреби громадян на беззаперечну доказову базу для міських політик.

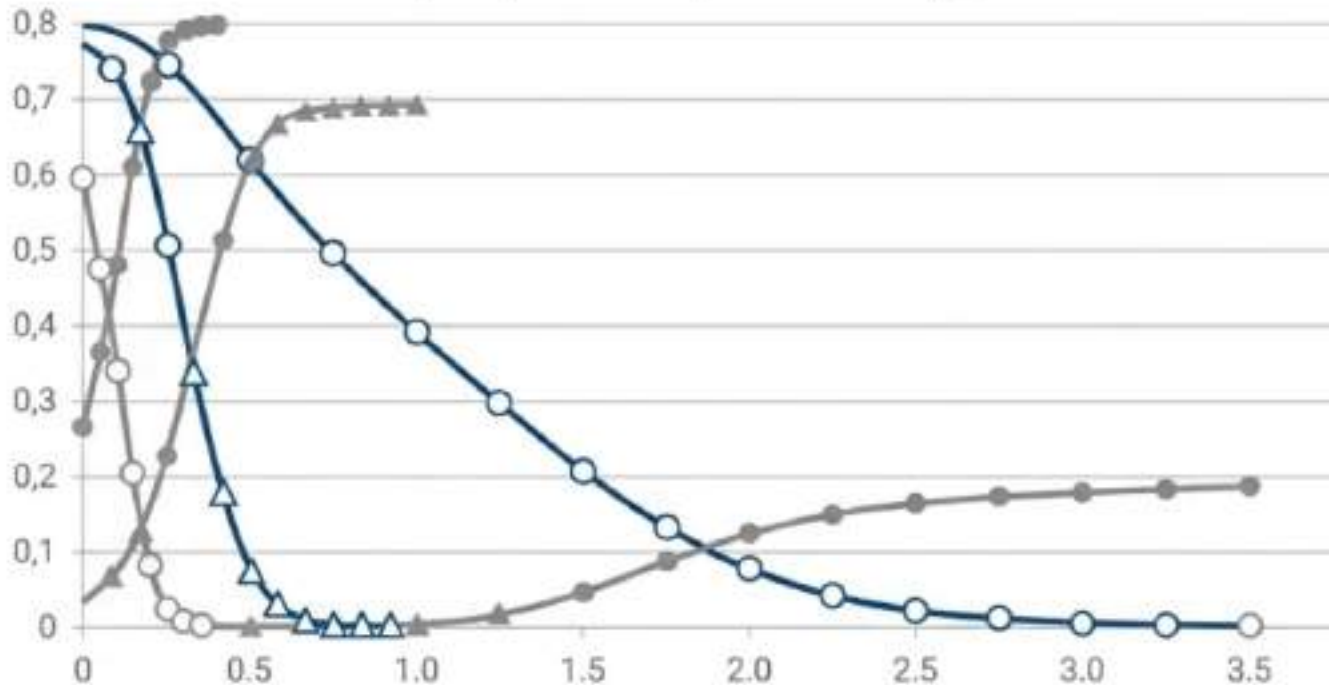
- Дані з додатку TransitWand та соціологічні опитування інтегрували «голос громади» прямо в алгоритм розрахунку попиту.
- Модель візуалізує справедливість розподілу ресурсів: рівень покриття ГТ найбільш густонаселених районів.
- Прозорі цифрові результати є інструментом номер один для громадських слухань та адвокації еко-ініціатив.



# Інноваційне тестування політик: сценарії «Що, якщо...»

Можливість безпечно перевіряти цифрові гіпотези є ключем до інноваційного урбанізму.

Сценарій: Ймовірність вибору



## Hypothesis -> Result

**Сценарії мобільності:** Як введення платного паркування або виділених смуг для ГТ змінить викиди?

## Hypothesis -> Result

**Динамічна адаптація:** Розпізнавання патернів дозволяє моделі прогнозувати вплив нових житлових масивів на трафік.

## Hypothesis -> Result

Оцінка екологічної ситуації та рентабельності маршрутів ще на стадії проектування, без фінансових ризиків для міста.

# Життєвий цикл сталої міської мобільності

Синтез цифрового процесу, який зараз впроваджується у Хмельницькому.



# На шляху до кліматично-нейтрального міста



Цифрові інструменти роблять шлях до зниження викидів CO<sub>2</sub> керованим, прозорим та орієнтованим на людину.

- Голос громади формує точний транспортний попит.
- PTV Visum перетворює дані на доказову базу стратегічних рішень.
- Розбудова кадрового потенціалу KhNU гарантує довгострокову сталість ініціатив U\_CAN.



# CAN

*Funded under HORIZON-MISS-2023-CIT-02 call, GA 101148374. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.*



**Funded by  
the European Union**

**Дякую за увагу!**



# CAN