

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет транспорту, менеджменту і логістики  
Кафедра логістики

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри логістики  
Григорак М.Ю.  
(підпис, П.І.Б)  
«07» грудня 2020 р.

# ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ

«МАГІСТР»

ТЕМА: «Синхронізація міських пасажирських потоків у транспортних інтелектуальних системах»

зі спеціальності 073 «Менеджмент»  
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма «Глобальна логістика та управління ланцюгами постачання»

(шифр і назва)

форма навчання денна

Виконавець: Вініченко Ірина Андріївна  
(прізвище, ім'я та по батькові) (підпис, дата)

Науковий керівник: Гриценко С.І.  
(прізвище та ініціали) (підпис, дата)

Нормоконтролер: Кабан Н.Д.  
(прізвище та ініціали) (підпис, дата)

Київ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет транспорту, менеджменту і логістики  
Кафедра логістики

Освітнього ступеня магістр \_\_\_\_\_  
Форма навчання денна  
Спеціальність 073 «Менеджмент»  
(шифр найменування)  
Освітньо-професійна програма «Глобальна логістика та управління ланцюгами постачання»  
(шифр найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри логістики  
Григорак М.Ю.  
(підпис, П.І.Б.)  
«05» жовтня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

Вініченко Ірина Андріївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломної роботи: «Синхронізація міських пасажирських потоків у транспортних інтелектуальних системах» затверджена наказом ректора від 06 жовтня 2020 р. № 1932/ст.
2. Термін виконання роботи: з 05.10.2020 р. до 31.12.2020 р.
3. Дата подання роботи на випускню кафедру 07.12.2020 р.
4. Вихідні дані до проєкту: загальна та статистична інформація по місту Києву по пасажирським перевезенням, завантаженості доріг, соціально - економічна ефективність інтелектуальних транспортних систем, нормативно-правова база впровадження інтелектуальних транспортних систем для синхронізації пасажирських потоків.
5. Зміст пояснювальної записки: Синхронізація міських пасажирських потоків у транспортних інтелектуальних системах; аналіз ринку інтелектуальних транспортних систем для синхронізації пасажирського транспорту; перспективи розвитку інтелектуальних транспортних систем для синхронізації пасажирського транспорту.
6. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: таблиці, діаграми, графіки, схеми, що ілюструють теперішній стан проблеми та методи їх вирішення.

## 7. Календарний план – графік

№ п/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	2	3	4
1.	Вивчення та аналіз наукових статей, літературних джерел, нормативно-правової документації, підготовка першого варіанту вступу та теоретичного розділу	05.10.20-18.10.20	виконано
2.	Збір статистичних даних, проведення хронометражу, виявлення, підготовка першого варіанту аналітичного розділу	19.10.20-01.11.20	виконано
3.	Розробка проектних пропозицій та їх організаційно-економічне обґрунтування, підготовка першого варіанту проектного розподілу та висновків. Редагування перших варіантів дипломної роботи	02.11.20-24.11.20	виконано
4.	Підготовка остаточного варіанта дипломної роботи, перевірка у нормоконтролера	25.11.20-30.11.20	виконано
5.	Узгодження роботи з науковим керівником, одержання відгуку наукового керівника, подання на кафедру логістики для допуску до захисту, одержання внутрішньої та зовнішньої рецензій, довідки про успішність	01.12.20-06.12.20	виконано
6.	Подання дипломної роботи на кафедру логістики	07.12.20	виконано

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

## 8. Консультанти з окремих розділів роботи:

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 1	проф., д.е.н. Гриценко С.І.	05.10.20	05.10.20
Розділ 2	проф., д.е.н. Гриценко С.І.	19.10.20	19.10.20
Розділ 3	проф., д.е.н. Гриценко С.І.	02.11.20	02.11.20

## 9. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 р.

Керівник дипломної роботи: \_\_\_\_\_ Гриценко С.І.  
(підпис керівника) (П.І.Б)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Вініченко І. А.  
(підпис випускника) (П.І.Б)

## РЕФЕРАТ

Загальний обсяг пояснювальної записки до дипломної роботи на тему «Синхронізація міських пасажирських потоків у транспортних інтелектуальних системах» складає 109 сторінок та містить 21 рисунок, 5 таблиць, 100 використаних джерел.

### ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ, ПАСАЖИРОПОТОКИ, РОЗУМНІ МІСТА, МОБІЛЬНІСТЬ ЯК СЕРВІС

У дипломній роботі розглянуто методи впровадження інтелектуальних транспортних систем для синхронізації пасажирських потоків на основі зарубіжного досвіду.

Ціль даної дипломної роботи:

- надати характеристику стану українських інтелектуальних систем на прикладі міста Київ;
- аналіз впровадження варіантів інтелектуальних транспортних систем.

Зміст диплому являє собою пошук шляхів реалізації розумних систем синхронізації пасажирських потоків в місті Київ.

Головною метою даної роботи є вдосконалення синхронізації пасажирських потоків в місті Київ за допомогою інструменту інтелектуальних транспортних систем.

У проектно-рекомендаційній частині дипломної роботи були розроблені пропозиції щодо впровадження елементів ІТС в Києві.

Матеріали дипломної роботи рекомендуються використовувати під час проведення наукових досліджень, у навчальному процесі та в практичній діяльності фахівців логістичних підрозділів.

## **ABSTRACT**

The total volume of the explanatory note for the thesis ‘Synchronization of urban passenger flows in intelligent transport systems’ is 109 pages and contains 12 figures, 5 tables, 100 used sources.

**INTELLECTUAL TRANSPORT SYSTEMS, PASSENGER FLOWS,  
SMART CITIES, MOBILITY AS A SERVICE.**

The thesis considers the methods of implementation of intelligent transport systems for synchronization of passenger flows based on foreign experience.

The purpose of this thesis:

to characterize the state of Ukrainian intellectual systems on the example of the city of Kyiv;

analysis of the implementation of intelligent transport systems.

The content of the diploma is a search for ways to implement smart systems for synchronizing passenger flows in the city of Kiev.

The main purpose of this work is to improve the synchronization of passenger flows in the city of Kyiv using the tool of intelligent transport systems.

In the project-recommendation part of the diploma project, proposals for the implementation of ITS elements in Kyiv were developed.

Materials of the thesis are recommended for use during scientific research, in the educational process and in the practical work of specialists of logistics departments.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИНХРОНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ У ТРАНСПОРТНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ.....	14
1.1 Сутність синхронізації пасажирських потоків.....	14
1.2 Структура та функції інтелектуальних транспортних систем .....	18
1.3 Інтелектуальні системи управління пасажирським транспортом .....	24
1.4 Нормативно-правова база впровадження інтелектуальних транспортних систем .....	31
1.5 Висновки до розділу 1.....	34
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ.....	36
2.1 Проблеми та переваги впровадження інтелектуальних транспортних систем для синхронізації пасажирських потоків .....	36
2.2 Дослідження зарубіжного досвіду синхронізації пасажирських потоків в інтелектуальних транспортних системах .....	39
2.3 Аналіз вітчизняного досвіду використання інтелектуальних транспортних систем та факторів їх розвитку у напрямку синхронізації пасажирських потоків.....	54
2.4 Висновки до розділу 2 .....	65
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ У ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ МІСТА КИЄВА.....	67
3.1 Оцінка системи синхронізації пасажирських потоків у інтелектуальних транспортних системах міста Києва .....	67

3.2 Шляхи вдосконалення управління міським громадським транспортом та впровадження Інтелектуальних транспортних систем в м. Києві.....	74
3.3 Соціально - економічна ефективність запропонованої системи синхронізації пасажирських потоків у інтелектуальних транспортних системах міста Києва .....	85
3.4 Висновки до розділу 3 .....	91
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	97
Додаток А – Функції ІТС.....	107
Додаток Б - Кількість перевезених пасажирів за видами транспорту з 1995 по 2019 (тис.).....	108
Додаток В - Завантаженість доріг Києва по днях і тижнях, 2020 рік.....	109

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ITS – інтелектуальні транспортні системи;
- ГТ – громадський транспорт;
- ПДР – правила дорожнього руху;
- APNR – автоматичне визначення номерних знаків;
- CPS – кіберфізичні системи;
- DSRC – спеціальний короткоперіодний зв'язок;
- ITN – інтелектуальні транспортні мережі;
- МаaS – мобільність як сервіс.



## ВСТУП

Міста відіграють важливу роль як урядові, економічні, підприємницькі, культурні та освітні центри. Країни та їх ключові міські території стикаються з цілою низкою обставин. Чимало країн зазнали суттєвого економічного зростання, яке привело до серйозного зростання рівня доходів. У зв'язку з таким зростанням мало місце швидке підвищення кількості транспортних засобів (загалом, більше ніж на 10% у рік і в багатих, і в бідних країнах). У різних міст також різний рівень автомобілізації.

Рівень автомобілізації населення вважається одним з важливих показників добробуту населення: чим вище рівень добробуту людей, тим більше ймовірність придбання ними автомобілів.

До негативних наслідків автомобілізації відносяться забруднення повітря і землі вздовж автомагістралей, шумове забруднення міського та приміського середовища, збільшується число автомобільних аварій та їх жертв, а також посилюється залежність життя суспільства від негативних наслідків автомобілізації, хоча ступінь свободи вибору при пересуванні у власному автомобілі значно вищий, ніж у громадському пасажирському транспорті.

Попит на пасажирські перевезення визначається кількістю пасажирів, які бажають виконати поїздку будь-яким видом транспорту. Потреби людей у переміщенні, як правило, важкопередбачувані, тому планування, і зокрема прогнозування пасажирських перевезень, є одним із складних завдань на транспорті. Рух пасажирських потоків в найбільших містах світу характеризується сьогодні високим рівнем завантаження доріг. Перевантаженість транспортних мереж в свою чергу обумовлює цілий ряд найгостріших проблем соціального та екологічного характеру. Тому завдання зниження рівня завантаження транспортних мереж в містах є актуальною для переважної більшості країн.

У багатьох великих столичних містах затори за останні два десятиліття стали очевидною проблемою, але зараз вони поширюються на дуже великих територіях і тривають багато годин в день. Чимало міст регіонального масштабу, кількість яких зростає, зараз стикаються з серйозною проблемою заторів. На регіональних дорожніх мережах, десь десятиліття чи більше тому, більшість міжміських автомагістралей склалися із двох дорожніх смуг. Збудовано багато нових міжміських швидкісних автомагістралей і побудова ще багатьох – в проектах. Суттєві затори можуть мати місце у містах чи поблизу міст, але основна проблема – відсутність безпеки у зв'язку з поведінкою водіїв, структурою автомобіля чи відповідною зміною швидкості, а також неправильною структурою дороги, будівництвом та ремонтами.

Використання інформаційних систем в управлінні міськими пасажирськими перевезеннями пов'язано з бурним розвитком сучасних міст, збільшенням кількості рухомого складу на вулицях, організацією нових маршрутів та ін. У результаті чого значно виріс обсяг інформації, необхідний для навчання та аналізу для прийняття оперативних рішень. Тому на допомогу в цій роботі прийшли комп'ютери та спеціальні програми. При організації та регулюванні роботи наземного пасажирського транспорту використовуються засоби зв'язку та комп'ютерного управління.

Для вирішення проблем, пов'язаних з організацією руху транспортних потоків, необхідно створення інтелектуальних транспортних систем, що використовують інноваційні розробки в моделюванні і регулюванні транспортних систем і потоків, які піднімають на якісно новий рівень взаємодію учасників руху в порівнянні зі звичайними транспортними системами.

Дані системи є порівняльним нововведенням в організації ефективного і безпечного переміщення транспортних засобів, в зв'язку з цим існують різні визначення такого поняття, як «інтелектуальні транспортні системи».

Термін «Інтелектуальні транспортні системи» характеризує комплекс інтегрованих засобів управління транспортною інфраструктурою (вулично-

дорожньої мережею, технічними засобами організації дорожнього руху, транспортними потоками), що застосовуються для вирішення завдань організації дорожнього руху, на основі сучасних інформаційних технологій, організації інформаційних потоків про функціонування транспортної інфраструктури в реальному режимі часу.

Сектор громадського транспорту вже давно досліджує шляхи використання досягнень інформаційних та комунікаційних технологій для покращення роботи системи громадського транспорту. Одним із таких способів є розгортання стратегій управління в режимі реального часу, які збільшують здатність системи адаптуватися до існуючих умов та допомагають синхронізувати пасажирські потоки за допомогою сучасних інтелектуальних транспортних систем.

За останні роки словосполучення «інтелектуальні транспортні системи» і відповідна аббревіатура - «ІТС» стали невід'ємною частиною стратегічних і програмно-цільових документів розвинених країн. Рівень використання інформаційних систем в Україні дуже низький. Подальший розвиток міських пасажирських перекладів не представляється можливим без комп'ютерних технологій, а саме без інтелектуальних транспортних систем. Адже дотримання розкладу є важливою метою сьогоденної системи громадського транспорту, коли пасажир узгоджує час свого прибуття з очікуваним часом прибуття транспортного засобу або коли синхронізація трансферу є важливим фактором.

Функція інтелектуальності ІТС забезпечується за рахунок максимально можливої автоматизації процесів управління транспортно-дорожньою системою, вироблення прогнозних керуючих рішень на основі високоефективних апаратно-програмних реалізацій.

Формування архітектури ІТС - це процес отримання в режимі проектування системи на підставі вимог замовника формалізованого комплексного уявлення про функціональну та технічну структуру, зональні параметри та рівні сумісності підсистем ІТС, взаємодія яких з максимальною

ефективністю забезпечує необхідну мобільність населення і використання дорожньої мережі при заданому рівні транспортної та екологічної безпеки.

Проблемою для міст є розуміння того, яким чином ІТС може допомогти у керуванні їхньою транспортною системою пасажирського транспорту, сформуванню основи для прогресивного та стійкого розвитку транспортної системи. Багато міст поклалися на досвід розвинутих країн у плануванні та впровадженні ІТС таких як Японія, Німеччина, США, Великобританія та інші країни. Однак українські міста можуть розробляти власні підходи, які би відповідали їхнім власним неповторним характеристикам, оскільки вони мають унікальну можливість використати чийсь досвід і на його основі зробити різкий стрибок вперед до ефективнішого використання, адаптуючи систему під власні потреби.

Теоретичні та практичні аспекти формування окремих складових у транспортних інтелектуальних системах були предметом наукових досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених, зокрема: Жанказієв С. В., Гайков А. Р., Кочерга В. Г., Трегубов В. Н., В. McQueen, R. Mogre, A. Mashrur.

Відсутність належного обґрунтування синхронізації міських пасажирських потоків у транспортних інтелектуальних системах потребує напрацювання практичних рекомендацій, забезпечення й підвищення ефективності використання ІТС в Україні. Це зумовило вибір теми дипломної роботи, її цілі, завдання та структуру.

Метою дипломної роботи є обґрунтування теоретичних положень і розробка методичних підходів до забезпечення синхронізації міських пасажирських потоків у транспортних інтелектуальних системах.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення наступних завдань:

- дослідити область застосування інтелектуальних транспортних систем;
- оцінити роль і значення використання інтелектуальних транспортних систем в здійсненні синхронізації пасажирських перевезень автомобільним транспортом та підвищення якості приміських і міжміських послуг;

- проаналізувати ситуацію в місті Києві щодо вдосконалення інтелектуальних транспортних систем;
- виявити основні проблеми функціонування інтелектуальних транспортних систем в місті Києві;
- розробити заходи щодо вдосконалення інтелектуальних транспортних систем в місті Києві для синхронізації пасажирських потоків;
- розрахувати економічну ефективність заходів удосконалення інтелектуальних транспортних систем в місті Києві .

Об'єктом дослідження є процеси забезпечення синхронізації міських пасажирських потоків у транспортних інтелектуальних системах.

Предметом дослідження є теоретичні, методичні та практичні аспекти синхронізації міських пасажирських потоків у транспортних інтелектуальних системах.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у вирішенні актуальних науково-прикладних задач забезпечення синхронізації міських пасажирських потоків у транспортних інтелектуальних системах, що дозволить вдосконалити управління міським громадським транспортом та впровадити інтелектуальні транспортні системи в місті Києві.

Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 100 найменувань. Робота містить 21 рисунок, 5 таблиць, 3 додатки.

# РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИНХРОНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ У ТРАНСПОРТНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

### 1.1 Сутність синхронізації пасажирських потоків

Синхронізація - приведення двох або кількох процесів до такого їх протікання, коли однакові або відповідні елементи процесів здійснюються з незмінним зрушенням у часі або одночасно. Синхронізація може здійснюватися на різних рівнях ієрархії транспортно-логістичної системи, що визначає використання диференційованих методів синхронізації.

Синхронізація - це широко вживаний термін у зв'язку з логістичними системами, і він обіцяє підвищити ефективність шляхом координації попиту та пропозиції протягом часу та простору [85]. Однак не існує ні загального розуміння синхронізації в логістиці, ні прийнятного способу її вимірювання та кількісної оцінки.

Синхронізація в логістичних системах - це спостережуване та кількісно вимірюване явище, яке представляє тимчасове зв'язування та пов'язане з результатами функціонування різних елементів системи або процесів внаслідок прямої або опосередкованої взаємодії. Це явище може відбуватися в межах однієї логістичної системи або між кількома логістичними системами [82].

Синхронізація залежить від функцій логістики в розглянутій системі й логістичній парадигмі, що визначає пріоритети синхронізації і її орієнтацію: на вантажовласника або пасажера (споживача), на ринок або на ефективність транспортного процесу. Для логістичного адміністрування в цьому випадку повинна використовуватися здатність логістичних потокових процесів до синхронізації. Обидва зазначених типи організаційної поведінки можна

досліджувати в рамках єдиної концепції управління, що передбачає об'єднання організовуваних і самоорганізовуваних, їх погодженість через синхронізацію, у результаті чого логістична система може одержати ефективний спосіб регуляції й відповідні механізми управління розвитком [98].

Відправною точкою вивчення синхронізації в логістиці ми визнаємо апеляцію до визначень логістики як науки, даних різними авторами. Ключовим положенням у всіх визначеннях є упор на управління потоками, тобто забезпечення їх ефективної взаємодії, що неможливо без їх параметричної синхронізації — досягнення відповідності керованих параметрів цілям системи до точно визначеного моменту часу.

Синхронізація має кілька аспектів. У загальному вигляді вона являє собою приведення двох або декількох потокових процесів до стану синхронності, коли процеси у взаємодіючих елементах відбуваються з незмінним зрушенням по фазі один відносно одного. Наприклад, у момент трансформації логістичні потоки різних видів повинні мати параметри, які забезпечують можливість їх взаємодії й, як наслідок, — подальшу трансформацію.

Ця ідея дозволяє виділити наступні види синхронізації:

- за часом: задає точний момент часу виникнення потоку, погодженість руху декількох потоків і визначає момент взаємодії потоків один з одним;
- за обсягом: забезпечує відповідність об'ємних характеристик взаємодіючих потоків;
- за якістю: визначає, що матеріальний потік, що надійшов, має необхідні якісні характеристики й може взаємодіяти з іншими потоками;
- у просторі: забезпечує виникнення й одержання потоків у потрібному місці [75].

Крім зазначених аспектів, що описують синхронізацію потоків різних видів, у логістичних системах ієрархічного типу на основі інших критеріїв класифікації можуть бути виділені наступні види синхронізації:

- синхронізація взаємодії: описує процеси синхронізації на рівні окремих логістичних систем, які вступають один з одним у взаємодію й цим забезпечується узгодження параметрів вхідних і вихідних потоків різного виду;

- синхронізація інтересів, що проявляється на рівні елементів логістичної системи (окремих її суб'єктів) і визначає умови протікання логістичних процесів, які задовольняють цілям всіх учасників, максимізуючи їх загальну вигоду [81].

За критерієм відношення до логістичної системи синхронізація може бути внутрішньою й зовнішньою. Внутрішня синхронізація визначає здатність логістичної системи забезпечувати синхронність взаємодії потоків без зовнішнього втручання. Зовнішня синхронізація визначає здатність системи забезпечувати синхронність потоків, але при цьому необхідне управління зовні системи, наприклад, із системи верхнього рівня, або втручання суб'єкта при перестроюванні системи [72].

Первинним об'єктом синхронізації в логістиці розглядається потік. Як ми вже відзначали, при взаємодії потоки трансформуються й синхронізація є важливим чинником ефективності трансформації. Для опису змін якісних станів логістичного потоку в момент трансформації ми використовуємо поняття фазового переходу у фазовому просторі. Під фазовим простором розуміється простір, на якому представлена множина всіх станів взаємодіючих потоків, де кожному можливому стану відповідає певна точка. Така формалізація уявлення системи, що включає визначення відповідного фазового простору, характерна для динамічних систем. У фазовому просторі динаміка логістичної системи визначається через фазові переходи, що відображають якісну трансформацію логістичних потоків[92].

У транспортній системі діють складні, багатофакторні, нестационарні поточкові процеси (пасажирські, матеріальні, інформаційні, фінансові), що вимагають дослідження, опису й наступної оптимізації на основі використання аналітичного моделювання, адаптованого до методів логістичного адміністрування [12].



Формально синхронізація в точці трансформації потоків може бути визначена як ступінь досягнення синхронізації потоками певного цільового значення по одному або декільком параметрам в момент їх взаємодії з іншими потоками. Інструментами синхронізації потокового процесу є механізми впливу на параметри як керованого потоку, так і взаємопов'язаних з ним потоків. Наприклад, при трансформації матеріального потоку керуючими параметрами синхронізації є зміни властивостей трансформуючого (обсяг, якість і т.д.) і параметрів супутніх фінансових (ціна) та інформаційних (документація) потоків[93].

Звідси випливає висновок, що синхронізація окремих потоків і їх сукупності повинна здійснюватися за рахунок зміни:

- параметрів окремо взятих потоків і потокових процесів;
- параметрів інтегрального потоку і потокового процесу;
- обмежень на параметри потоків і потокових процесів;
- зміни функціональних зв'язків між ними [30].

Пасажи́рські потоки - переміщення пасажирів, що сприймається як єдиний однорідний об'єкт, який піддається змінам на деякому часовому інтервалі і вимірюється в абсолютних одиницях за певний період часу.

Попит на пасажирські перевезення визначається кількістю пасажирів, які бажають виконати поїздку будь-яким видом транспорту [71]. Потреби людей у переміщенні, як правило, важкопередбачувані, тому планування, і зокрема прогнозування пасажирських перевезень, є одним із складних завдань на транспорті.

Мінімізація часу пересадки пасажирів за допомогою синхронізації перевезень на громадському транспорті (ГТ) є важливою під час тактичного планування та контролю в режимі реального часу. Однак існують обчислювальні завдання для вирішення цієї проблеми синхронізації розкладу для великих реальних міських мереж [99].

Однією з основних проблем планування і контролю руху пасажирського транспорту є труднощі з отриманням всіх даних про поїздки у мережі вручну.

Але потужність сучасних комп'ютерів може допомогти системі планування отримати швидкий огляд глобальних наслідків змін, які система робить у мережі. Цей процес розгляду всієї мережі називається «глобальною синхронізацією розкладу». З іншого боку, дуже важливо детально відстежувати всі трансфери інформації, оскільки деякі трансфери (наприклад, важливі трансфери під час руху в години пік) повинні неодмінно зберігатися. Глобальна оптимізація не знає про ці важливі передачі, тому система планування руху повинна знайти та позначити ті, які слід зберегти [85]. Крім того, у деяких випадках система планування трафіку хоче створити новий запис, якого раніше не було, тому вона змушує процес оптимізації змінити поточний розклад таким чином, щоб цей новий запис був згенерований. Цей процес оптимізації, який відстежує детальну інформацію, називається «синхронізацією місцевого розкладу». Важливою метою є пошук підходу, який поєднує як глобальний, так і локальний аспекти проблеми. Саме тут на допомогу можуть прийти ІТС. [96]

## **1.2 Структура та функції інтелектуальних транспортних систем**

ІТС (Інформаційні транспортні системи) – це, по суті, суміш напрацювань комп'ютерної сфери, інформаційних технологій та телекомунікацій разом зі знаннями у автомобільному і транспортному секторах. Ключові ІТС технології з'являються на основі головних напрацювань у цих секторах. Відтак, ІТС можна визначити як застосування комп'ютерних, інформаційних та комунікаційних технологій для управління транспортними засобами та мережами у реальному часі, включаючи переміщення людей і товарів.

Транспорт, а, відтак, і ІТС, що асоціюються з ним, охоплює три складові:

1. Інфраструктуру – наземну та підземну інфраструктуру (наприклад, дорожні знаки, комунікації, комп'ютери, турнікети, датчики тощо;

2. Транспортні засоби – типи транспортних засобів, їхні характеристики безпеки, ступінь використання сучасної електроніки та комп'ютерної техніки;

3. Люди – поведінка людей, їх пріоритети, зокрема щодо використання певних видів транспорту, регулювання і застосування.

Структура ІТС – це система розвитку, планування, використання діяльності ІТС. Національна логічна структура ІТС у США (US National ITS Logical Architecture) визначає види діяльності та функції, необхідні для надання послуг користувача ІТС у вигляді дев'яти дерев функціональних процесів (Додаток А). Вони охоплюють усі функціональні складові: управління рухом, управління комерційними транспортними засобами, моніторинг та контроль за транспортними засобами, управління транзитними перевезеннями, послугами у надзвичайних ситуаціях, послуги для водіїв та подорожуючих, послуги електронної оплати, архівація даних, а також управління технічним обслуговуванням і будівництвом. Для міст визначено декілька пріоритетних вузлів надання послуг користувачам ІТС (тобто існує низка типів послуг та можливостей їх застосувань в рамках кожного вузла), і вони підтримують:

1. Інформацію для подорожуючих, яка спрямована на те, щоб допомогти подорожуючим приймати кращі рішення стосовно подорожі ще до здійснення подорожі заради їхньої зручності та зручності їхніх супутників, а також аби надавати точнішу інформацію про очікуваний час прибуття транспортних засобів та причини затримок під час подорожі;

2. Управління рухом (і транспортом) з метою зменшення попиту на транспортні засоби особистого користування і надання переваги автобусам, транспортним засобам неособистого користування та пішоходам;

3. Управління вантажним транспортом з метою підвищення ефективності вантажного транспорту і зменшення впливу вантажних транспортних засобів на громаду;

4. Управління громадським транспортом (різними видами транспорту) з метою забезпечення дотримання графіків, мінімізації впливу заторів на роботу та досягнення ефективного розподілу працівників та ресурсів;

5. Електронну оплату за квитки на транспорт різних видів (наприклад, інтегровану систему квитків за допомогою смарт-карток), схеми прокату велосипедів та автомобілів, плата за в'їзд до зони міста з метою покращення ефективності та зручності;

6. Безпеку та надійність, включаючи управління у надзвичайних ситуаціях [13].

Уряд має серйозні зобов'язання стосовно цих сфер послуг для користувачів ІТС у зв'язку із наявним традиційним залученням як опікуна багатьох дорожніх, залізничних та автобусних мереж і послуг. Навіть у сфері управління комерційними транспортними засобами, тоді як індивідуальні оператори можуть загалом вирішувати для себе, яким чином впроваджувати ІТС з метою покращення ефективності, на їхнє рішення можуть впливати вказівки урядів, які встановлюють стандарти, визначають заходи, а також рівень емісій [17]. Системи для нових транспортних засобів розвиватимуться в залежності від ринку цих пристроїв, і спочатку передові ІТС буде встановлено на нових сучасних автомобілях, вантажівках та автобусах. На них також впливають урядові правила, які встановлюють стандарти щодо конструкції автомобілів, а також безпеку та викиди [15].

Інтелектуальні транспортні системи на дорогах - цілий комплекс функціонального обладнання, яке здійснює збір інформації, керування транспортним потоком і інформування учасників дорожнього руху [18].

Тільки за умови оснащення системи необхідним обладнанням і його комплексній роботі можна домогтися істотного поліпшення ситуації на дорогах в мегаполісах.

Існують такі елементи ІТС:

#### 1. Дорожні відеокамери

Дорожні камери виступають «очима» сучасних інтелектуальних транспортних систем. Це камери високої роздільної здатності, які усюди використовуються розробниками ІТС і комплексів відеофіксації порушень ПДР. У системах використовуються промислові камери, які дозволяють

ефективно стежити за дорожнім потоком, виділяти рухомі об'єкти, виконувати захоплення кадрів з державними реєстраційними знаками транспортних засобів, а також розпізнавати буквено-символьні зображення на номерах.



Рисунок 1.1 - Дорожні відеокамери (за даними [34])

## 2. Розумні світлофори

Розумним прийнято називати світлофор, яким керує спеціальна програма, що дозволяє пристрою самостійно приймати рішення, в тому числі на основі інформації, що надходить про дорожній рух з інших аналогічних приладів.

Виділяють три режими роботи світлофорів:

- Локальний

Пристрій працює за складеною схемою, в якій, наприклад, враховується ранковий і вечірній час пік, а також мале завантаження протягом дня.

- Координований

Передбачає координацію роботи декількох світлофорів в одній зоні. Часто режим використовується на «вильотну» дорогах. Світлофори працюють

синхронно, пропускають певну кількість автомобілів, що сприяє підтримці інтенсивного руху на ділянці.

- Адаптивний.

Світлофор працює самостійно і автоматично приймає рішення на основі даних, що надходять про дорожню ситуацію. Дані про потоці пристрій отримує через індукційні петлі або датчики. У містах, де вже використовуються подібні системи, обов'язково функціонує ситуаційний центр, який також допомагає пропускати на виклики автомобілі екстрених служб.



Рисунок 1.2 - Контролер розумного світлофора (на основі джерела [42])

### 3. Детектори транспортного потоку

Це спеціальні вимірювальні прилади, що працюють за допомогою чутливих елементів, підсилювача-перетворювача і вихідного пристрою. Прилад фіксує факт проходження або присутності транспортного засобу в

контрольованій зоні, виробляє первинний сигнал, який згодом посилюється, обробляється і перетворюється в зручний для реєстрації вид [64].

Існують кілька типів детекторів, що відрізняються за принципом дії чутливих елементів:

- контактні;
- електромагнітні;
- детектори випромінювання.

#### 4. Електронні засоби оплати проїзду

Необхідність оплати проїзду сприяє утворенню заторів на автошляхах. Щоб зменшити пробки, використовуються так звані електронні засоби оплати проїзду – транспондери [56].

Це прийнятно-передавальні пристрої, які дозволяють безупинно рухатися через платні пропускні пункти. Вони встановлюються на лобове скло авто, мають унікальні особові рахунки та ідентифікаційні номери. Щоб заплатити за проїзд, водієві достатньо скинути швидкість до 30 км / год і гроші автоматично спишуться з рахунку.

#### 5. Інформаційні табло

Це основний засіб інформування водіїв про ситуацію на дорогах. На табло може виводитися різна інформація:

- завантаження ділянок дороги;
- наявність ДТП на маршруті;
- кількість громадського транспорту;
- стан доріг і т.д.
- паркомати

Щоб спростити, убезпечити дорожню систему міста, необхідно продумати і парковку. З цим відмінно справляються паркомати - пристрої, які мають у своєму розпорядженні в місцях автоматизованої платного паркування. З їх допомогою автомобіліст може самостійно здійснювати оплату паркування відповідно до заданих тарифами. Прилади не тільки спрощують життя водіям, а

й роблять парковку більш економічною через зниження витрат на співробітників [11].

#### 6. Автоматизоване управління освітленням

Система управління освітленням дає можливість повністю автоматизувати вуличне і дорожнє освітлення. Вона здатна самостійно приймати рішення про необхідність включення або виключення світла відповідно до ситуації на дорозі, часом доби і інших чинників. Система працює по закладеному алгоритму, отримуючи інформацію з різних датчиків, що фіксують завантаження і освітленість зони дороги.

#### 7. Засоби автоматичної фіксації порушень

Один з найважливіших елементів ІТС, який призначений не стільки для фіксації порушень ПДР, скільки для запобігання таких порушень і ДТП. Камери здатні зафіксувати будь-яке порушення правил і зробити покарання за створення небезпечної ситуації на дорозі обов'язковим, завдяки чому автомобілісти будуть більш відповідально дотримуватися ПДР [43].

### **1.3 Інтелектуальні системи управління пасажирським транспортом**

Для побудови інтелектуальних транспортних систем в дорожньому русі в першу чергу потрібно організувати збір інформації про стан трафіку. Один із способів це зробити - забезпечити отримання даних безпосередньо від користувачів. Практично у кожної людини є смартфон з GPS і іншими корисними датчиками, які дозволяють передавати актуальні відомості про транспортній системі. Для збору інформації може бути розроблений додаток, де користувач буде вказувати свій маршрут, допомагаючи системі зібрати дані про швидкість, затримки на певних ділянках, висоті над рівнем моря і багатьох інших факторах, які можуть бути використані для аналізу дорожньої обстановки.



Другий спосіб збору відомостей не вимагає безпосередньої участі людини: він передбачає використання сучасної аналітики Big Data. Вже сьогодні існують програми і цілі системи, які допомагають аналізувати пересування людей через SIM-карти в телефонах, збираючи великі масиви анонімних даних [26].

Побудова інтелектуальних транспортних систем міста вимагає:

- збору інформації;
- аналізу трафіку;
- моделювання трафіку;
- обміну даними;
- управління дорожнім рухом та ТЗ.

Для роботи розумного міського транспорту необхідні технології, завдяки яким буде вестися обмін даними між центром системи і всіма її компонентами, а також між окремими елементами комунікації. Обов'язковим компонентом будь-якого сучасного транспортного рішення є інформаційні підсистеми, головне призначення яких полягає в підвищенні доступності інформації для користувачів громадським транспортом [6]. Та все це потрібно для управління інтелектуальними транспортними системами, а також для:

- забезпечення ефективної роботи доріг, перехресть і автомагістралей;
- для оптимізації руху приватного та громадського транспорту;
- швидкого реагування на ситуацію на дорозі;
- підвищення безпеки руху;
- недопущення всіляких порушень і т.д. [25].

У місті має бути створений єдиний центр управління ІТС, куди будуть в онлайн-режимі передаватися дані з детекторів моніторингу транспортних потоків і дорожня обстановка з фото- і відеокамер. Система також повинна фіксувати швидкість потоку, кількість автомобілів і громадського транспорту, метеоумови і стан траси. У разі ДТП система повинна попереджати про труднощі на дорозі і підказувати об'їзні шляхи. Сигнали світлофорів повинні змінюватися в залежності від завантаженості сусідніх перехресть. При дії

описаної системи з'явиться можливість координувати потоки в разі заторів, скасовувати непопулярні маршрути і призначати нові [43].

Для розуміння якості перевезення також існує оперативна система контролю процесу перевезення пасажирів. Комплект електронного модуля GSM / GPS системи встановлюється в автобусі [10]. Додатково система контролю може реєструвати час і місце включення-виключення двигуна, вилучення-вставку карти пам'яті, інших подій, представлених релейними сигналами, а також може обробити один аналоговий датчик, наприклад, для оцінки рівня палива в баку. У систему за запитом може бути включений контроль інших параметрів або введено інформаційне табло для водія. Блокова архітектура електронного модуля, дозволяє застосовувати його в різних конфігураціях, наприклад, тільки для накопичення журналів руху з відкладеним контролем (без вбудованого модему), або тільки для оперативного обміну з центром моніторингу (без карти пам'яті) [54]. Вхідна в комплект поставки приладу зовнішня карта пам'яті є надзвичайно зручним засобом збору та передачі результатів руху, рис. 1.3.

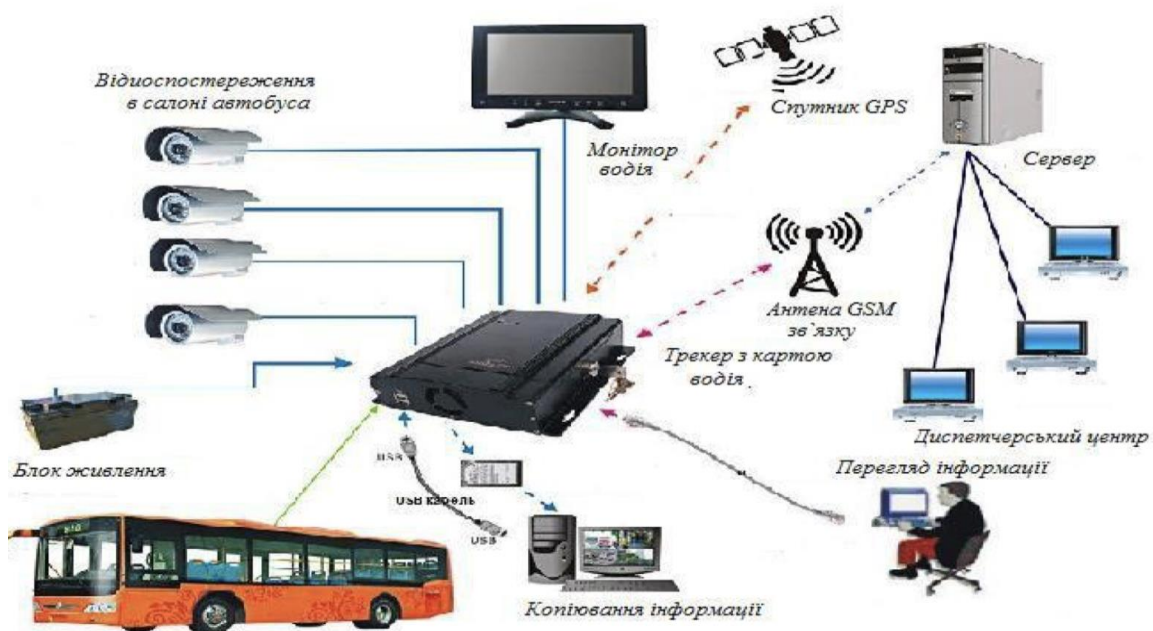


Рисунок 1.3 – Блокова архітектура електронного модуля GSM/GPS системи контролю (згідно з джерелом [54])

Персональна карта водія являє собою електронну мікросхему DS1994 типу iButton розміщену на брелоку або пластиковій картці. Дана мікросхема має реєстраційний номер 64 біта, енергонезалежну пам'ять 4 Кбіт і вбудований годинник. Карта є індивідуальною приналежністю водія, а не автобуса.

Ідентифікатором автобуса є електронний модуль, що стаціонарно встановлений в автобусі і отримує електроживлення від його бортової мережі, та має бездротовий інтерфейс для реєстрації в ході руху, а також контактний інтерфейс для зчитування персональних карток водія. Ідентифікатор встановлюється в автобусі і має контактне пристосування для зчитування персональних карток водіїв з відповідною індикацією.

База даних системи зберігає всю інформацію про заплановані та фактично виконані маршрути для подальшого аналізу, а також про всіх водіїв і номери виданих їм персональних карток.

В пам'ять персональної карти водія перед виходом на маршрут відноситься наступна інформація:

- номер автобуса, на якому водій буде працювати поточну добу;
- план рейсів, включаючи номери маршрутів в послідовності їх проходження і планований час перебування на кожному маршруті [8].

План рейсів для кожного водія формується на основі подорожнього листа, наявного в завершеному вигляді у диспетчера автопарку перед виходом автобусів на маршрут. Подорожній лист в електронному вигляді передається в комп'ютер диспетчера. Перед початком маршруту водій встановлює підготовлену диспетчером персональну карту в контактний пристрій електронного модуля, після чого вся інформація з неї стає доступна системі. Проведене моделювання величин часу затримок показує, що при використанні оперативної GSM / GPS системи контролю час між виникненням затримок при випуску автобусів з парку, а також час, між порушенням графіка руху на маршруті, збільшується до часу оборотного рейсу, тобто дорівнює 40-45 хвилин. При цьому час відновлення затримок у випуску автобусів скорочується до 2 хвилин. [9]

Також одним з прикладів ІТС для регулювання пасажирських потоків є МaaS (Mobility as a service). Мобільність як сервіс (Рис. 1.4) – це інтеграція різних форм транспортних послуг у єдину мобільну службу, доступну за запитом [86].

Ціль МaaS — надати альтернативу використанню приватних (індивідуальних) видів транспорту та задовільнити зростаючий попит на послуги мобільності з мінімальною кількістю транспортних засобів.

Для задоволення потреб населення, оператор МaaS надає можливість для здійснення поїздки обирати різні види транспорту такі як громадський транспорт, автомобіль або велосипед спільного використання (car-, bikesharing), таксі чи орендований автомобіль; або їх поєднання [90].



Рисунок 1.4 – Координація різних транспортних послуг у мобільній службі МaaS (згідно з джерелом [35])

Для задоволення потреб населення, оператор МaaS надає можливість для здійснення поїздки обирати різні види транспорту такі як громадський транспорт, автомобіль або велосипед спільного використання (car-, bikesharing), таксі чи орендований автомобіль; або їх поєднання [76].

В МaaS відсутня необхідність покупки квитків для кожної поїздки, достатньо облікового запису, який надає можливість користувачу вільно обирати зручний для нього вид транспорту та оплачувати конкретну поїздку чи вносити щомісячну плату [97].

## Переваги МааS:

- підвищення якості життя в місті;
- покращення ефективності транспортної мережі;
- уникнення витрат пов'язаних з володінням та експлуатацією власних транспортних засобів;
- можливість ефективного переміщення;
- скорочення шкідливих викидів;
- зменшення кількості заторів;
- використання звільненої паркувальної площі для інших цілей громадськості [52].

ПО РТВ Visum 17 приєє зручному моделюванню складних мультимодальних поїздки, які стають все більш важливими з появою нових технологій та мобільності як послуги - МааS, (Рис.1.5).

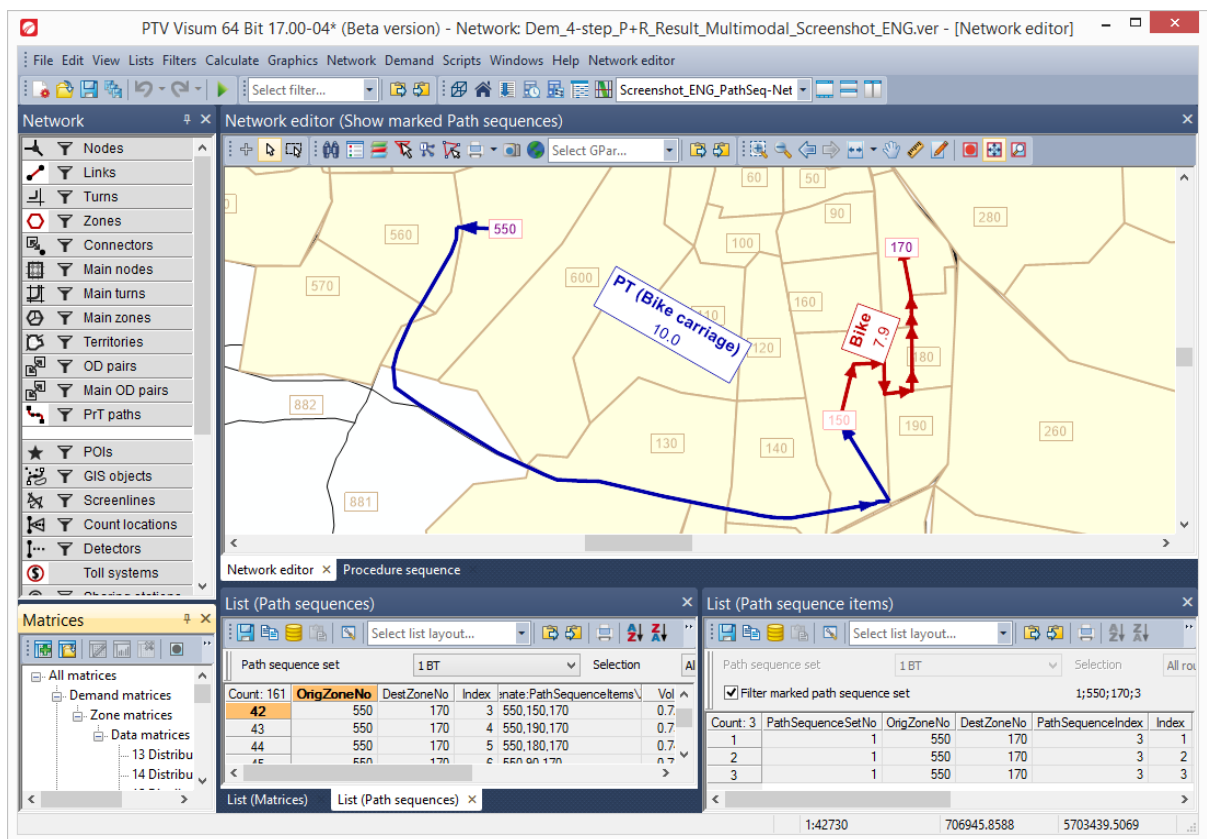


Рисунок 1.5 – Відображення послідовності шляху в РТВ Visum 17 (на основі джерела [51])

В Visum 17 впроваджено дійсну основу для мультимодальних додатків з новими даними об'єктів моделі та процедури, в яких генеруються шляхи з декількома режимами, а також виконується подальша оцінка та графічне відтворення. Деякі додатки тепер краще підтримуються із-за структури даних та відповідних процедур, наприклад:

- регіональні та національні моделі попиту;
- моделювання міжміського пасажирського попиту;
- моделювання міжміського вантажного транспорту;
- моделювання велосипедного руху;
- відображення повних шляхів P+R від джерела до цілі поїздки;
- відображення поїздок і маршрутів з АВМ моделей.

Очевидно, що спільне використання транспортних засобів стає більш важливим. Багато великих міст вже створили системи обміну автомобілями та/або велосипедами, оскільки їх важливість збільшується в секторі міського транспорту. Тому включення таких систем до макро моделей стає все більш важливим для спеціалістів з транспортного планування, операторів громадського транспорту і організацій, що здійснює спільне використання систем. Саме тому в новій версії було включено пункти обміну транспортними засобами в процедурах перерозподілі громадського транспорту по розкладу. З цим нововведенням стає можливо розглядати окреме використання систем як вільних в обігу, так і на станціях прокату, а також поїздки, що поєднують традиційний громадський транспорт із системами спільного використання. Крім того, нова методологія дозволяє визначити оптимальний баланс між кількістю транспортних засобів, затратами для їх переміщення та попитом користувачів, тим самим мінімізуючи інвестиції в інфраструктуру таких систем (Рис 1.6).

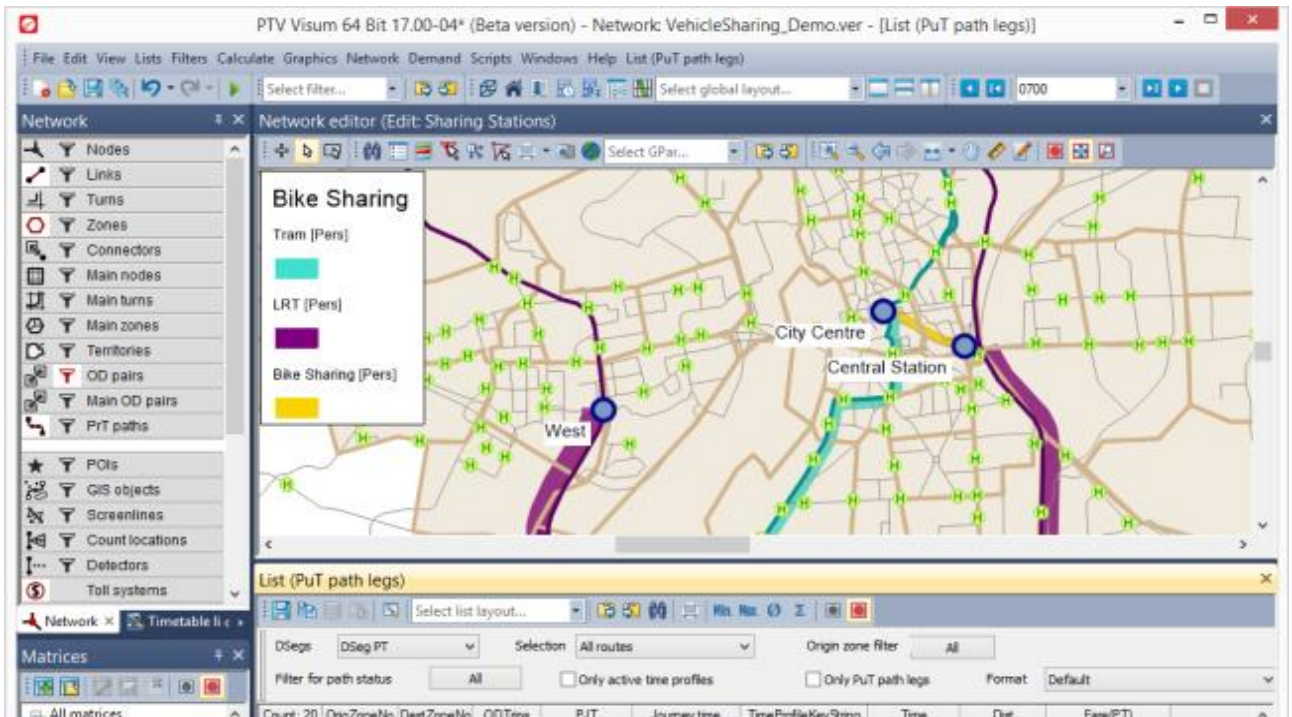


Рисунок 1.6 – Приклад моделювання схем спільного використання транспортних засобів в PTV Visum 17 (на основі джерела [51])

#### 1.4 Нормативно-правова база впровадження ІТС

Слід звернути увагу на тлумачення даного поняття в директивах Європейського союзу. Директива Єврокомісії 2010/40 / EU від 7 липня 2010 року визначає під терміном «Інтелектуальні транспортні системи» або «ІТС» системи, в яких застосовуються інформаційні та комунікаційні технології в галузі автомобільного транспорту, в тому числі в інфраструктурі, на транспортних засобах, а також в дорожньо-транспортній регулюванні, управлінні мобільністю, і при взаємодії всіх видів транспорту [69].

ІТС може включати в себе різні моделі, технології та системи. Громіздкі визначення є наслідком того, що ІТС - це місце зіткнення автотранспортної індустрії та індустрії інформаційних технологій і базуються на моделюванні транспортних систем і регулювання транспортних потоків.

В рамках ЄЕК ООН створено спеціальну робочу групу № 29 - ІТС / АВ по впровадженню автомобільних інформаційних систем і кібербезпеки. В рамках впровадження автоматизованого транспорту створюються підгрупи для більш ефективної роботи з різної тематики (сертифікація автоматизованого водіння, кібербезпека, зберігання даних і т.д.).

Поточний стан розвитку інформаційних систем в світі показує високий рівень державного інтересу до створення власних інтелектуальних транспортно-дорожніх систем, а також формуванню умов для об'єднання різних національних систем в транснаціональні [73]. З цією метою створені і вже багато років функціонують системи стандартизації різного рівня, які мають виражену тенденцію до взаємної гармонізації.

Як мають найбільший вплив у сфері технічного регулювання ІТС, слід виділити три світові системи стандартизації:

ISO - міжнародна організація по стандартизації (ISO - International Organization of Standartization), де сфера ІТС регулюється технічним комітетом 204 (Technical Committee 204 - Intelligent Transport Systems);

CEN - Європейського комітету зі стандартизації (CEN - European Committee for Standartization), де сфера ІТС регулюється технічним комітетом 278 (Technical Committee 278 - Road Transport and Traffic Telematics).

ITS Standards of Japan – японська система стандартизації [6].

Створені в цих організаціях робочі групи спеціалізуються за напрямками:

- архітектура;
- системи повернення викрадених транспортних засобів;
- громадський транспорт;
- управління стоянками і парковками;
- громадський зв'язок;
- інтерфейс людина / машина;
- автоматична ідентифікація транспортних засобів;
- ширококутовий зв'язок / протоколи і інтерфейси;



- системи управління вантажним транспортом і рухомим складом та ін. [78].

Досвід країн Євросоюзу, США, Японії, Китаю та інших держав в просуванні проектів ІТС показує, що в умовах ринкової економіки тільки єдина державна політика дозволяє об'єднати зусилля держави і його суб'єктів, бізнесу всіх рівнів і секторів економіки у вирішенні загальнонаціональних цілей в транспортному комплексі.

Держава здійснює стратегічно-інноваційну функцію - підтримує базисні технологічні та економічні інновації, надаючи їм початковий імпульс.

Виділимо основні ролі держави при формуванні інтелектуальної транспортної системи:

1) організуюча і координуюча роль в створенні інституційної основи для розробки національної архітектури ІТС та координаційних планів розвитку;

2) регулююча роль - створення правового поля, стандартизація параметрів в сфері безпеки і технічної сумісності;

3) стимулююча роль - підтримка досліджень і соціально-орієнтованих проектів ІТС - сервісів у сфері громадського транспорту і невідкладних служб;

4) інвестиційна роль - розробка і реалізація ІТС-проектів, що вирішують завдання безпеки і продуктивності, які можуть створюватися і експлуатуватися з залученням приватного капіталу на умовах державно-приватного партнерства [83].

Світова практика впровадження ІТС забезпечує впровадження досягнень телематики в усі види транспортної діяльності для вирішення питань економічного і соціального характеру - скорочення аварійності, підвищення ефективності громадського транспорту і вантажоперевезень, забезпечення загальної транспортної безпеки, поліпшення екологічних показників [31].

Розробки і розгортання ІТС - це потенційно ефективний конкурентоспроможний інноваційний бізнес і стимул розвитку нового високотехнологічного сектора промисловості, що є важливим антикризовим фактором. Механізми реалізації відрізняються в різних країнах, проте ключові

компоненти однакові. При наявності апробованої в світі загальної концепції розвитку ІТС, всі країни мають свої національні концепції та пріоритетні програми розгортання ІТС, що зафіксовано в тому чи іншому державному документі [5].

## **1.5 Висновки до розділу 1**

Транспорт є невід'ємною частиною соціально-економічного розвитку країни, міст та регіонів. У даній області повинні використовуватися найсучасніші технології збору та обробки інформації про параметри транспортних потоків (щільності, швидкості, складі) з метою забезпечення невинного синхронізованого руху по вулицях і дорогах. Кожного дня з'являються нові вимоги до рівня узгодженості всіх сфер життєдіяльності суспільства - в тому числі в системі транспортних перевезень. Тим часом в останні десятиліття наростає незбалансованість між потребами в транспортних послугах і реальними пропускними здатностями всіх видів транспорту. Можливості екстенсивного шляху задоволення потреб суспільства в нарощуванні обсягів перевезень пасажирів шляхом збільшення чисельності транспорту в значній мірі вичерпані - особливо в великих містах.

Координація діяльності в часі та просторі є ключовим поняттям майже будь-яких логістичних зусиль, саме тому доцільно використовувати термін "синхронізація" у сфері впровадження інтелектуальних транспортних систем.

Синхронізація в логістиці складається в основному із зчепленням двох логістичних елементів або систем у двох вимірах: тимчасова зв'язка, тобто затримка часу між пов'язаними подіями, та зв'язок між результатами, тобто кількісна оцінка співвідношення результатів.

Саме завдяки сучасним інтелектуальним транспортним системам можна дійти до синхронізації пасажирських потоків, що вирішить багато проблем міст сьогодення.

ІТС працюють в містах в таких сферах: інформація для подорожуючих, управління рухом, управління вантажним транспортом, управління громадським транспортом, електронна оплата за квиток на транспорт різних видів, безпека та надійність.

Для впровадження ІТС важливо мати достатньо нормативно-правову базу. Процес міжнародної стандартизації інформаційно-комунікаційних технологій здійснюється на світовому рівні в Міжнародній організації зі стандартизації (International Organization for Standardization, ISO), а на європейському рівні - в Європейському комітеті зі стандартизації (Comité Européen de Normalisation, CEN), Європейському комітеті з електротехнічної стандартизації (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique, CENELEC) та Європейському інституті по стандартизації в галузі телекомунікацій (European Telecommunications Standards Institute, ETSI).

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ

#### **2.1 Проблеми та переваги впровадження інтелектуальних транспортних систем для синхронізації пасажирських потоків**

Протягом останніх декількох років спостерігається прискорення темпів впровадження ІТС, тому сьогодні все частіше країни сприймають їх не як технологію майбутнього, а як інструмент для вирішення щоденних транспортних проблем. Разом з тим, як було зазначено в стратегічному пакеті документів по ІТС, в ЄЕК ООН, на шляху впровадження ІТС як і раніше зберігається ряд перешкод. Тут принципову важливість має забезпечення належного управління, при недоліку якого виникає цілий ряд перешкод. Існують кілька чітко виражених і вельми конкретних перешкод, які повинні бути усунені директивними органами, з тим щоб запуснути процес розкриття потенціалу ІТС в повному обсязі. В рамках цього огляду основну увагу буде приділено таким аспектам: експлуатаційна сумісність, фрагментованість технічних стандартів і гармонізація та синхронізація заходів політики / стратегічних програм [88].

Існують такі проблеми на шляху впровадження ІТС:

- брак політичної волі і розуміння в суспільстві;
- недостатня підготовка з питань ІТС або її відсутність;
- брак інфраструктури;
- питання відповідальності;
- захист особистої інформації;
- невирішене питання про виділення радіочастот;

- неузгодженість ЗІС;
- відсутність узгодженої політики;
- фрагментованість стандартів по експлуатаційної сумісності;
- відсутність загальноприйнятого визначення;
- різні темпи здійснення в державному і приватному секторах [5].

Розумна транспортна система може суттєво вплинути на спосіб пересування пасажирів у щільних міських районах, заощаджуючи витрати для муніципалітетів та забезпечуючи кращі та безпечніші послуги для жителів міста [39].

Розумний міський транспорт - це використання електронних, бездротових та Інтернет-технологій, що забезпечують доступ до розумніших, безпечніших та швидших подорожей між двома пунктами у великому місті [88]. Він надає міській владі багату інформацію та контроль за транспортними потоками. Міста, які бажають стати розумним містом, найчастіше починають із розбудови інтелектуальної транспортної інфраструктури у формі Інтелектуальної транспортної мережі (ITN). ITN включає:

- систему управління громадським транспортом;
- інформаційна систему маршруту та електронний розклад руху;
- систему безпеки та керування транспортним засобом;
- єдиний тариф [94].

При цьому в більш глобальному плані впровадження технологій в транспорті ІТС має дві основні переваги:

#### 1. Зручність для пасажирів

Планується створення інтелектуальних транспортних систем таким чином, щоб вони дозволили зробити життя населення більш комфортною і простий. Завдяки розумним рішенням, водій або пасажир громадського транспорту буде проінформований про реальний стан справ на дорозі, а головне - зможе добратися з пункту «А» в пункт «Б» максимально швидко і безпечно. Крім

того, значно полегшити пошук паркувальних місць, адже інформація про завантаженість парковок буде легко доступна будь-якому автомобілісту [21].

## 2. Інтеграція з дорожньо-транспортними службами

Впровадження інтелектуальних транспортних систем передбачає їх інтеграцію з дорожньо-транспортними службами. У разі виникнення будь-якої небезпечної або аварійної ситуації програмне забезпечення зможе швидко провести всі уповноважені спецслужби до потрібного місця, щоб вони могли надати допомогу населенню, наприклад, в разі ДТП.

ДТП відбуваються з різних причин. ІТС дають можливість істотно знизити вплив всіх факторів, що збільшують шанс потрапляння автомобіля в аварію.

Технології інтелектуальних транспортних систем дозволяють:

- відслідковувати стиль водіння і фіксувати небезпечні тенденції;
- виявляти несправності автомобіля;
- попереджати про небезпечні ділянки дороги;
- фіксувати і оперативно реагувати на факти порушення ПДР.

Багато компаній продумують архітектуру інтелектуальних транспортних систем, пропонують все більш сучасні і технологічні рішення для контролю ситуації на дорозі, проте далеко не всі з них сьогодні реалізуються.

Завдання модернізації транспортної системи навіть одного міста має величезні масштаби. Проекти вимагають часом божевільних інвестицій - чого тільки варта встановити камери через кожні 500 метрів на всіх дорогах, як це сьогодні робиться в Сінгапурі.

І одними камерами проекти не обмежуються: для їх роботи потрібні неймовірні ресурси, тому розвиватися і будуватися розумні системи можуть тільки при наявності відповідного інституційного потенціалу, якого немає в більшості держав [84].

Різниця нахилів кривих розвитку між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються, щодо ІТ-застосувань на транспорті (ІТС) призводить до розриву в дослідженнях, проведених серед тих країн, які з часом будуть розвиватися. Як результат, країни, що розвиваються, зазвичай вирішують

скористатися новими технологіями та досвідом інших країн якомога швидше, щоб мінімізувати витрати. Хоча переваги програм ІТС роблять накладені соціально-економічні витрати стерпними, а наявний досвід подібних країн настільки корисний; некоординований розвиток інфраструктури, культурні відмінності, відсутність законодавства та невідповідна організаційна структура агентств призвели до численних проблем різного характеру в роботі цих систем.

## **2.2 Дослідження зарубіжного досвіду синхронізації пасажирських потоків в інтелектуальних транспортних системах**

Виникнення інтелектуальних транспортних систем бере свій початок у 1960-х роках, коли в США була розроблена Електронна система наведення маршрутів. Однак Світовий конгрес ІТС у Парижі в 1994 році пришвидшив розробку та впровадження інтелектуальних транспортних систем для вдосконалення систем управління дорожнім рухом по всьому світу. З тих пір різноманітні організації по всьому світу розробляли численні додатки ІТС, які адаптувались відповідно до конкретних потреб. Це стало глобальним явищем, яке привертає увагу у автомобільної промисловості, професіоналів у галузі транспорту та політиків, що приймають рішення. Хоча початковий етап розвитку ІТС був зосереджений на створенні технічної основи, сучасний етап характеризується розробкою здійснених продуктів ІТС [87].

Масштабність сфери інтелектуальних транспортних систем робить її результатом спільних зусиль приватного, державного та академічного секторів. Знання академіків підтримує державний та приватний сектор на ринку. Аналізуючи економічний тягар дорожньо-транспортних пригод та внесок транспорту в світові викиди CO<sub>2</sub>, пов'язані з енергетикою, очікується що в прогнозованому періоді з 2019 по 2026 рік ринок глобальних інтелектуальних

транспортних систем (ІТС) буде тільки зростати. Ринок зростатиме при середньорічному темпі зростання близько 13%, щоб до 2026 року перевищити оцінку в 80 мільярдів доларів США.

Глобальний ринок інтелектуальних транспортних систем можна розділити на такі напрямки:

- управління рухом;
- безпечність дорожнього руху та спостереження;
- управління вантажоперевезеннями;
- заправки для учасників дорожнього руху;
- управління паркуванням;
- автомобільна телематика;
- автоматизовані автомобілів.

Серед ключових гравців ринку, що діють на світовому ринку інтелектуальних транспортних систем, є:

- WS Atkins PLC;
- Siemens AG;
- Thales Group;
- Nuance Communications Incorporation;
- Garmin International Inc. ;
- Hitachi Ltd;
- EFKON AG;
- Iteris Inc. ;
- Telenav Inc. ;
- TomTom NV [89].

Розробка європейської архітектури ІТС є результатом двох проєктів, що фінансуються Європейською Комісією - KAREN (розпочатий у 1999 р.) Та FRAME [80].

Перша європейська рамкова архітектура ІТС була створена в листопаді 2000 року проєктом KAREN, що фінансується Європейською комісією. В даний час держави-члени ЄС використовують Європейську структурну архітектуру як



основу для розвитку своїх місцевих, регіональних та національних архітектур ІТС. Метою проєктів FRAME, розпочатих влітку 2001 року, є вдосконалення першої версії Framework Architecture та надання підтримки її розробці та застосуванню. Мета - надати активну допомогу всім країнам-членам ЄС (і країнам-заявникам), які бажають розробити власні архітектури, та надати їм можливість обмінятися досвідом [1].

Проєкт включає початкові ідеї європейської фреймворкової архітектури ІТС із наступною документацією:

1. Європейська функціональна архітектура ІТС;
2. Європейська фізична архітектура ІТС;
3. Європейська архітектура ІТС зв'язку;
4. Європейський ІТС аналіз витрат та вигод;
5. Європейське дослідження впровадження ІТС;
6. Модель впровадження ІТС [68]

Європейська архітектура ІТС розроблена, щоб забезпечити гнучку структуру, яку окремі країни можуть адаптувати до своїх вимог. Таким чином, національні проєкти ІТС, засновані на європейській структурі ІТС, такі як АСТІФ (Франція), ARTIST (Італія), TTS-A (Австрія) та TEAM (Чеська Республіка), мають спільний підхід та методологію. І все-таки кожному вдалося зосередитись на аспектах місцевого значення та розробити їх більш детально [100].

Існують суттєві відмінності між підходами при проектуванні архітектури ІТС. Архітектура ІТС США базується на фізичній точці зору, європейська архітектура в основному покладається на потреби користувачів та функціональний погляд, тоді як японська національна архітектура ІТС використовує об'єктно-орієнтовану методологію. План дій щодо розгортання ІТС можна розглядати як документ, який започаткував більш сильний і цілеспрямований розвиток ІТС в Європейському Союзі. Незважаючи на високий рівень гармонізації стратегічних досліджень за підтримки Європейських технологічних платформ ERTRAC та ERTICO-ITS, базис для

впровадження ІТС на автомобільному транспорті все ще повинен бути розроблений [70]. Підготовка плану дій включала консультації із зацікавленими сторонами, семінари, он-лайн опитування (публічні дебати) та дискусійні групи.

Використання інформаційно-навігаційних систем у рамках європейських проектів можна продемонструвати на прикладі таких міст:

-Брістоль (CONCERT): TFIS для кращого використання системи Park and Ride;

-Брюссель (CAPITALS): TFIS як частина вищої системи управління дорожнім рухом у тунелях на внутрішньому кільці міста;

-Лондон (CLEOPATRA): Визначення впливу TFIS при ідентифікації місць аварій на вибір водіїв вздовж дорожньої мережі та ефективність транспорту в мережі;

-Ліон (CLEOPATRA): інформаційна стратегія для TFIS в автоматичному режимі з використанням даних, отриманих в результаті вимірювань, проведених на дорожній мережі;

-Мюнхен (TABASCO): TFIS для паркування та їзди;

- Пірей (COSMOS): стратегія зміни напрямку руху транспортних потоків в районі морського порту;

-Саутгемптон (EUROSCOPE): інтегрована ідентифікація місця аварії та управління паркуванням;

-Тулуза (CLEOPATRA): загальна стратегія зміни напрямку руху транспортних потоків;

-Турін (CLEOPATRA): стратегія TFIS разом із міською стратегією управління дорожнім рухом [79].

Беручи до уваги експертизу Європейського Союзу в питанні розвитку транспортних систем треба взяти до уваги курс Німеччині під назвою «Індустрія 4.0», що являє собою курс промислового розгортання з широким використанням кіберфізичних систем. Транспортна кіберфізична система (TCPS) може змусити транспортні системи досягти вищої ефективності та

надійності, забезпечуючи посилену взаємодію між кіберсистемою та фізичною системою на транспорті на основі зворотного зв'язку. Ефективність TCPS представлена через його потенціал сприяти соціальним та екологічним вигодам. TCPS також розглядаються як один з компонентів інтеграції сервісів для системи Smart City. [74]. Курс революційного розвитку «Індустрія 4.0», що популяризується в Європейському союзі, переносить стандартизацію транспортних систем шляхом оцифрування та створення інноваційних екологічно чистих технологій. Зараз виділяють дві основні інноваційні трансформації транспортних систем ЄС:

1. Розумний транспорт за допомогою діджиталізації. Це відбувається за допомогою штучного інтелекту, а саме цифрового зору а також технологій Big Data, адже це дозволяє відстежувати та проводити контроль з моніторингом кожного транспорту що впливає на розвантаження транспортних потоків, а також впливає на безпеку та зменшує кількість ДТП. Електромобілі останніх поколінь вже показують приголомшені результати – вони можуть адаптуватися до водія, власника автомобіля: вони аналізують час початку і кінця щоденного руху і наперед прогрівують автомобіль та самі пропонують найбільш оптимальні маршрути. Такі автомобілі також мають функції сповіщення власника про можливі неполадки в авто, або якщо треба замінити якусь деталь. Ще однією перевагою розумного транспорту можна вважати мінімізацію запитів між людиною та транспортною системою. Вже зараз у користувачів транспорту є можливість за допомогою застосунків на мобільних телефонах отримувати інформацію щодо наявних місць у транспорті та оповіщати водія про бронювання (наприклад Uber Shuttle), а у перевізників є можливість бачити інформацію про кількість пасажирів в режимі реального часу та змінювати в залежності від цього кількість транспорту на дорогах залежачи від того чи іншого попиту. Діджиталізація розумного транспорту тісно зв'язана з логістичними ІТ-системами. Оскільки, використовуючи сучасні «хмарні» логістичні ІТ-системи, можна не лише швидко підібрати клієнта, прорахувати економічно найвигідніший маршрут, але й підібрати попутний вантаж на

зворотній шлях. Сьогодні ставиться задача впровадження гібридних систем з використанням альтернативної логістики, щоб доставка виконувалась у відповідності з бажанням клієнта. Також набирає популярність упереджувальна логістика, на основі аналізу Big Data.

2.Імплементация ІТС (інтелектуальні транспортні системи) та ІТМ (інтелектуальні транспортні мережі). У центрі уваги, як європейського, так і світового автомобільних ринків знаходяться інтелектуальні транспортні системи. Вже сьогодні створюють чимало розумних рішень таких як навіть «розумні» транспортні магістралі, де за допомогою транспондерів можна швидко регулювати щільність транспортних потоків та здійснювати безконтактну оплату за проїзд магістралями. Найбільш відомі виробники автомобілів у світі (Audi, BMW і General Motors, Cadillac, Toyota, Google, Continental, Mercedes-Benz, Volvo, Tesla Motors) останні роки інтенсивно працюють над технологіями безпілотного управління транспортним засобом. Першою країною в Європі, яка дозволила безпілотний транспорт на дорогах законодавчо, стала Естонія. Правда, з рядом обмежень. У цій країні автобусні перевезення користуються не меншою популярністю, ніж потяги і літаки, тому технології впроваджуються з завидною постійністю. Станом на 2020 рік у Німеччині вже працюють близько 20 проєктів безпілотних систем для автобусів в сфері громадського транспорту. Найуспішніший проєкт - у Монгаймі, де між вокзалом та центром міста вже курсують п'ять безпілотних автобусів [27]. Також в США компанія Uber вже багато років працює над проєктом безпілотного таксі. Безпілотні легкові авто і громадський транспорт повинні стати основою для реалізації нової парадигми МaaS - "мобільність як сервіс". Використання дронів – можна також вважати ще одним кроком в інноваційних курсах країн у сфері транспорту. Країни Європейського союзу розглядають ефективність використання дронів у таких сферах як сільське господарство, транспортні системи країн та міст, логістика, енергетична промисловість, видобувна промисловість, військова справа, тощо. Доставка товарів – один з найяскравіших прикладів використання дронів. Одна з перших компаній, яка

почала тестувати доставку піци дроном, стала Domino's Pizza. Перший запуск відбувся в Австралії. Причина такого інтересу до нових технологій банальна: конкуренція піцерій за лідерство за часом доставки. Також дрони використовують під час надзвичайних ситуацій, коли необхідно швидко та безперешкодно надати ліки, першу допомогу, з цим вони справляються беззаперечно. Проте, тенденція інтелектуалізації та діджиталізації транспортних систем зумовлює й певні проблеми (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Плюси та мінуси впровадження інноваційних технологій в сфері транспортних систем Європейського Союзу. (структуровано автором на основі [22])

<b>Плюси</b>	<b>Мінуси</b>
Збільшується загальна безпека на дорогах через більш якісний контроль та моніторинг	Вартість електромобілів вища за звичайні
Створюється єдина інтегрована система з іншими сервісами контролю та моніторингу	Знижуються виплати за порушення та зменшується державна казна
Зменшення собівартості транспортування	Втрата робочих місць для водіїв, контролерів, касирів
Економія часу на водіння авто	Загострюється питання кібербезпеки
Зниження викидів шкідливих речовин та підвищення добробуту населення	Проблема утилізації електроаккумуляторів та їх сервісного обслуговування

У всьому світі інтелектуальні транспортні системи вже давно використовуються для вирішення широкого спектру задач, а саме:

1) Показ даних в режимі реального часу для пасажирів щодо графіку руху транспорту, його затримок

Мета: Полегшити пасажиром поїздки та переконати в перевагах розумного громадського транспорту. Приклади використання таких технологій: Гонконг, Брісбен, Лондон та Берлін [55].

Яким чином це працює (Рис.2.1): Дані з усіх систем громадського транспорту збираються в одній єдиній системі. Систем аналізує графіки та маршрути цих громадських транспортів, та використовує цю інформацію для подальшого планування поїздок. Вся ця інформація про поїздки, рух транспорту, графік, затримки виводиться пасажиру в режимі реального часу на спеціальних табло та у застосунку на телефоні. Ся система може будуватись на різних технологіях і по різному збирати ці дані, але канали збуту в них однакові. Ядро програми вираховує різницю між реальною ситуацією і запланованою та виводить прогнозований час затримки транспорту, на скільки він запізнюється. Час затримки або навпаки раннього прибуття в режимі реального часу передається на табло на зупинках та у мобільні девайси. Також є така модифікація Щоб допомогти автобусам, які запізнюються, можна модифікувати час дорожніх знаків у реальному масштабі часу, і це дозволяє, щоб зелене світло було ввімкнено для цього автобуса довше [28].

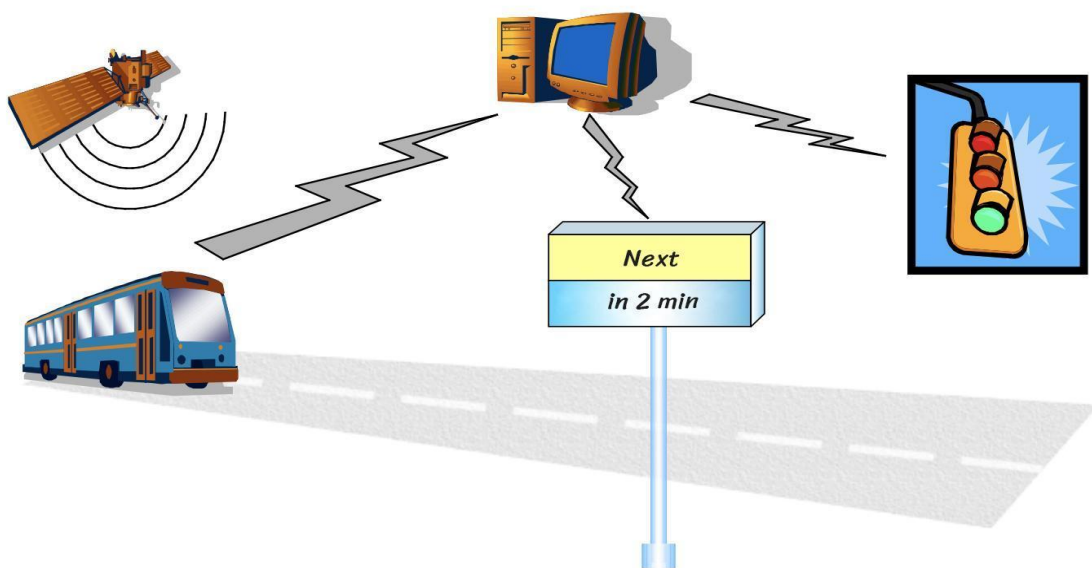


Рисунок 2.1 - Передача інформації в режимі реального часу для мандрівників, а саме розкладу руху транспорту, інформації про затримки (на основі джерела [63])

## 2) Плата за в'їзд до зони міста/центру міста

Мета: Задля зменшення попиіу користування власним автомобільним транспортом і за одно зменшити кількість заторів у місті використовують платний в'їзд до міста, або окремих його районів. Це зроблено для того, щоб надати громадському транспорту пріорітет, адже ГТ їздить власними полосами руху. Таку систему вже запровадили в таких містах як: Стокгольм,. Лондон, Сінгапур. Схожі технології використовуються у різних містах Італії і Норвегії [57].

Яким чином це працює (Рис. 2.2): Якщо водій автівки хоче здійснити подорож у місто або його окрему територію, яка є платною, то він має запоатити за це згідно тарифу. Це оброблюється або через рамки безконтактної оплати з його власного рахунку, зареєстрованого у системі, або через СМС чи мобільний телефон. Якщо рахунок користувача, який зареєстрований за цим власником транспортного засобу, показує, що у транспортного засобу є кошти, то при в'їзді кошти знімаються з рахунку. Якщо ж коштів немає, то виписується штраф [22].

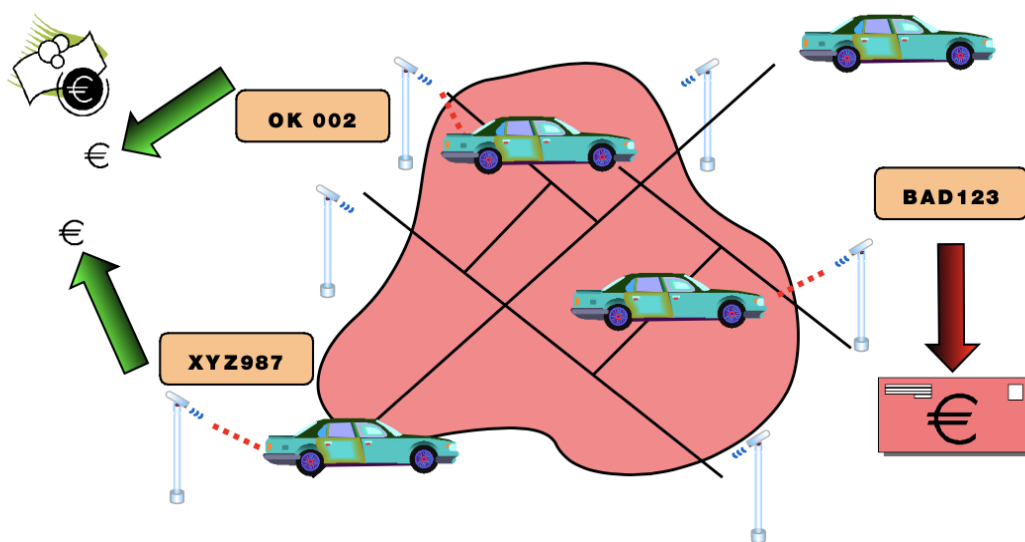


Рисунок 2.2 - Процес плати за в'їзд до зони міста (на основі джерела [63])

### 3) Управління аваріями

Мета: Створення єдиної системи, що буде отримувати інформацію про всі ДТП та буде перенаправляти потоки та моніторити особливі ділянки дороги для того щоб зменшити наслідки надзвичайних ситуацій. Приклади: Пекін, Лондон, Мадрид, Сідней, Сінгапур.

Як це працює: Традиційно це центральний координаційний центр для спеціалістів, що збирає дані про ключові перевезення та подорожі. Центр включає в себе зв'язок з багатьма міськими службами – дорожні служби, центри управління громадським транспортом, поліція, аварійні служби, служби з надзвичайних ситуацій. Інтегрований центр управління підтримуватиме дані з усіх цих служб та контролює ІТС, включаючи комп'ютерну систему контролювання руху, яка функціонує за допомогою передаючої телевізійної камери із замкнутим контуром, інформацію про надзвичайні ситуації, отриману від людей, систему RTPI, системи та операторів управління громадським транспортом, камери APIS та CCTV, які має поліція, транспорт, платні дороги та інші. Персонал диспетчерського відділу координує додаткові дані та інформацію щодо надзвичайних ситуацій, дорожнього руху та безпеки [50].

### 4) Управління вантажним транспортом

Мета: Покращити ефективність роботи транспортного парку. Приклади: Сполучене Королівство, США, Японія, Австрія, Німеччина, Швейцарія та Австралія.

Як це працює: Найкраще позиціонування автомобіля можна отримати завдяки GPS-сигналам. Ці сигнали надсилаються на персональні комп'ютери працівникам центру, вказуючи місце розташування вантажівки. За звичайного планування програми можна використовувати Програмне забезпечення що розробляє планування маршрутів для цих вантажівок надсилає водіям електронні вказівки. Детальну історію запасів можна зберігати на дошці для візуального аналізу. За допомогою бортових систем цієї ІТС можна також контролювати стан транспортного засобу та повідомляти у депо, якщо виникають якісь проблеми в процесі експлуатації [49].



### 5) Електронний збір оплати

Мета: Смарт-карта - це шматок пластику розміром із кредитну картку із вбудованим мікропроцесором та інтерфейсом. Картка, як і будь-яка пластикова картка, є портативною, її легко зберігати в гаманці, і вона вимагає підключення до акумулятора або іншого джерела живлення лише під час зчитування або запису на неї. Здатність деяких процесорів смарт-карт обробляти дані робить пристрій гнучким інструментом. Приклади: Лондон, Бангкок, Куала Лумпур, Богота, Гонконг, Сінгапур, Мадрид. Використання такої системи планується у Мумбаї та Бангалорі, Індія.

Як це працює: Для транспортних додатків розроблені механізми подолання недоліків контактних карток. Є два загальноприйняті методи. По-перше, вставка картки у гаманець карток “вільні руки”, який здійснює зв’язок на відстані декількох метрів, ця технологія була встановлена в Марселі з 1994 року за проектом GAUDI, що фінансується ЦБК. По-друге, смарт-картка з транспондером. Транспондер є більш високопродуктивним комунікаційним пристроєм, ніж гаманець із власним інтелектом, і зазвичай використовується для зв’язку між транспортними засобами та придорожньою системою для таких програм, як збір плати [53].

### б) Електронний збір дорожнього мита

Мета: Електронний збір дорожнього мита (ETC) допомагає досягти більшої зручності в оплаті, вимагає менше зупинок, зменшує витрати на систему збору дорожнього мита і мінімізує витік прибутків у зв’язку з корупцією у порівнянні з ручними системами виплат дорожнього збору. Приклади: CityLink, Мельбурн; автомагістралі у Малайзії і платні дороги, Бразилія.

Як це працює (Рис.2.3): Існують різні системи, які послуговуються електронною карткою (біркою), що їх розробили для Dedicated Short Range Communications (DSRC) (Спеціального Короткоперіодного Зв’язку). Водії здійснюють передоплату з рахунку, це фіксується або на смарт-картці, або у центральній системі. Під час поїздки оплата проходить як успішна завдяки

вмонтованих сигнальних пристроїв. Бірка активується і система списує з рахунку користувача плату за ту відстань, яку він проїхав станом на цей момент дня. Інші системи використовують автоматичне визначення номерних знаків (APNR. Першим блоком в APNR є локалізація технологій, в якій система витягує область, що цікавить, як у випадку APNR, область інтересу - номерний знак транспортного засобу. У локалізації існує кілька алгоритмів, таких як основа знаходження ребра, основа адаптивного порогового значення, основа теорії нечітких множин тощо. Система базується на спостереженні, що номерний знак - це область на зображенні з високими контрастами, яка зазвичай складається з чорно-білих або чорно-жовтих символів або предметів. Персонажі або предмети на номерних знаках розташовані в один ряд або в кілька рядів (в Індії).. Алгоритм пошуку краю застосовується до всього зображення як перший крок з метою виділення висококонтрастних областей, характерних для номерних знаків [63].

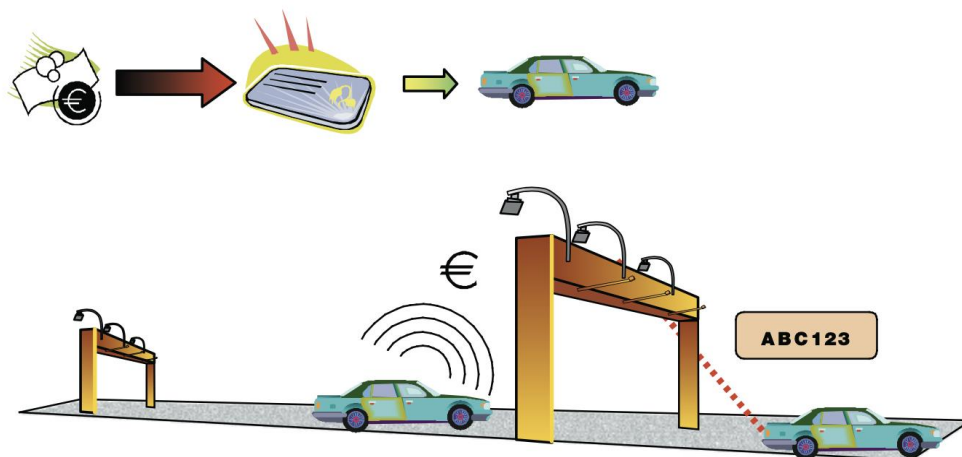


Рисунок 2.3 - Електронний збір дорожнього мита (на основі джерела [63])

#### 7) Системи контролю за безпекою

Мета: Системи контролю за безпекою призначені для зменшення кількості аварій шляхом підвищення уваги водіїв за незвичайних дорожніх умов. Використання дорожніх камер для цілей безпеки та правоохоронних органів має багато практичних переваг. Перш за все, відеопослідовності, записані

такими камерами, можуть бути використані як доказ для поліцейських сил або страхових компаній. Їх можна переглядати для перегляду цікавих подій у різні моменти часу. Більше того, коли дана подія була зареєстрована кількома камерами, вона може бути проаналізована з різних поглядів.

Приклади: Європа, Китай та США.

Як це працює: Для контролю за безпекою на дорогах встановлюють безліч датчиків що визначають умови навколишнього середовища. Через бездротовий зв'язок інформація з цих датчиків передається до центральної системи обробки даних. Рішення про попереджувальні повідомлення, про відкриття дорожніх полос чи встановлення обмеження швидкості робить центральна система у відповідності до правил, а знаки зі змінною інформацією про швидкість використовуються для передачі цієї інформації користувачам доріг. Також у цій системі використовують CCTV камери, вони допомагають відстежувати швидкість, стан доріг, передавати інформацію про аварії. Пристрої фіксують вітер, лід, туман і рух транспортних засобів. Центральна система далі встановлює швидкість уздовж дороги, пристосовуючи її до умов. Знаки зі змінною інформацією про швидкість показують поточну швидкість, а камери, які відстежують швидкість, автоматично пристосовані до зміни швидкості на даний момент часу [63].

Також одним з дієвих методів можна вважати систему MaaS (Мобільність як сервіс), що є правильною відповіддю на скорочення викидів та зменшення заторів, звільняючи міський простір від парковок і даючи можливість використовувати його для інших цілей. Кращих результатів можна досягти, якщо всі особисті поїздки на приватних автомобілях замінити на спільні поїздки. Служба MaaS нещодавно почала працювати у Фінляндії. в Гельсінкі, Сервіс Whim був перевірений реальними користувачами з реальними послугами в Гельсінкі з весни 2015 року. За словами MaaS Global, компанія, яка стоїть за Whim: «MaaS - це безтурботна, екологічно безпечна альтернатива володінню автомобілем. Це найкращий варіант для кожної подорожі - будь то таксі, громадський транспорт, оренда автомобіля чи велосипедна прогулянка.

Від поїздок в офіс до поїздок на вихідні, він керує щоденними подорожами найрозумнішим способом. Для додаткової зручності MaaS включає послуги з доданою вартістю, такі як доставка продуктів або ресторанів. Це дозволяє людям їздити містами і жити своїм життям з більшою легкістю, ніж будь-коли раніше”.

Whim - це мобільний додаток, що пропонує миттєве планування подорожей та їх бронювання. Користувачам не потрібно ознайомлюватися з розкладом руху громадського транспорту; придбати квитки на громадський транспорт; програма надає миттєвий доступ до всіх цих послуг. «Підписка на Whim означає справжню свободу мобільності без головних болів», - говорить постачальник послуг,. Whim здатний вивчити уподобання своїх користувачів та застосувати їх до планування маршруту та способу вибору. Він також може синхронізуватися з програмами календаря та робити пропозиції та бронювання для поїздок на зустрічі. Оплата за використаний транспорт здійснюється через щомісячний пакет мобільності "пунктів мобільності", який можна перетворити на поїздки через будь-який режим. Пропонується вибір пакетів, що підходять для різних користувачів. Пункти мобільності дешевші, чим більше придбаний пакет. Якщо у користувача не вистачає балів до кінця місяця, поповнення, звичайно, можливе.

Другим яскравим прикладом використання MaaS став Лісабон (Португалія). У Лісабоні попередньо провели моделювання мобільності і воно показало, що дев'ять із десяти приватних автомобілів можуть стати зайвими, якщо всі поїздки в місті будуть здійснюватися на спільних автомобілях. MaaS збирає всю інформацію про транспортне забезпечення (коли повинні прибути послуги громадського транспорту, їх розклад руху); події в реальному часі (тобто де зараз знаходиться автобус, чи є страйк, дорожні роботи тощо); інформацію про інфраструктуру, така як автобусні смуги, велодоріжки, місця для паркування та навіть деталі про місцевість. Якщо Лісабон замінить всі приватні автомобілі, автобуси і таксі на автопарки MaaS, то викиди CO<sub>2</sub> можна зменшити на 62%. Факт, що майже чверть населення надає перевагу

мобільності перед бажанням мати особисте авто, демонструє позитивне сприйняття MaaS серед більшості мешканців. [52].

PTV IBERIA, CARNET initiative і SEAT використовували програмне забезпечення PTV Visum і дані про мобільність зі смартфонів для створення «Лабораторії віртуальної мобільності» для Барселони. Її можна використовувати для визначення кількості здійснених там поїздок, щоб з'ясувати, як, в залежності від попиту, можна поліпшити послуги мобільності. За допомогою програмного забезпечення PTV MaaS Modeller були розраховані і проаналізовані чотири альтернативні сценарії, які заповнюють прогалини в громадському транспорті за допомогою використання автопарку за запитом в: агломерації Барселони; центрі міста; районах, що охоплюють найбільш відвідувані туристичні пам'ятки: Sagrada Familia, парк Güell, частини центру міста, пляж і Montjuïc; райони з особливо високим попитом на громадський транспорт, який не завжди задовольняється [91].

Для послуг автопарку MaaS були розроблені наступні специфікації: всі транспортні засоби мають шість пасажирських місць, бронювання можливо аж до однієї хвилини до початку поїздки і пасажирам потрібно тільки змиритися з максимальним часом очікування до десяти хвилин. Розрахунок показав, що процес посадки і висадки займають до 60 секунд, а максимальна час у дорозі становить 15 хвилин. На сьогоднішній день ІТС розглядаються багато в яких країнах, як складова системи розумних міст (Колумбус, Копенгаген, Сингапур, Дубай, Гельсінкі, Токіо) [94].

### **2.3 Аналіз вітчизняного досвіду використання інтелектуальних транспортних систем та факторів їх розвитку у напрямку синхронізації пасажирських потоків**

Транспортна система України має міжнародне значення, оскільки транспортні шляхи сполучення, що проходять через Україну, з'єднують країни Азії, Західної і Центральної Європи. До складу єдиної транспортної системи країни входять такі види транспорту: залізничний, автомобільний, водний, повітряний, трубопровідний. Формування і функціонування єдиної транспортної системи країни, яка є державною власністю, вимагають створення економічних, технічних, технологічних, організаційних та правових основ

Україна має потенціал для розвитку транспортного комплексу, проте існують значні проблеми в його реалізації, однією із яких є те, що багато показників впливу на навколишнє природне середовище не задовольняють екологічних вимог ЄС [20]. За ринкових умов до транспортної системи країни ставляться високі вимоги щодо якості, регулярності й надійності транспортних зв'язків, збереження вантажів і безпеки перевезень пасажирів, швидкості і вартості доставки, енергоефективності та показників техногенного навантаження. Відповідно до цього стан транспортних комунікацій України має відповідати потребам європейської інтеграції [16]. За даними Державної служби статистики України загальна транспортна мережа України охоплює 166,1 тис км автомобільних доріг з твердим покриттям; 21,6 тис км залізничних колій, посідаючи друге місце в Європі; 2,1 тис км експлуатаційних річкових судноплавних шляхів з виходом до Азовського та Чорного морів, вздовж яких розташовано 10 річкових портів; 18 морських торговельних портів у Чорноморському, Азовському і Дунайському басейнах; 33 аеропорти, 17 з яких міжнародні; 4,4 тис км тролейбусних ліній; 1,9 тис км трамвайних колій; 0,1 тис км колій метрополітену; 4,8 тис км магістральних нафтопроводів; 39,9 тис км газопроводів та 1,0 тис км аміакопроводів [1].

За даними Державної служби статистики України щодо перевезення пасажирів різними видами транспорту, найперше місце в 2019 р. займають саме автомобільні перевезення - 1804929,3 перевезених пасажирів, на другому місці - тролейбусний транспорт і 945694,5 перевезених пасажирів, а на третьому місці - 714982,1 пасажирів у метрополітені [38]. Повна статистика з 1995 по 2019 рік показує, що обсяг перевезених пасажирів річковим та морським транспортом упав близько в 100 разів (Додаток Б)

Узагальнити ситуацію, побачити шанси та загрози спробуємо через SWOT-аналіз галузі на основі визначення слабких і сильних сторін транспортної системи (Табл. 2.2)

Таблиця 2.2 – SWOT аналіз транспортної системи України (структуровано автором на основі джерела [29])

<b>S - Сильні сторони</b>	<b>W - Слабкі сторони</b>
Відносно стратегічно вигідне транспортне географічне положення, посеред Євразії, на перетині важливих міжнародних торговельних шляхів	Досить швидка зміна політики державного правління державою, нестабільність
Наявність кваліфікованої робочої сили за низькою вартістю	Військові дії на сході України, анексія Криму, нестабільна політична ситуація, санкції з боку Росії
Вихід до Чорного та Азовського морів, наявність 3 судноплавних річок	Необхідність значних інвестицій у модернізацію інфраструктури та відсутність ресурсів у державному бюджеті
Фінансова та технічна підтримка з боку міжнародних організацій зі значним досвідом реалізації проектів	Складність ведення бізнесу

## Завершення Таблиці 2.1

O - Можливості	T - Загрози
Пожвавлення економіки, підвищення ділової активності та поступовий ріст ВВП України	Економічна криза, падіння купівельної спроможності населення
Угода про асоціацію та зону вільної торгівлі з ЄС, збільшення долі ЄС та Азії у зовнішній торгівлі України  Розвиток транспортних технологій та підходів до управління інфраструктурою у розвинутих країнах	Конкуренція з альтернативними торговельними шляхами між ЄС та Азією  Відсутність гарантій захисту інвестицій, компенсації збитків та виконання своїх зобов'язань державою в обумовлені терміни

Згідно матриці SWOT-аналізу внутрішньої транспортної системи можна зробити висновок, що активізація інтеграції транспортно-дорожнього комплексу України в європейську транспортну систему можлива завдяки вигідному географічному розташуванню України, яка має власну виробничу базу для міського електротранспорту. В майбутньому, шляхом інтеграційних процесів на транспорті, та спираючись на досвід ЄС, Україна може вирішити проблему мінімізації технологічного використання в довгостроковій перспективі, збільшення пропускної спроможності найбільших транспортних вузлів, підвищити ефективність пасажирських перевезень та поліпшити рухомий склад в транспортному секторі [19].

Аналіз показує, що транспортний комплекс в Україні за сприятливих умов може застосовувати та викладати різні стратегії розвитку, які повинні бути спрямовані на мінімізацію слабких сторін вітчизняного транспортного комплексу шляхом використання зовнішніх можливостей та / або використання стилів зовнішнього управління. Сьогодні Україна відповідає за будівництво та транспортно-логістичні системи, які є в першу чергу європейськими для



створення та ефективної співпраці з ЄС у транспортній системі, не кажучи вже про відсутність досвіду та впровадження інтелектуальної транспортної системи.

Розвиток інтелектуальних транспортних систем в транспортній інфраструктурі України не отримав широкого розповсюдження. Більшою мірою він обмежується використанням супутникової навігації і застарілого обладнання у сфері регулювання дорожнього руху [14].

Приклади тестування українських ІТС почалося 2008 року, в Києві, була впроваджена така система, як "Розумний світлофор". Для цієї системи було використано кредитування та позики європейським банкам у розмірі близько 30 мільйонів євро від Європейського банку реконструкції та розвитку (ЄБРР). В Києві до мобільного інтернету підключили 478 світлофорів[33].

Їх оснастили автоматизованою системою управління, яка зможе реагувати на ситуацію на дорозі. Суть системи - створення "зеленої хвилі" для групи авто, які рухаються на крейсерській швидкості. На перехресті для них горить дозволяючий сигнал. І такий коридор створюється далі по ходу руху.

Використання зелених хвиль для управління дорожнім рухом вважається перспективним способом зменшення затримок та викидів. Координовані перехрестя забезпечують більшу пропускну здатність для основних напрямків і, як результат, дають коротші затримки. Транспортні потоки стають більш плавними, а викиди забруднювачів повітря, такі як CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, знижуються в діапазоні 10% - 40%. Систему модернізують так, що вона буде відстежувати трафік в реальному часі і залежно від ситуації перемикає сигнал світлофора. Спеціальні датчики зчитують кількість транспорту, і визначати його тип. Нова система автоматично визначає, з якою швидкістю рухається потік, і вибирає оптимальний світлофорний режим для побудови "зеленої хвилі", при якій автомобіль, рухаючись з певною швидкістю (близько 50 км / ч), завжди буде потрапляти на зелений сигнал світлофора. Кожен водій знає, що потрапити в «зелену хвилю» світлофорів - це значить виграти пару-другу хвилин. Таким чином, машини проїжджають вулицю без упину і не створюють тягучок. На даний момент світлофори перевели на «зелену хвилю» на вулиці Трутенка і на

бульварі Перова [59].

Харків просунувся далі по шляху впровадження в Україні інтелектуальної системи міського транспорту. До чемпіонату Європи 2012 року КП «Харківпасстранс» розробило кілька програм для комп'ютеризації управління дорожнім рухом: єдиний шлях, GPS-навігаційна система, єдина міська транспортна система. [23].

У 2011 році Харків взяв курс на комплексну GPS-навігаційну систему на всіх транспортних засобах громадського призначення. З середини року на всіх мобільних телефонах Miskelektrotrans працює GPS-навігатор. Крім того, транспортна інфраструктура поступово наближається до створення в місті простої транспортної системи, яка дозволяє якісно та ефективно регулювати пасажиропотік та реагувати на будь-яку ситуацію на дорогах. [16].

На сьогодні Україна вже розробила Національну стратегію розвитку транспортної системи в Україні до 2030 року. Ця стратегія була написана за підтримки Представництва Європейського Союзу в Україні, Світового банку та за участі представників регіонів, міст та громадськості [3].

Цей документ охоплює такі завдання:

- стимулювання впровадження інноваційних технологій (смарт-інфраструктури та смарт-мобільності) та інтелектуальних транспортних систем;
- поширення використання “хмарних” технологій зберігання даних, віртуалізації, центрів обробки даних тощо;
- підвищення пропускної спроможності дорожньої мережі шляхом впровадження інтелектуальних транспортних систем;
- впровадження систем автоматизованого контролю збереження вантажів під час транспортування всіма видами транспорту;

Національна стратегія розвитку транспортної системи в Україні до 2030 року також включає в себе забезпечення інноваційного розвитку транспортної галузі, а саме:

- використання високотехнологічного рухомого складу на залізницях, автомобільних дорогах та водних шляхах (забезпечення розвитку нових видів транспорту - електромобілі, швидкісні поїзди тощо);

- створення модернізованої високотехнологічної транспортної інфраструктури, включаючи розбудову мережі логістичних систем інноваційного типу для обслуговування пасажирів та обробки вантажів, формування інтелектуальних транспортних систем;

- створення надійно функціонуючої клієнтоорієнтованої національної мультимодальної транспортної мережі, яка забезпечує зручність інтерфейсу взаємодії користувача з транспортною системою та інформаційну прозорість;

- організація ефективного інформаційного супроводу бізнес-процесу “торгівля - транспорт”, зокрема впровадження єдиної системи управління інформаційними потоками під час транспортування вантажів та “дружнього” інтерфейсу взаємодії між замовником перевезень та їх безпосереднім виконавцем;

- реалізація стратегії (виконання програми) розвитку цифрових транспортних коридорів та електронної логістики шляхом впровадження безпаперової торгівлі, взаємного визнання електронних товаросупровідних документів та надання трансграничних транспортних послуг [7];

- впровадження інноваційних рішень та кращих світових практик проведення митних та інших контрольних процедур під час здійснення перевезень;

- впровадження інтелектуальних транспортних систем та систем управління рухом на наземному та водному транспорті (ERTMS, ITS, SST та LRIT, RIS; СМАРТ-тахографи);

- використання європейської навігаційної супутникової системи (Galileo) та технології навігації GNSS [3]

Також одним із останніх здобутків у сфері розвитку в Україні ІТС є те, що Міністерство інфраструктури України ініціює проєкт з оцифрування мережі місцевих автошляхів для забезпечення збору геокоординат доріг, а також

створення окремої бази даних і сервісу для паспортизації місцевої мережі, які будуть доступні всім обласним державним адміністраціям. Про це повідомив Міністр інфраструктури України Владислав Криклій в жовтні 2020 року під час круглого столу “Місцеві дороги – 2020: підбиття попередніх підсумків ремонтно-будівельного сезону” [2]

Цей проєкт став можливим завдяки тому, що у липні 2020 Міністерство інфраструктури, Міністерство цифрової трансформації, «Укравтодор» та НКРСІ підписали меморандум про співробітництво у сфері розвитку широкополосного доступу до мереж Інтернет на об'єктах транспортної інфраструктури.

Відтак, вже у 2020 заплановано розпочати першу фазу проєкту DigitalRoad зі створення е-паспортів доріг місцевого значення та побудови каналізації для волоконно-оптичного зв'язку. Друга фаза проєкту DigitalRoad з оцифрування доріг місцевого значення запланована на 4-й квартал 2021-го. А очікуваний термін завершення всіх робіт зі створення системи – лютий 2021 року.

Крім цього, спільно з TAPAS відомство працює над проєктом “Прозора інфраструктура”. Цей проєкт дозволить здійснювати дієвий моніторинг на місцях, а також формувати автоматичні звітності та візуалізації на картах об'єктів ремонтів доріг [2].

Також наприкінці жовтня 2020 року Київський «Центр організації дорожнього руху» заявив, що збирається закупити за 3 млн грн програму для підрахунку і аналізу поведінки автомобілів за допомогою штучного інтелекту, 19 відеокамер Hikvision за 1,2 млн грн і систему обробки і зберігання інформації 3,8 млн грн. Система зможе аналізувати дорожній трафік і навіть оптимізувати його за рахунок керування світлофорами.



Рисунок 2.4 - відеокамера Hikvision, яка інтегрується з системою штучного інтелекту (на основі джерела [32])

Відповідно до тендерної документації, система повинна вміти підраховувати в автоматичному режимі кількість транспортних засобів за напрямками руху в тому числі в умовах різного дорожнього покриття, відсутність маркування, погодних умов, часу доби і т.д. протягом 24 годин 365 днів в році. В тому числі, забезпечувати підрахунок транспорту в «пробці», «тягучці», при проїзді розмежувальної лінії або в разі відсутності такої лінії, наявності великої кількості транспорту, одночасних напрямків руху (до сорока на одній камері включно) і т.п.

Також система повинна виявляти і характеризувати автомобілі за ключовими характеристиками (марка автомобіля, модель автомобіля, покоління автомобіля, колір кузова автомобіля, проміжок часу, адреса, джерело даних), розрізняти громадський транспорт (перш за все, тролейбуси і автобуси, які відносяться до муніципального транспорту) і автоматично задати необхідну команду апаратного комплексу, який контролює перемикання кольору на світлофорному об'єкті.

Система повинна забезпечувати можливість перегляду отриманих даних і пошуку за вказаними параметрами, зокрема: перегляд і експорт таблиці з усіма визначеними характеристиками, зазначенням часу і місця фіксації, посиланнями на файл-джерело з відео (короткий відеоролик, що включає 10 с до і після моменту фіксації), в таблицю додається фото об'єкта; забезпечувати можливість управління завданнями обробки даних, їх перегляду і аналізу,

формування необхідних аналітичних звітів, таблиць, графічних ілюстрацій і т.д. ; аналізувати відеопотоки з різних типів камер з їх якісними характеристиками (локація, кут огляду, тип картинки, розмір картинки, кількість кадрів в секунду часу, тип потоку передачі кадрів і т.д.), а також надавати можливість змінювати потоки або додавати нові потоки, камери, локації і т.д. без необхідності виїзду на місце представника постачальника, змінювати або додатково налаштувати модуль, його характеристики тощо [32].

У Києві ІТС реалізовано на платформі Intellect, а цей продукт насичений додатками для всіх сучасних ІТС. Додаткові функції для відеоаналізу реалізуються за допомогою модульної модуляції для сигналізації та управління властивостями транспортного потоку. Інтеграція з високошвидкісним апаратним забезпеченням виявлення здійснюється за допомогою модулів - "Радар". Для встановлення Ista-Group та Infotech встановили системи технічного обслуговування. Gabitus-Plus виступає в ролі системного інтегратора. Важливу роль при виборі платформи інсталювання зіграв той факт, що «Інтелект» дозволяє швидко розгорнути і налаштувати систему, що було необхідно для оперативної перевірки її працездатності і проведення презентації в Державтоінспекції Києва [4].

Для перевірки працездатності системи і накопичення статистичних даних про рух автотранспорту в центрі Києва спочатку були обрані два перехрестя - вулиць Боженка та Федорова, вулиць Толстого та Жилянській. На цих перехрестях встановлено знак, що забороняє рух вантажного транспорту по вулицях Федорова та Толстого в бік центру міста. Надалі такою системою з можливим нарощуванням її функціональності передбачається оснастити більш 100 перехресть міста, всі в'їзди в місто, а також мости через Дніпро. При цьому необхідно, щоб зібрана і оброблена інформація передавалася в різні відомства - Державтоінспекцію, службу міської адміністрації, в комунальне підприємство «Київдорсервіс», яке займається впровадженням автоматизованих систем управління дорожнім рухом та паркуванням транспорту, будівництвом автостоянок і залученням інвестицій для розвитку дорожньої інфраструктури.

Впровадження даної системи є одним з кроків масштабної програми прогнозованого розвитку Києва.

Ця система здійснює контроль руху автотранспорту в одному напрямку - в сторону центру міста по всіх смугах руху - двох і трьох відповідно для двох вулиць. Роботи по установці камер проводились без зупинки руху автотранспорту.

Треба відзначити, що правила установки камер для визначення номерів і для контролю транспортних потоків сильно відрізняються. При цьому ніяких прийнятних конструкцій (пішохідних містків, віадуків, трубопроводів і т. п.), які могли б забезпечити жорстке закріплення камер над відповідними смугами руху, на вулицях не виявилось. Тому було прийнято компромісне рішення розмістити на вулиці Федорова камери на одній штанзі на висоті близько 5,5-6 м від полотна дороги, вище троллейбусних проводів. А на вулиці Толстого вони були змонтовані на стовпі на висоті близько 8 м від дорожнього полотна. При цьому вдалося не вийти за граничний допуск по обом кутах відхилення «номерних» камер від осі руху машин і отримати достатню (близько 30 метрів) зону охоплення дороги камерою контролю транспортних потоків.

Камери JVC ТК-С920ЕА були обрані для розпізнавання номерів автомобілів, що дозволяє змінювати ряд параметрів у широкому діапазоні. І головне, для цілей виявлення, вони мають регульовану електронну довжину затвора на камері, яка разом із об'єктивами COMPUTAR із регульованою фокусною відстанню може давати чітке уявлення про машини як вдень, так і вночі.

Сервери з встановленим програмним забезпеченням ITV розміщуються в опалювальних приміщеннях сусідніх будівель на невеликих орендованих територіях - по одному серверу на кожне перехрестя. Це економить на дорогій системі захисту від погоди. Сигнали зображення від камер передаються через оптичний кабель на вулиці Толстого.

Основною трудностю на етапі налаштування програмного забезпечення для трансляції інформації на віддалені робочі місця були недостатньо стабільні

канали інтернету з пропускною спроможністю менше 1 Мбіт / с. Однак незважаючи на це на робочому місці компанії «Київдорсервіс», а також на презентації системи в управлінні Державтоінспекції Києва поряд з отриманням повної актуальною інформацією про дорожній рух і розпізнаних номерах з обох вулиць вдалося досягти частоти кадрів близько 1,5-2 к / с по кожній камері. Це дозволяє адекватно оцінювати обстановку на обох вулицях в реальному часі. За місяць роботи було виявлено 754 зареєстрованих порушень [40].

В Києві встановлена система на платформі Intellect. Всі європейські країни мають роботу з цим принципом у довгостроковій перспективі [77] .

Багато можливостей для модуля управління інтелектуальними транспортними системами, що входять до "Інтелекту", ще не використані. Серед них - виявлення порушень правил дорожнього руху, пов'язаних з обмеженням швидкості руху на дорозі, контроль за дотриманням правил дорожнього руху, визначення параметрів транспортних потоків та заторів на дорогах. Однак у майбутньому планується розширити як саму систему, так і коло завдань, які вона вирішує, повністю використовуючи функції цього модуля [40].

У результаті використання ІТС слід ураховувати той факт, що на розвиток технологій впливають фактори, що зумовлені політичним та економічним становищем у країні. Водночас приватний сектор може дуже швидкими темпами розвивати технології ІТС.

У підсумках зазначимо, що інтенсивне впровадження та використання інтелектуальних транспортних систем для України має бути лише за підтримки уряду та при врахуванні наступних умов:

1. Реальним напрямом підвищення ефективності транспортної системи України є забезпечення більшої відкритості для входження нових транспортних компаній, залучення приватного капіталу, розвитку конкуренції в усіх галузях транспорту (разом із рухомим складом залізниць), залишаючи державне регулювання ринку лише для елементів, які неможливо елімінувати (монопольні структури) і які необхідні для забезпечення належного рівня



безпеки на транспорті. Для цього варто використати досвід інших країн щодо відкриття ринків транспортних систем для приватного капіталу.

2. Держава повинна здійснювати моніторинг ефективності роботи усіх видів транспорту та запобігати асиметрії у конкуренції між ними.

3. Доцільно домагатися включення у ціну для споживачів оплати інших зовнішніх транспортних витрат, таких, як витрати на впровадження та використання інтелектуальних транспортних систем, утримання доріг, усунення забруднення довкілля та ліквідацію наслідків дорожньо-транспортних пригод тощо.

4. Проаналізувати правову систему, яка регламентує транспорт і пов'язане з транспортом будівництво, екологічні та інші питання з приводу їх відповідності світовим нормам.

5. Транспортна політика повинна утворювати основу для дій місцевих органів влади стосовно формування інтегрованих систем громадського транспорту з метою використання інтелектуальних транспортних систем [24].

## **2.4 Висновки до розділу 2**

Впровадження ІТС в світі почалось ще в 1960-х роках в США. Зараз лідерами міст з використанням ІТС для синхронізації пасажирських потоків є Лондон, Сінгапур, Стокгольм та Барселона.

Глобальний ринок інтелектуальних транспортних систем можна розділити на такі напрямки: управління рухом, безпечність дорожнього руху та спостереження, управління вантажоперевезеннями, заправки для учасників дорожнього руху, управління паркуванням, автомобільна телематика, автоматизовані автомобілі.

Основними проблемами впровадження ІТС у світі є – опір змінам серед населення, брак інвестиційних фондів, конкуренція систем мобільності з

громадським транспортом та ін. Світовий досвід розвитку ІТС показує, що проблема впровадження ІТС носить стратегічний характер, визначає в цілому конкурентоспроможність кожної країни на світовому ринку і в зв'язку зі значною капіталоемністю нереалізована без участі держави. Ключові компоненти реалізації однакові скрізь: держава здійснює стратегічно-інноваційну функцію - підтримує базисні технологічні інновації, надаючи їм початковий імпульс.

Розвиток інтелектуальних транспортних систем в транспортній інфраструктурі України не отримав широкого розповсюдження. Більшою мірою він обмежується використанням супутникової навігації (Galileo) і застарілого обладнання у сфері регулювання дорожнього руху. Але в період 2019-2020 року було зроблено чимало кроків для утворення єдиної системи розумного міста в Києві (Kyiv Smart City). Зараз найбільш розвиненими в сфері інтелектуальних транспортних систем в Україні залишається Харків та Київ (система Інтелект). На сьогодні прописана стратегія розвитку України до 2030 року, в неї входить і розширення зони розумних світлофорів і оцифрування доріг.

Реалізація завдання забезпечення зростаючих транспортних потреб держави можлива за рахунок двох взаємно доповнюються напрямків діяльності: будівництво нових ділянок транспортної інфраструктури і впровадження технологій організаційного управління транспортною системою з використанням сучасних інформаційно-телекомунікаційних та телематичних технологій.

## РОЗДІЛ 3

### УДОСКОНАЛЕННЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ У ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ МІСТА КИЄВА

#### 3.1 Оцінка системи синхронізації пасажирських потоків у інтелектуальних транспортних системах міста Києва

Київ – столиця України та величезне місто з населенням близько трьох млн осіб. Як і у будь-якому мегаполісі, регулювання пасажирських потоків в межах міста є для Києва одним з найважливіших завдань.

Найголовніша проблема Києва в пасажирських потоках - це затори. Цей термін означає скупчення транспортних засобів на перехресті або розв'язку автострад, що перешкоджає ефективному руху транспорту по дорожній мережі. Затори викликають низку негативних явищ, серед яких: втрата часу, затримки на дорозі, подальший знос автомобілів, витрата палива, стрес і роздратування водіїв, а також подальший вплив навколишнього середовища на навколишнє середовище. Спроби "обійти затор" поширили затор на сусідні вулиці [65].

З 20 червня 2017 року трафік в Києві моніторить і оцінює сервіс із назвою TomTom. Данна компанія є одним з лідерів навігації і постачальником даних для Apple Inc. та пропонує найбільш повне охоплення трафіку в Європі, а також на Близькому Сході, включаючи Ізраїль

Компанія TomTom виводить кожного року Traffic Index, що охоплює 416 міст у 57 країнах на 6 континентах. Цей Індекс дорожнього руху класифікує затори в містах у всьому світі та забезпечує вільний доступ до міської інформації. Водії, містобудівники, виробники автомобілів та політики можуть використовувати індекс для вирішення проблем, пов'язаних з дорожнім рухом.

Станом на 2019 рік у Traffic Index Київ посідає 12-е місце (Рис. 3.1) серед 416 міст світу та за приблизними оцінками за результатами 2019 року втрачає в пробках близько \$ 3 млн. в день або до \$ 0,8 млрд. в рік.

RANK BY FILTER	WORLD RANK	CITY	COUNTRY	CONGESTION LEVEL	
1	1	Bengaluru	 India	71%	>
2	2	Manila	 Philippines	71%	>
3	3	Bogota	 Colombia	68% <span style="color: red;">↑ 5%</span>	>
4	4	Mumbai	 India	65% <span style="background-color: gray; color: white;">0%</span>	>
5	5	Pune	 India	59%	>
6	6	Moscow region (oblast)	 Russia	59% <span style="color: red;">↑ 3%</span>	>
7	7	Lima	 Peru	57% <span style="color: green;">↓ 1%</span>	>
8	8	New Delhi	 India	56% <span style="color: green;">↓ 2%</span>	>
9	9	Istanbul	 Turkey	55% <span style="color: red;">↑ 2%</span>	>
10	10	Jakarta	 Indonesia	53% <span style="background-color: gray; color: white;">0%</span>	>
11	11	Bangkok	 Thailand	53% <span style="background-color: gray; color: white;">0%</span>	>
12	12	Kyiv	 Ukraine	53% <span style="color: red;">↑ 7%</span>	>

Рисунок 3.1 – Рейтинг міст з найбільш завантаженими дорогами (за даними джерела [95])

Як ми бачимо зі списку, завантаженість доріг Києва має тенденцію на збільшення, цей показник збільшився на 7% у 2019 році порівняно з 2018.

День з найнижчим показником завантаженості доріг у 2019 році - 27 квітня, середньодобова завантаженість в цей день склала 7%. Тоді як найбільш завантаженим днем в 2019 році в Києві було 23 січня - аж 123%.

Якщо порівнювати завантаженість доріг Києва вранці та ввечері, то ранкова завантаженість доріг складає 94%, а вечірня - 104% (Рис. 3.2).

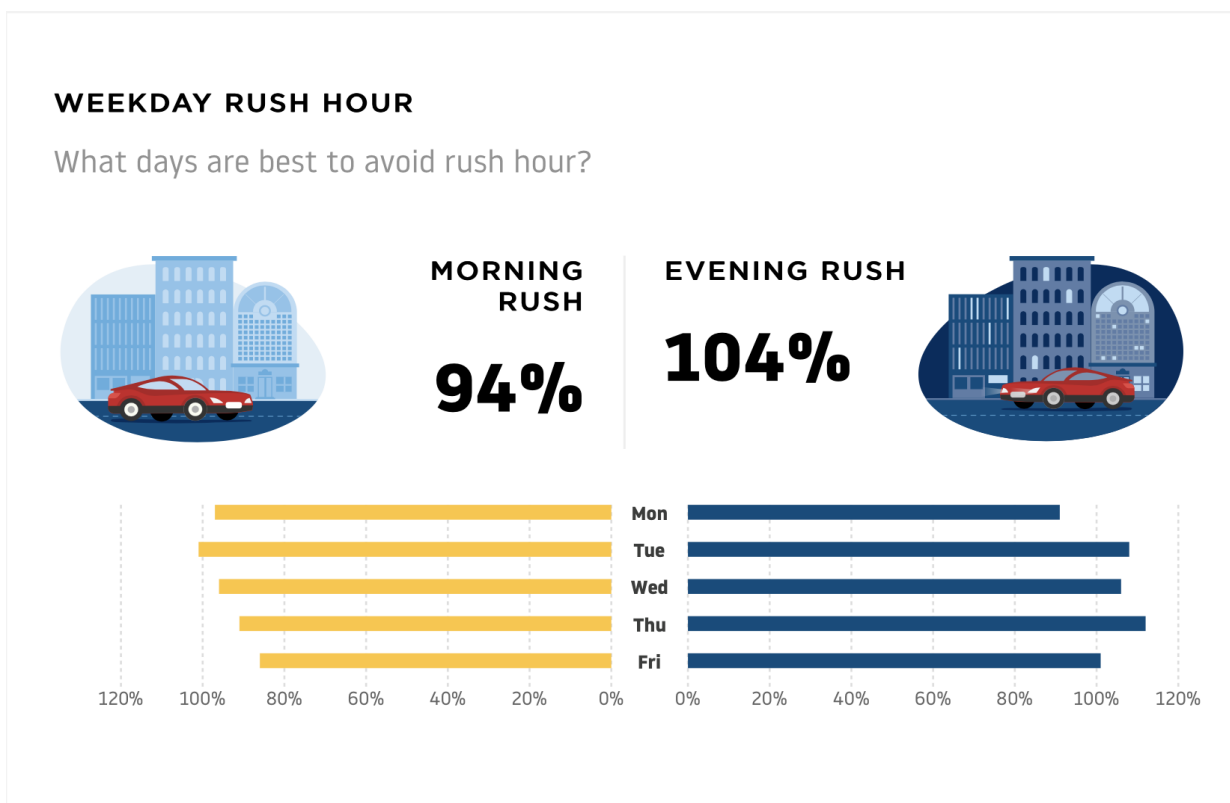


Рисунок 3.2 – ранкова та вечірня завантаженість доріг Києва(згідно даних [95])

За статистикою 2019 року, найбільш завантажений день на тижні - це четвер, між шостою та сьомою вечора (рис 3.3 )

Також компанія TomTom підрахувала втрати часу у заторах кожного дня. За підрахунками вранці жителі міста Київ втрачають додаткові 28 хвилин кожної півгодини, і додаткові 31 хвилину на кожну півгодини дороги - увечері. Що у сумі на рік виходить в 227 годин, або 9 днів та 11 годин [58].

Повних усереднених даних за 2020 рік ще немає, але ми можемо подивитись на графік по тижням 2020 року і побачити, що майже кожного буднього дня рівень завантаженості доріг вище за норму. Виключенням у 2020 році становлять дати з 23 березня по 10 травня, коли в країні діяли особливі

карантинні обмеження у зв'язку з епідемією COVID-19, які не передбачали роботу пасажирського транспорту. (Додаток В)

До введення карантину середньодобова затримка в Києві становила близько 50%. Затримка суттєво зростала у години пік. Наприклад, увечері 10 березня вона сягнула 120%. Це означає, що 30-хвилинна поїздка на порожніх дорогах перетворювалася на 66-хвилинну поїздку.

	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
12:00 AM	6%	2%	2%	3%	3%	3%	7%
	5%	1%	1%	2%	2%	2%	5%
02:00 AM	4%	1%	1%	1%	2%	2%	4%
	3%	1%	1%	1%	1%	1%	3%
04:00 AM	2%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
06:00 AM	0%	7%	7%	7%	7%	7%	2%
	1%	58%	58%	57%	54%	52%	6%
08:00 AM	3%	97%	101%	96%	91%	86%	13%
	8%	76%	87%	81%	77%	74%	21%
10:00 AM	12%	55%	73%	68%	67%	66%	29%
	18%	44%	65%	61%	62%	64%	37%
12:00 PM	23%	42%	61%	59%	61%	65%	44%
	27%	44%	61%	61%	63%	69%	47%
02:00 PM	28%	44%	60%	61%	64%	70%	46%
	27%	45%	59%	60%	64%	71%	42%
04:00 PM	27%	47%	61%	63%	67%	81%	38%
	25%	65%	80%	81%	87%	101%	33%
06:00 PM	24%	91%	108%	106%	112%	100%	29%
	21%	65%	79%	76%	82%	68%	23%
08:00 PM	17%	32%	42%	40%	43%	39%	19%
	13%	17%	21%	22%	23%	24%	16%
10:00 PM	9%	9%	11%	12%	13%	16%	12%
	5%	5%	6%	7%	7%	11%	9%

Рисунок 3.3 – Завантаженість доріг Києва по годинам (за даними джерела [95])

Компанія "А+С Україна", яка займається транспортним плануванням, зафіксувала зменшення середнього показника затримки у перші тижні

карантину до 17%. З 23 квітня кількість автомобілів на дорогах почала зростати.

Поступово середня затримка збільшувалася до 22%, 28%, 33% і 21 травня сягнула 59%. Затримка на піку становила 139%, що означає збільшення тривалості поїздки майже у 2,5 разу [62].

З кожним днем у Києві збільшується кількість автомобілів, повідомляє «Київгенплан» і наводить 10 найзавантаженіших транспортом вулиць.

- Кільцева дорога – 177,6 тисяч авто за добу;
- Проспект Перемоги – 153,5 тисяч авто;
- Проспект Миколи Бажана – 152,5 тисяч авто;
- Набережне шосе – 143,9 тисяч авто;
- Проспект Романа Шухевича – 140 тисяч авто;
- Проспект Степана Бандери – 136,7 тисяч авто;
- Броварський проспект – 128,4 тисяч авто;
- Проспект Академіка Палладіна – 122,1 тисяч авто;
- Бульвар Дружби Народів – 127,9 тисяч авто;
- Вулиця Олени Теліги – 112 тисяч авто;

Серед мостів найбільш завантажені:

- Північний міст (173,5 тисячі авто за добу),
- Південний міст (167 тисяч авто),
- міст Патона (149,2 тисяч авто, але це до закриття крайніх правих смуг руху).

Рейтинг склали за допомогою транспортної моделі міста, калібровку провели за матеріалами 300 вуличних камер відеоспостереження [67].

У транспортній моделі Києва, при Модальний спліт 27/38/35 (індивідуальний транспорт / громадський транспорт / пішоходи) ми спостерігаємо 1,7 млн. переміщення пасажирів на індивідуальному транспорті. Найбільшу долю тут займає легкий автомобіль (є, конечно і мотоцикли, але вся незначна частина).

Згідно стратегії розвитку міста Києва до 2025 року модальний спліт міста Києва станом на 2015 рік виглядає так (Рис 3.4)

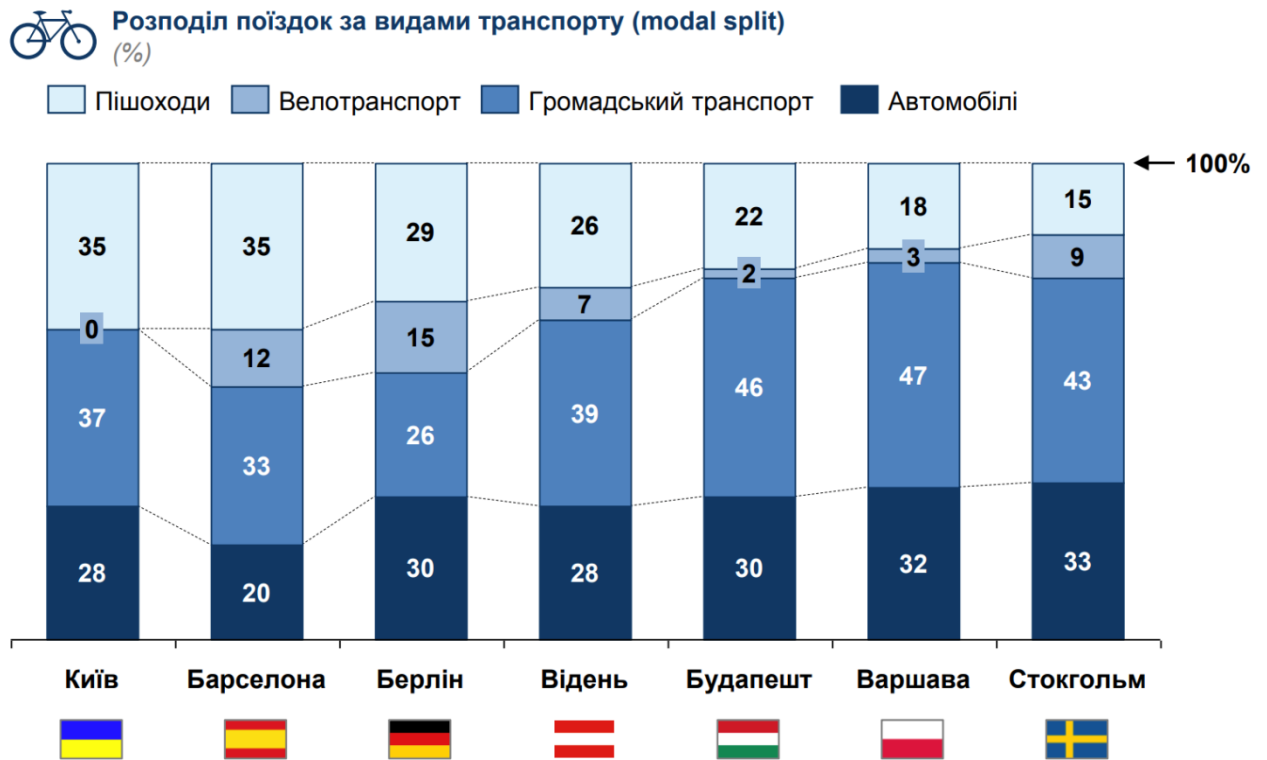


Рисунок 3.4 – Modal split Києва в порівнянні з іншими європейськими столицями (за даними [3])

Проблема завантаженості доріг спричиняє транспортні витрати, що вимірюється у часі. Але кожна година - це втрати і в грошовому еквіваленті. У свій час в МАДУ (Московський автомобільно-дорожній державний технічний університет вивели, що 1 година потрачена у дорозі обходиться місту у 5 долл.

А якщо роздивитись на втрати від затраченого часу у дорозі більш глибоше, та у розрізі України, а саме Києва, то ці втрати також можна розділити на енергетичні та економічні. Енергетичні втрати - це втрати палива, яке використовується кожен втрачену годину під час заторів не дуже доцільно та раціонально. За одну годину середній легковий автомобіль витрачає 2-2,5 л палива, що складає приблизно 24 грн. за літр, тобто 48 грн у сумі. Економічні втрати - це час, за який місцевий житель міг заробити гроші. Середня заробітна



плата у Києві за 2019 рік - 15800 грн за даними КМДА, що становить десь 85 грн за годину.

Підсумувавши енергетичні та економічні втрати ми отримуємо:

Т. в. =  $48+85=133$  грн (за годину на переміщення)

Т. в. =  $277*183=50691$  грн (в рік на переміщення)

Далі треба порахувати скільки переміщень в день відбувається у місті Київ. Під переміщенням вважається рух пасажирів що були. Переміщенням ми вважаємо тільки ті, що відбулися за основними шарами попиту джерело-мета. Це може бути дім, робота, навчання, університет. Переміщенням також вважається поїздка на всіх транспортних системах та режимі ІТ (індивідуальний транспорт) та ГТ (громадський транспорт). Ми не враховуємо короткий термін перебування та переміщення всередині транспортного району. [62].

Середньодобовий коефіцієнт рухливості киян становить менше близько 2 поїздки в день. Фактично це зводить всі поїздки до однієї цілі для будь-якого типу населення і кожного шару попиту. Працюючі в середньому їздять з дому на роботу і назад, не дозволяючи собі культурно-побутових заходів, студенти переміщуються тільки на навчання і додому і т.д. Це нижче середнього для показників європейських столиць — 2,5-3,0. Навіть у СРСР він становив приблизно 2,83.

На цей показник ще має вплив рівень життя та добробуту (насамперед, чим вищий, тим вища транспортна мобільність), чи є на території є аеропорти (чим зручніший транспорт, тим показник вищий), масштаб міста, його площа та територія, чисельність населення, розташування парків і місць відпочинку.

Опитування проводилося КМІС (Київським міжнародним інститутом соціології) з грудня 2014 з березня 2015 року на замовлення компанії «А+С Україна» для розробки Транспортної моделі Києва. Всього було отримано понад 30 000 анкет (вибірка 1% населення Києва, старше 14 років, квоти за віком, статтю, адмінрайонам, дням тижня). Метод дослідження — телефонне інтерв'ю (стаціонарні та мобільні номери).

Якщо спрощено вважати, що Київ генерує 7 млн переміщень на добу (трохи більше 2 поїздки на городянина, згідно останніх опитувань мобільності) і годину «пік» становить класичних 10% від добового обсягу, то це 700 тис. переміщень, близько 30% з яких, за даними тих же опитувань мобільності, відбуваються на особистих автомобілях, що становить 210 тис. поїздки [66].

Тому всього Київ втратив за 2019 рік:

$$T.v. = 50\,691 * 700\,000 = 35\,483\,700\,000 \text{ грн} = 1\,267\,275\,000 \text{ дол}$$

Звісно мова йде не про прямі витрати, а про невиробленому ВВП через витрачений час у заторах.

### **3.2 Шляхи вдосконалення управління міським громадським транспортом та впровадження Інтелектуальних транспортних систем в м. Києві**

В Києві вже зроблено чимало кроків для впровадження цілісної структури інтелектуальної транспортної системи - це і розумні світлофори, і відеоспостереження, і впровадження єдиного Е-квитка для оплати всіх видів громадського транспорту. Також розпочала свою роботу система Kyiv Smart City. Але основна проблема, затори, так і залишається актуальною.

Оплата в'їзду до міста та будівництво перехоплюючих паркінгів - одна з найбільш ефективних та впливових варіантів використання ІТС. Адже вирішується одразу декілька проблем:

- зменшується кількість автомобілів у місті, а особливо у центрі міста
- робота громадського транспорту становиться більш синхронною та узгодженою між собою
- збільшується пропускна здатність міських доріг, оскільки зменшується кількість неправильно припаркованих авто
- зростає добробут жителів міста

Для того щоб впровадити систему оплати в'їзду до міста треба спочатку визначитись з зоною, інструментами оплати та системою покарань.

За приклад розглядаємо модель імплементації схожої системи у Лондоні[48].

У випадку Києва зоною оплати краще розглядати не центр міста, а увесь Київ, оскільки у центрі немає відповідної кількості паркувальних майданчиків, скільки їх є на в'їзді до міста та скільки їх там можна ще побудувати.

За допомогою ПО «Яндекс. Навігатор» було розраховано, скільки часу з урахуванням пробок займе поїздка з випадково вибраної точки міста в одну з точок в центрі, в які будували маршрути користувачі ПО «Яндекс. Навігатор.» Аналогічні розрахунки справили і для поїздок з центру. Всього було виміряно час приблизно для мільйона таких маршрутів. Потім карту Києва розділили на квадрати зі стороною 100 метрів і зафарбували їх в залежності від середнього часу проїзду з точок цього квадрата в центр або назад. Тоді отримали карту транспортної доступності Києва (Рис. 3.5)

У транспортному плануванні доступність відноситься до міри легкості досягнення (та взаємодії з ними) напрямків або видів діяльності, розподілених у просторі, наприклад навколо міста чи країни. Доступність, як правило, пов'язана з місцем (або місцями) походження.

Як видно на картах, транспортна доступність різних районів помітно відрізняється, причому вона залежить не тільки від віддаленості району, а й від ситуації з мостами. Так, при рівній довжині шляху з правого берега Дніпра майже завжди можна доїхати до центру швидше, ніж з лівого. А з лівого берега до центру швидше добираються мешканці півдня (Осокорки, Позняки, Дарниця) - вони можуть використовувати кілька мостів, тоді як північ (Троєщина) з центром з'єднує тільки один Московський міст [37].

**КАРТА ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ РАЙОНОВ КИЕВА**

Утром (8:30–10:30), в центр

--- Граница центра

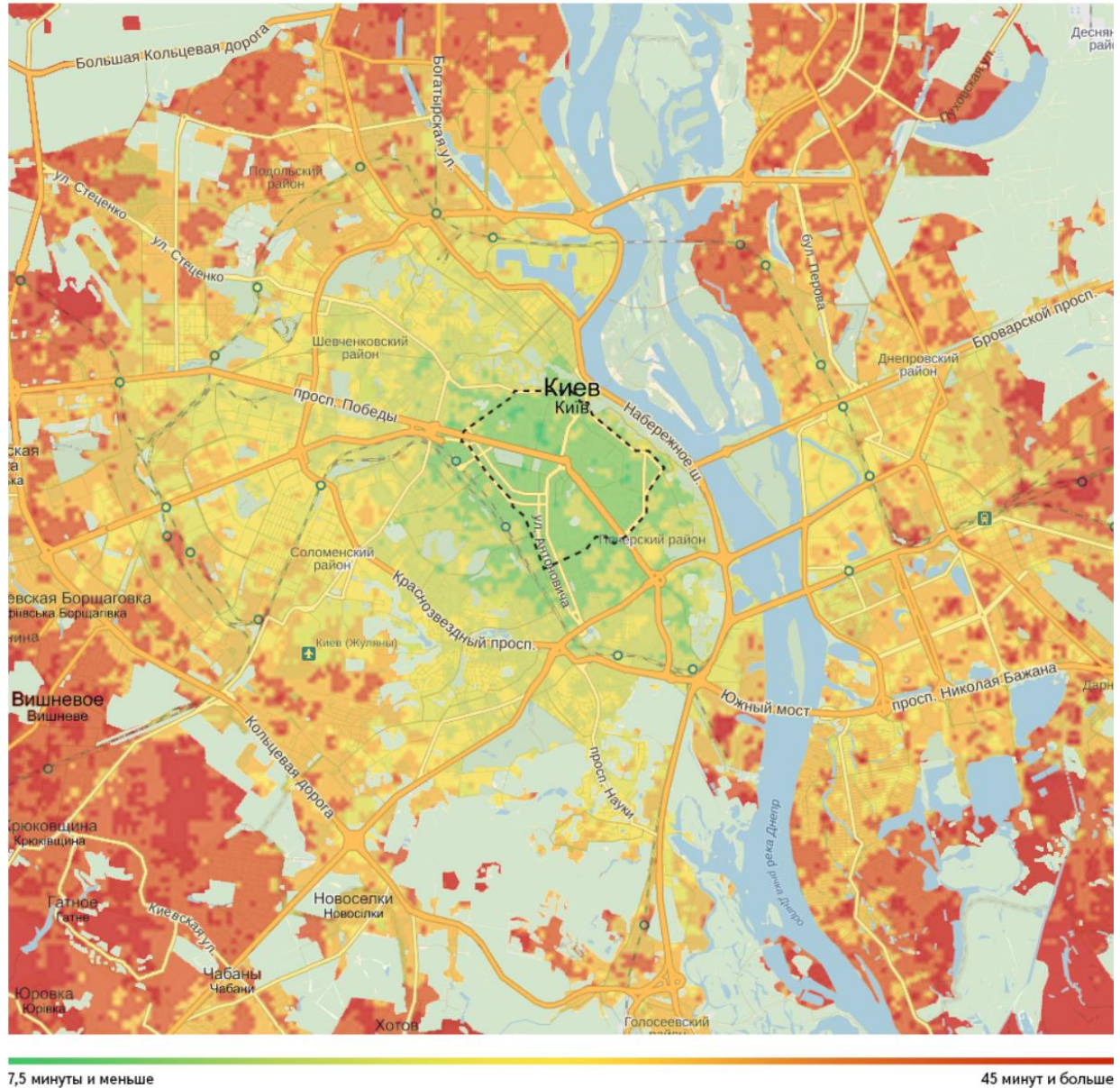


Рисунок 3.5 – Карта транспортної доступності Києва (за даними джерела [37])

Згідно карти видно, що жителям наближених до Києва міст на населених пунктів добиратись до центра займає 45 хвилин та більше. А з кожним роком розростання навколишніх населених пунктів тільки збільшується і збільшується.

Саме для жителів цих міст треба побудувати майданчики та відповідну системну архітектуру, що дозволить їм або залишати автомобілі на в'їзді до міста, або платити за в'їзд [44].

Київ можна розділити на відповідні зони:

- 1) Район кільцевої дороги
- 2) Район центру (пунктирна лінія на Рис. 3.5)

На в'їзді у місто вже існують декілька перехоплюючих паркувальних майданчиків:

- Голосіївський район, вул. Камишинська (ст. м. «Видубичі») (перехоплюючий), у межах III територіальної зони паркування Києва на 193 паркомісця, що включає 174 місця для платного паркування транспортних засобів, а також 19 спеціальних місць для безоплатного паркування транспортних засобів, якими керують особи з інвалідністю або водії, які перевозять особу з інвалідністю;

- Голосіївський район, просп. Глушкова (біля ст. м. «Теремки») (перехоплюючий), III територіальна зона паркування Києва на 50 паркомісць, що включає 45 місць для платного паркування та 5 – спеціальних;

- Шевченківський район, на перетині вул. Тираспольської та вул. Щусєва (вул. Тираспольська, 12) (перехоплюючий), III територіальна зона паркування на 137 паркомісць, що включає 123 місця для платного паркування та 14 – спеціальних місць;

- Святошинський район, просп. Палладіна, 31 (перехоплюючий), III територіальна зона паркування на 440 паркомісць, що включає 396 місць для платного паркування і 44 – спеціальних [46].

На карті (Рис. 3.6) зображено запропоновані місця перехоплюючих паркувальних майданчиків. Червоним - для в'їзду у місто, помаранчевим - для в'їзду у центр міста.

Далі для роботи системи пропонується встановити рамки безконтактної оплати (Рис. 3.7). Рамки повинні бути на Кільцевій дорозі на в'їзді до Києва, а також у центрі.

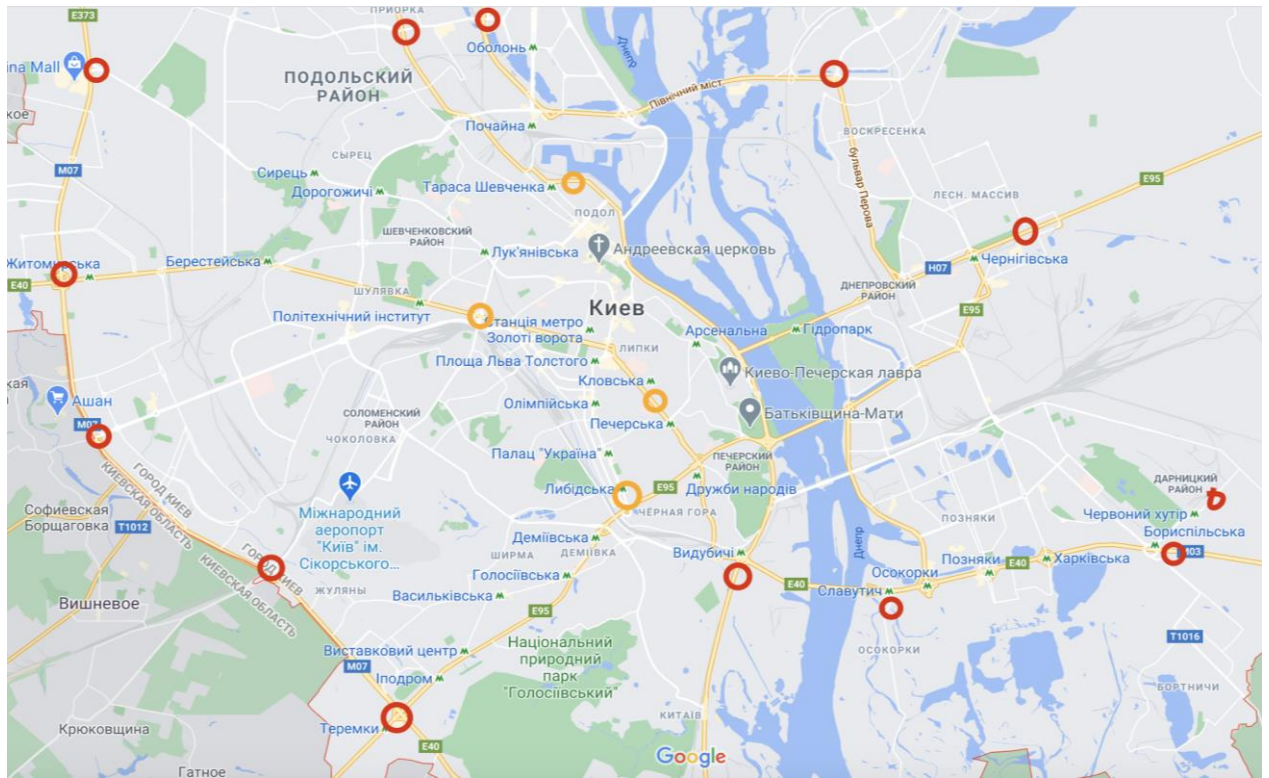


Рисунок 3.6 - Запропоновані місця перехоплюючих паркувальних майданчиків (власно розроблено автором)



Рисунок 3.7 - Рамки безконтактної оплати (на основі джерела [47])

Також для інтегрованої роботи системи потрібні такі елементи:

- детектори транспортного потоку
- відеокамери автоматичної системи управління дорожнім рухом (АСКДР)
- антени і лазерні сканери

Антени будуть зчитувати інформацію з транспондерів, камери - фіксувати факт проїзду, розпізнавати державний реєстраційний номер автомобіля, «рахувати» кількість осей. За допомогою лазерних сканерів система визначатиме габарити транспорту для його класифікації (легковий, вантажний транспорт).

Дані з цих пристроїв надійдуть в промисловий комп'ютер, встановлений тут же, на опорі. Він їх об'єднає, створить транзакцію, зафіксує факт проїзду автомобіля і відправить дані в ЦПУ [61].

Оплата за в'їзд до міста можна зробити за моделлю Лондона - кожного буднього дня з 7:00 до 18:00. Вартість в'їзду треба поставити в районі 50 грн – це і не сильно бути бити по карману, але й в одночас буде стимулювати пересаджуватись людей на громадських транспорт та сплачувати вартість парковки на перехоплюючих майданчиках [36].

Другий варіант впровадження ІТС в Києві що доповнить першій - це управління рухом транспорту світлофорами. Відомо, що світлофори - це потужний інструмент для організації дорожнього руху, який в найпростішому застосуванні дозволяє встановлювати черговість проїзду перехресть. Однак уже є практика використання світлофора в якості обмежувача для в'їзду на магістралі для зниження навантаження на дорозі і в певну межу в місті.

Для обмеження в'їзду на певну територію в місті на всіх перетинах з вулицями по периметру заданої території світлофори налаштовуються таким чином, щоб пропускати на задану територію строго певну кількість автотранспорту (див. Рис. 3.8) при цьому громадський транспорт рухається без затримок і інших обмежень, наприклад, по виділеній смузі.

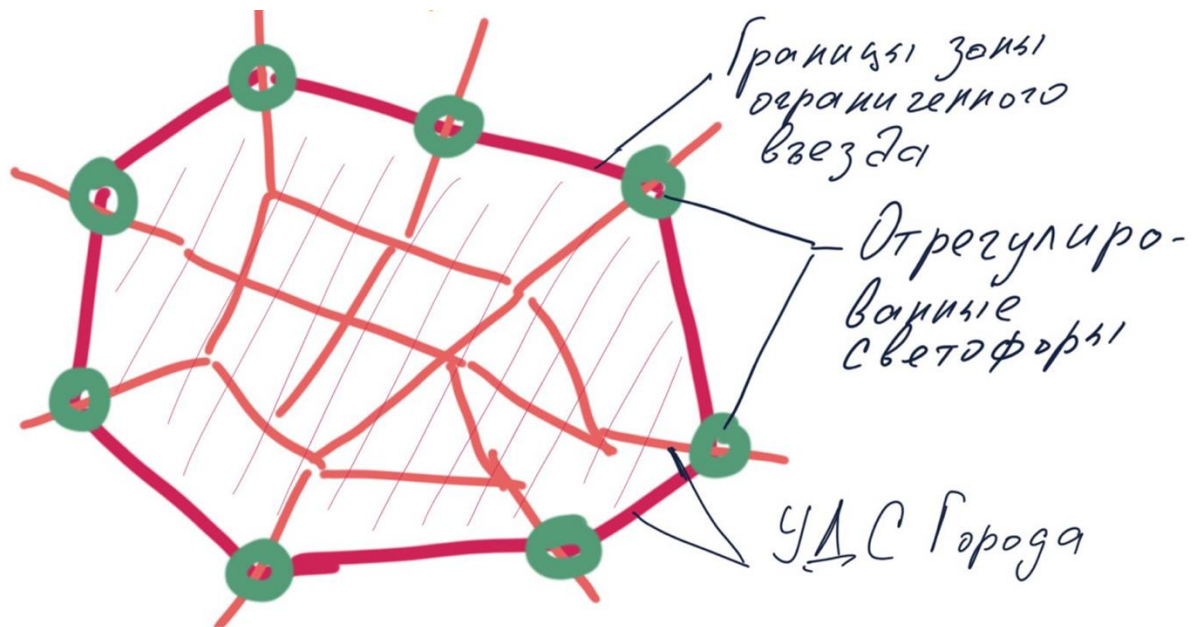


Рисунок 3.8 – Організація в'їзду в центр за допомогою світлофорів (на основі джерела [41])

Після відкриття Шулявського шляхопроводу трафік в сторону центру посилюється, і кількість автомобілів перевищила пропускну здатність бульвару Шевченка.

Треба перенастроїти світлофорне регулювання на трьох перехрестях - бульвар Шевченка - вулиця Володимирська, бульвар Шевченка - вулиця Хрещатик, бульвар Шевченка - вулиця Старовокзальна. В результаті цього пропускну здатність бульвару збільшиться.

Сигнал для світлофорів буде надходити з систем відеоконтроля. Сигнал від неї надходить в модуль обробки відеоінформації. У цьому модулі відбувається виділення рухомих транспортних засобів і визначення різних інтегральних оцінок. Далі в центрі управління можуть бути отримані як числові дані, для чого достатньо каналу з низькою пропускну здатністю, так і безпосередньо відеозображення з контрольованої ділянки.

Системи відеоконтролю, орієнтовані на транспорт, будуть надавати дані трьох типів:

1. Інформація про трафік для статистичної обробки:



- загальне число виявлених автомобілів;
- швидкість;
- прискорення транспортного потоку;
- щільність потоку;
- зайнятість смуг руху;
- класифікація автомобілів.

## 2. Інформація про події на дорозі:

- висока швидкість, щільність потоку або зайнятість смуг;
- наявність заторів або руху по зустрічній смузі;
- зупинилися або повільно рухаються автомобілі;
- наявність на дорозі підозрілих предметів.

## 3. Інформація про наявність / відсутність автомобілів:

- наявність наближаються автомобілів;
- наявність автомобілів, що зупинилися на перехресті;
- число автомобілів, що проїхали через зони виявлення;
- вимірювання довжини черги.

Для цього варіанту рішення повинна бути створена система відеоспостереження, що передає сигнали до центру управління світлофорами, а також можна користуватися датчиками заторів (Рис. 3.9).

У загальній системі камера знімає кадри з двох кутів, перший - вид спереду, а другий - вид збоку. Після взяття кадрів вони передаються на сервер, де всі алгоритми вже реалізовані.. Після передачі обох кадрів система витягує всю інформацію, таку як номерний знак, категорія транспортного засобу, і на основі категорії автоматично обчислює збір на в'їзд на ту чи іншу територію. Після узгодження з базою даних, якщо вона є авторизованою номерною табличкою, вона передаватиме контрольний сигнал іншим особам, інформуватиме загальну систему ІТС..



Рисунок 3.9 - Датчик заторів ( на основі джерела [49])

Третій варіант рішення проблеми завантаженості доріг Києва - впровадження системи MaaS (Mobility as a service). Основними цілями впровадження MaaS є зменшення залежності від автомобілів та забезпечення гнучкої та більш індивідуальної доступності транспортної системи для широкої громадськості.

Спочатку треба відповісти на систему питань, щоб дізнатись, можливе впровадження мобільності як сервісу в Києві чи ні (Рис. 3.10)

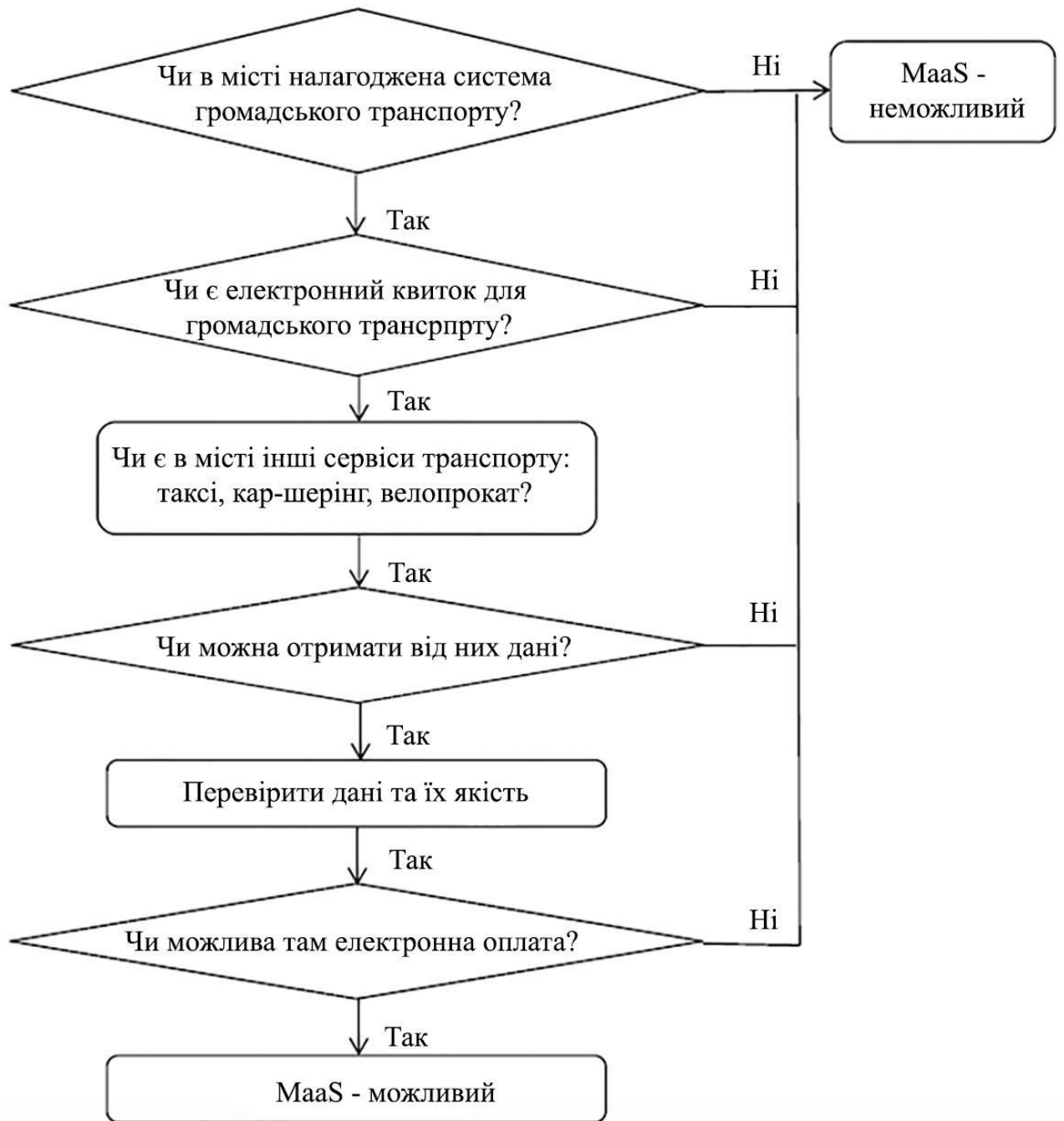


Рисунок 3.10 – Дерево рішень впровадження МaaS (структуровано автором на основі [50])

В Києві з 2020 року повноцінно працює електронний квиток, та оплата через Kyiv Smart Card, також працює декілька міжнародних служб таксі - Uber, Bolt, що підтримують оплату картками у застосунку. Також є каршерінг та велопрокат, з кінця 2019 року також є прокат електросамокатів від Bolt, а 2020 - від Kivi, Scroll (Рис. 3.11), де вся оплата здійснюється електронно. Ці компанії

також готові надавати інформацію для подальшої аналітики. А оскільки це міжнародні компанії, то якість та перевірка даних - гарантована.

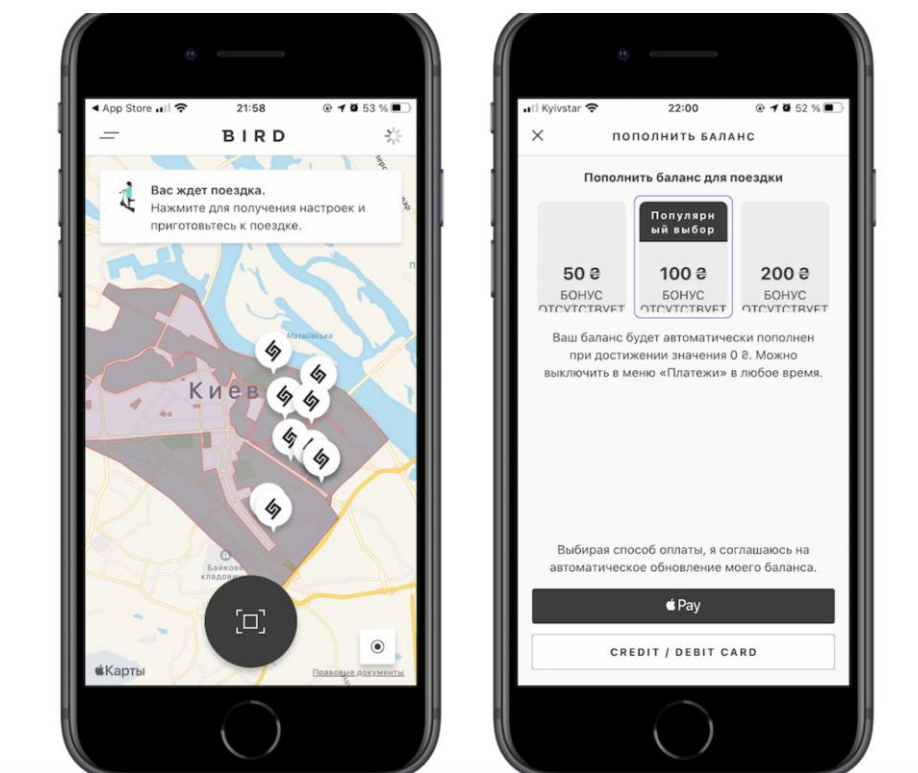


Рисунок 3.11 - Система електронної оплати у застосунку з прокатом електросамокатів (на основі джерела [52])

Отже, Київ підходить по всім характеристикам для впровадження МaaS.

МaaS.- представляє собою спеціальне ПО, у вигляді застосунка або додатка, до якого підключені всі міські сервіси, а також приватні транспортні оператори, інтернет-агрегатори, прокат велосипедів та самокатів. Користувачі також зможуть ознайомитись із завантаженістю лінійного метро, наземного транспорту, платних парковок та дороги.

МaaS доступний у вигляді щомісячної підписки або з оплатою в міру використання. Для забезпечення роботи МaaS в місті необхідні хороші послуги громадського транспорту, наявність різних видів транспорту, відкриті дані і електронні квитки. Для Києва можна запропонувати МaaS з оплатою в міру використання.

Зачатки МaaS в Києві вже існують - вже два сервісу таксі ввело послугу. Наприклад Pool Chance від Убер, що запусився 16 жовтня 2020 року, поки тільки в Києві. Pool Chance – це новий варіант подорожі, що дозволяє пасажиром, які їдуть в одному напрямку, розділити поїздку, якщо є відповідність між їхніми замовленнями. Кожен пасажир Pool Chance поїздки сплачує авансовий тариф. Якщо поїздка перетворюється на спільну, вартість за тарифом буде скореговано [60].

Для впровадження системи Маас потрібно:

- Розробка та затвердження стратегічного документу з розвитку міського транспорту «План сталої міської мобільності міста Києва»
- Підвищення середньої наповнюваності приватного автотранспорту шляхом впровадження засад колективного використання автомобіля (Carpooling)

### **3.3 Соціально - економічна ефективність запропонованої системи синхронізації пасажирських потоків у інтелектуальних транспортних системах міста Києва**

Запропоновані рекомендаційні заходи для синхронізації пасажирських потоків у інтелектуальних транспортних системах міста Києва приведуть до наступного:

- Зменшать матеріальні втрати, пов'язані з ДТП;
- Скоротять часові витрати (час поїздки і простою);
- Знизять експлуатаційні витрати (витрата палива);
- Скоротять викиди вихлопних газів;
- Знизять кількість ДТП та постраждалих [45].

Всі три варіанти проектування засновані на сценаріях соціально-економічного розвитку м Києва в довгостроковій перспективі (базовий

сценарій, сценарій базовий «плюс» і цільової сценарій), визначених у проекті Стратегії соціально-економічного розвитку Києва на період до 2035 року, як на основоположному документі стратегічного планування.

Позитивні зміни в соціальній політиці сприятимуть поліпшенню демографічних показників, що спричинить за собою збільшення припливу висококваліфікованих кадрів в економіку Києва.

У змісті магістерської роботи запропоновано чотири варіанти заходів по синхронізації пасажирських перевезень в інтелектуальних транспортних системах міста Київ відповідно до цільового сценарію соціально-економічного розвитку території:

Варіант 1 – впровадження платного в'їзду у місто та регулювання в'їзду в центр за допомогою розумних світлофорів, і ґрунтується на концепції переважного розвитку системи громадського транспорту загального користування для обслуговування жителів і гостей міста;

Варіант 2 – впровадження системи МaaS, що ґрунтується на збалансованому розвитку всіх видів транспорту для забезпечення безперебійного функціонування, усунення «вузьких» місць за рахунок підвищення пропускної здатності мережі, оптимізації організації руху і ліквідації аварійно небезпечних ділянок;

Варіант 3 - «оптимістичний», являє собою комбінований варіант, який поєднує в собі варіанти 1 і 2, і спрямований на розвиток всіх систем транспорту при визнанні переваг, що дають для перевезень на території Києва, пасажирського транспорту.

Варіант 4 - «песимістичний», ґрунтується на розвитку транспортної системи в умовах обмеженого фінансування з реалізацією точкових заходів щодо усунення «вузьких» місць і локальних проблем на вулично-дорожньої мережі, оптимізації роботи всіх діючих міських транспортних систем.

Короткий опис всіх варіантів можна прочитати в таблиці (Таблиця 3.1)

Таблиця 3.1 – Короткий опис запропонованих варіантів у ході магістерської роботи

Найменування рекомендації	Варіант 1 (платний в'їзд до міста та регулювання в'їзду до центру світлофорами)	Варіант 2 (впровадження МaaS (мобільність як сервіс))	Варіант 3 (оптимістичний, комбінований)	Варіант 4 (песимістичний, комбінований)
Синхронізація пасажирських потоків в інтелектуальних транспортних системах Києва	Підключення нових ділянок доріг до систем розумних світлофорів, їх керування з ЦПУ для моніторингу та контролю в'їзду до центра. Будівництво систем рамок безконтактних оплат для в'їзду у місто, установка систем відеоспостереження, що аналізує, габарити, номер машини. Також впровадження системи передачі інформації з відеокамер до розумних світлофорів.	Розробка ПО що буде включати в себе інтеграцію всіх міських киевських сервісів таксі, каршерінгу, карпулінгу, вело прокатів, прокатів електросамокатів, доставку їжі, моніторинг завантаженості доріг та громадського транспорту.	Розробка ПО що буде включати в себе інтеграцію всіх міських киевських сервісів таксі, каршерінгу, карпулінгу, вело прокатів, прокатів електросамокатів, доставку їжі, моніторинг завантаженості доріг та громадського транспорту. Також ПО буде керувати системою оплати в'їзду до міста, показувати рахунок, надавати можливість поповнити власних рахунок. Цей варіант включає в себе підключення нових ділянок доріг до систем розумних світлофорів, їх керування з ЦПУ для моніторингу та контролю в'їзду до центра. Будівництво систем рамок безконтактних оплат для в'їзду у місто, установка систем відеоспостереження, що аналізує ти, габарити, номер машини. Також впровадження системи передачі інформації з відеокамер до розумних світлофорів.	Підключення нових ділянок доріг до систем розумних світлофорів та введення в експлуатацію більшу кількість платних паркувальних майданчиків

Доходи приватних компаній, які в рамках державно-приватного партнерства будуть адмініструвати систему взяття плати з киян та гостей

столиці, можуть перевищити 2,3 млрд доларів США на рік, що зробить з підприємців, які обслуговують платний в'їзд – дуже багатих людей.

При здійсненні проекту, платного в'їзду до міста та регулювання в'їзду до центру за допомогою розумних світлофорів, можливі і деякі ризики:

- технічні: перерозподіл потоків може призвести до посилення навантаження на дороги поза центром - як результат, екологічна обстановка в цілому по місту не зміниться;

- політичні: громадські протести, небажання міської адміністрації впроваджувати це досить непопулярне рішення;

- технологічні: різні проблеми з адмініструванням.

Щодо впровадження МaaS – ситуація наступна. Головне – це розуміти, чи вплине запровадження систем спільного використання транспорту на баланс використання різних видів транспорту у місті, чи буде це підтримувати громадський транспорт чи конкуруватиме з ним.

Впроваджуючи мобільність як послугу (МaaS), оператори повинні переконатися, що система спільних поїздок (ride pooling system) приносить користь модальному розподілі перевезень (Modal Split) в місті, а не конкурує з ним. Для пасажирів це означає, що вони можуть забронювати та оплатити всі послуги мобільності за допомогою додатка, який пропонує їм кращий маршрут і вид транспорту для здійснення поїздки. Спільні поїздки можуть, наприклад, покривати першу милю від будинку до найближчої зупинки швидкісного транспорту, а також дають можливість підбирати і висаджувати інших пасажирів по дорозі. Або навпаки, це хороший вид транспорту для останньої милі від автобусної або залізничної зупинки до кінцевого пункту призначення. У тих місцях, де місця для паркування рідкість, а час роботи громадського транспорту обмежено, це знову-таки доводить, що спільні поїздки краще, ніж каршерінг так як це дозволяє економити час на пошук місця для паркування автомобіля і є зручним і надійним рішенням.

Однак впровадження МaaS у місті може зіткнутися з проблемами у фінансовому аспекті. Багато міст субсидують послуги громадського



транспорту. Компанії громадського транспорту можуть отримувати менше доходів від користувачів, що потребуватиме більших державних субсидій. Державна політика повинна буде визначити бізнес-модель МaaS щодо громадських транспортних послуг.

Дуже важливо збалансувати ці системи, МaaS і громадський транспорт, щоб вони доповнювали один одного, скорочуючи кількість поїздок на особистих автомобілях. Моделі попиту на поїздки є основою для нових, більш орієнтованих на користувача служб мобільності.

Укрупнена оцінка пропонованих варіантів проектування з подальшим вибором пропонованого до реалізації варіанту. У зв'язку з тим, що основні статті витрат визначені на закупівлю обладнання, налагодження ПО, то і порівняння вартості заходів здійснювалося за витратами на ці сфери. Укрупнення оцінка вартості заходів представлена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Порівняння варіантів проектування за обсягом фінансування заходів

Період проектування	Оціночний обсяг фінансування, тис. грн. Варіант 1	Оціночний обсяг фінансування, тис. грн. Варіант 2	Оціночний обсяг фінансування, тис. грн. Варіант 3	Оціночний обсяг фінансування, тис. грн. Варіант 4
Короткостроковий (2021-2023)	72865163,89	82575659,33	82575659,33	59152458,85
Середньостроковий (2024-2028)	11129923,33	82596261,59	82596261,59	22114513,53
Довгостроковий (2029-2033)	318308039,3	550541449,5	558969852,7	83904948,54

Прогнозований основний ефект запропонованого комплексу заходів для реалізації на території м Київ буде складатися з суми ефектів від:

- зниження наслідків ДТП, як з постраждалими, так і матеріальним збитком;

-скорочення витрат часу в дорозі при використанні при пересуванні по території міста оптимальних маршрутів (легкових і пасажирським транспортом).

У таблиці 3.3 представлені порівняльні результати реалізації заходів з ефектами від скорочення кількості ДТП, собівартості перевезень пасажирів і вантажів, перебування в дорозі пасажирів і вантажів.

Таблиця 3.3 - Порівняльні результати впровадження інтелектуальних систем для синхронізації пасажирських потоків за варіантами

Варіанти	Періоди / показники	Результати проведення заходів, тис. грн.	від скорочення кількості ДТП, тис. грн.	від скорочення собівартості перевезень пасажирів і вантажів, тис. грн.	від скорочення перебування в дорозі пасажирів і вантажів, тис. грн.
1 варіант	2021-2023	4031129,53	2918567,07	402742,88	708342,05
	2024-2028	8778844,61	6160771,49	1368921,63	1249151,49
	2029-2033	12368030,22	7856827,34	2675691,77	1835511,12
<i>Всього</i>		<i>25178004,36</i>	<i>16936165,9</i>	<i>4447356,28</i>	<i>3793004,66</i>
2 варіант	2021-2023	4493631,24	2918567,07	570980,94	1004083,23
	2024-2028	9851540,26	6160771,49	1929783,55	1760985,22
	2029-2033	14373874,58	7856827,34	3866140,09	2650907,16
<i>Всього</i>		<i>28719046,08</i>	<i>16936165,9</i>	<i>6366904,58</i>	<i>5415975,61</i>
3 варіант	2021-2023	4737827,23	2918567,07	659505,11	1159755,04
	2024-2028	10409841,62	6160771,49	2221701,26	2027368,87
	2029-2033	15340518,73	7856827,34	4439605,01	3044086,38
<i>Всього</i>		<i>30488187,58</i>	<i>16936165,9</i>	<i>7320811,38</i>	<i>6231210,29</i>
4 варіант	2021-2023	3482319,52	2918567,07	204347,37	359405,08
	2024-2028	7498823,98	6160771,49	699632,49	638420,01
	2029-2033	10164655,69	7856827,34	1368768,79	939059,56
<i>Всього</i>		<i>21145799,19</i>	<i>16936165,9</i>	<i>2272748,65</i>	<i>1936884,65</i>

Найбільший ефект дає реалізація варіанта 3 по всім вибраним показникам, коли використовуються усі запропоновані методи, але вони вимагають і найбільшого фінансування та найбільших ризиків.

Оцінка ефективності запропонованих варіантів проектування проводиться за виборним цільовим показником та індикатором проекту.

### 3.4 Висновки до розділу 3

У третьому розділі розглянуто три рекомендації щодо покращення синхронізації пасажирських потоків у місті Києві за допомогою інтелектуальних транспортних систем.

Платний в'їзд - один з можливих найбільш ефективних інструментів перерозподілу потоків, який до того ж додатково може приносити дохід у бюджет міста. Однак його введення вимагає серйозної і ретельної попередньої роботи. Щоб цей інструмент працював ефективно, існує ряд умов для його використання:

- повинні бути зрозумілі цілі системи платного в'їзду;
- прозора фінансова схема, включаючи питання розподілу отриманих коштів;
- підготовлене і позитивно налаштоване населення.

При цільовому зниженні навантаження на вулично-дорожню мережу в центрі міста на 15-20%, поза центром навантаження зросте на 12-20%. При цьому в цілому по місту екологічна ситуація майже не зміниться; Неможливо довести прибутковість організації платного в'їзду - вартість розробки і впровадження системи висока, і термін окупності з тими тарифами, які населення в змозі заплатити, дуже великий;

Система відеоконтролю інтегрована в модуль управління світлофорами, що дозволяє скоординувати роботу всіх світлофорів перехрестя в будь-якому напруженому транспортному вузлі - також гарний варіант, тим паче що задатки цієї системи в Києві вже працюють. Але ця система також не вирішить питання парковок та перевантаженість місць для паркування у центрі Києва - що погіршує життя пішоходів.

Варіант з впровадженням МaaS - виглядає як найбільш сучасний варіант з найменшим опором з боку жителів міста. Мобільність як послуга (МaaS) - відносно нова концепція, яка обіцяє зміну парадигми у забезпеченні міської

мобільності. Концепція МaaS полягає у використанні одного додатку для доступу та оплати різних видів транспорту в межах міста чи за його межами; і додаток надасть варіанти, щоб дозволити мандрівникові вибрати найбільш підходящий вид транспорту. Концепція МaaS уможливлена поточним масовим поглинанням смартфонів та соціальних мереж, а також повсюдним підключенням до Інтернету.

Впровадження можна зробити на базі програмного забезпечення PTV Visum 17 - найкраще та найбільш потужне ПО для синхронізації транспортних потоків у місті завдяки комбінованому мультимодальному перерозподілу, моделюванню спільного використання транспортних засобів. PTV Visum 17 дозволяє об'єднувати моделі індивідуального та громадського транспорту легко та інтуїтивно. Також одним з переваг цього методу є те, що спеціальний модуль Safety може імпортувати дані про аварії та зв'язати цю інформацію з вулично-дорожньою мережею.

Не факт, що зазначені вище заходи повністю замінять перший варіант з платним в'їздом, але частину завдань вони безумовно вирішать. А якщо впроваджувати ці заходи спільно, то безумовно буде видно ефект синергії.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Транспорт, поряд з іншими інфраструктурними галузями, є важливим інструментом досягнення соціальних, економічних, зовнішньополітичних та інших цілей, забезпечуючи підвищення якості життя людей. Без вирішення проблем у транспортній галузі неможливо домогтися корінних змін в економіці країни загалом.

Міська логістика є новим механізмом управління потоками об'єктів в умовах муніципального району. Використання логістичних рішень при вдосконаленні роботи міського пасажирського транспорту є актуальним науковим та практичним напрямком.

Сьогодні дуже важливо для населених пунктів мати у своєму розпорядженні максимально точні відомості про обстановку на транспортних маршрутах, щоб правильно планувати і вибудовувати міську дорожню інфраструктуру, оптимізувати її з урахуванням потреб громадян і поточних умов. Саме тому треба направляти всі плани розвитку міст у напрямок впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС).

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) – найсучасніший метод синхронізації міських пасажирських потоків, що паралельно дозволяє створювати умови для мобільності населення та збільшення соціально-економічної ефективності для жителів міст.

Спираючись на світовий досвід можна стверджувати, що розвиток ІТС в сучасних умовах є одним з найбільш ефективних шляхів вирішення складних транспортних проблем, як в містах, так і на заміських дорогах. Тому питання розробки обґрунтованих технічних вимог до ІТС є найважливішим, і особливо для України, де є значна нерівномірність у розвитку транспортної інфраструктури по регіонах. Істотними є і історико-архітектурні особливості, особливо в міській забудові: відомо, що топологія українських міст дуже відрізняється від топології європейських та американських.

ІТС в Києві повинні вирішувати наступні завдання :

- підвищення доступності транспортних послуг, безпеки на транспорті;
- ефективності управління транспортними процесами (зокрема: зростання пропускної спроможності транспорту, оптимізації використання громадського транспорту, збільшення вантажообігу і пасажирообороту);
- зниження дорожньо-транспортних пригод на окремих ділянках;
- зниження шкідливого впливу транспорту на навколишнє середовище і здоров'я людини;
- підвищення рівня життя і соціально-економічного розвитку країни.

Отже джерелами для впровадження в Києві ІТС для синхронізації пасажирських потоків є:

- TomTom (затримки індивідуального транспорту, завантаженість доріг) - вже працює, не потрібно автоматизувати та отримувати інформацію більше дискретно;

- Транспортна модель Києва (матриці кореспонденцій, час реалізації кореспонденцій у незаслуженій мережі) - вже працює, але потрібно офіційно затвердити параметри;

- Дані про затримки комунального оператора Київпастрас на основі GPS-трекерів - не працює, потрібно зробити;

- Дані про невиконану заплановану транспортну роботу комунального оператора Київпастрас на основі їх диспетчеризації - вже працює, але вводиться вручну, потрібно автоматизувати;

- Дані про затримки екстреного транспорту на основі GPS-трекерів - не працює, потрібно зробити;

- Дані про пасажиропотоки на загальнодержавному транспорті від електронного квитка, рахунків чи краудсорсинга - не працює, потрібно зробити;

- Дані про ДТП від поліції - не працює, потрібно зробити;

- Моніторинг якості повітря - вже працює, але вводиться вручну, потрібно автоматизувати.

В ході роботи було визначено сучасний стан транспортної системи

України та вихідні умови для подальшого розвитку цього напрямку у Києві. Як підсумок дослідження були запропоновані найбільш перспективні варіанти розвитку окремих складових інтелектуальної транспортної системи.

Було запропоновано:

1. Платний в'їзд в місто Київ
2. Регулювання в'їзду в центр за допомогою розумних світлофорів.
3. Впровадження системи MaaS

Платний в'їзд у певні зони міст, оподаткування викидів та цінова регуляція паркування управляють попитом на транспортні послуги – наявність тієї чи іншої плати зменшує попит на користування автівкою у місті. Ці інструменти є складовими ефективного транспортного менеджменту разом із розвитком інтермодальності, інвестиціями в громадський транспорт та створенням пішохідних зон.

Найкращий варіант – комбінація всіх запропонованих елементів ІТС, адже це принесе найбільший ефект на найкращий поштовх до розвитку мережі інтелектуальних транспортних систем по всій країні, не тільки в столиці.

Але комбінація всіх запропонованих варіантів веде до того, що імплементація становиться вкрай важкою. Адже на першому етапі потрібно вжити відповідних заходів у сфері правового регулювання. Потрібно ввести на законодавчому рівні термін «затори», утвердити закони про впровадження інтелектуальних систем у містах та створити відповідно інфраструктуру для них. Також окрім технічної інфраструктури потрібно покращити стан доріг та закупити оновлений громадський транспорт. Тільки після цих кроків можна буде займатися імплементацією архітектури ЄС. Поки що можна робити невеличкі, але вагомні кроки – вести перемовини з продуктовими ІТ компаніями, які будуть розробляти продукт сервісів інтелектуальних транспортних систем. Також можна звернутись до таких агрегаторів доставки як Uber, Bolt, Raketa та запропонувати їм зробити інтеграцію з міськими сервісами як Eway, Kyiv Smart City. Така взаємна інтеграція дозволить зробити єдиний сервіс по громадському транспорту, таксі, доставці їжі, прокату самокатів, карпулінгу та також об'єднає

в собі усі міські сервіси.

В даний час розвиток ІТС має давати імпульс новим проектам з метою підвищення якості організації дорожнього руху за рахунок застосування комплексу автоматизованих інформаційних управляючих підсистем, функціонально і технічно об'єднаних в ІТС. У перспективі це дозволить досягти необхідного рівня мобільності населення, підвищення якості його життя шляхом забезпечення гарантованої стійкості, безпеки, стійкості, адаптивності та ефективності функціонування транспортно-дорожнього комплексу.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 23 лютого 2006 р. №3492 – IV.
2. Мінінфраструктури розпочинає проєкт з оцифрування місцевих автошляхів: проєкт/ Міністерство інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/news/32252.html> (дата звернення 15.10.2020)
3. Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р / Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-r#Text> (дата звернення 10.10.2020)
4. Амнилов, А.В. Использование системы Глонасс в целях повышения эффективности транспортных систем город/Т-СОММ телекоммуникации и транспорт (№2) – Москва, 2011. – 32 с.
5. Аналитический доклад Евразийская экономическая комиссия «О существующих в государствах-членах Евразийского экономического союза интеллектуальных транспортных системах, используемых в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства» Москва, 2019 год
6. Будрин, А. Г. Экономика автомобильного транспорта: учеб. пособие для вузов / Под ред. Г. А. Кононовой. – 2-е изд., стер. – Москва: Академия, 2012. – 320 с.
7. Виханский, О. С. Стратегическое управление: Москва: Экономист, 2011. – 258 с.
8. Гершун, А. В. Технологии сбалансированного управления: учебник. Москва: Олимп-Бизнес, 2012. – 315 с.
9. Горбачев П.Ф. Обоснование количества респондентов для обследования выбора пассажиром пути передвижения в маршрутной системе города / П.Ф. Горбачев, А.В. Макаричев, С.В. Пронин, О.В. Свичинская // Автомобильный транспорт – 2014. – №35. – С. 133–140.

10. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах. – Харьков: Основа, 1992. – 144 с.
11. Дорофеев, А. Н. Эффективное управление автоперевозками (Fleet Management): монография. Москва: Дашков и К, 2012. – 193 с.
12. Дороховський О.М. Основні умови і чинники розвитку регіональних транспортно-логістичних систем : УДК 303.722:329.9
13. Жанказиев, С.В. Интеллектуальные дороги - современный взгляд/ С.В.Жанказиев, А.А. Тур, Р.Ф. Халилев. Наука и техника в дорожной отрасли.- 2010 – 2 - стр. 1-7.
14. Жанказиев, С.В. Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие. Москва: МАДИ, 2016. – 120 с.
15. Ігнатенко О.С. Організація автобусних перевезень в містах/ О.С. Ігнатенко, В.С. Маруніч. – К.: УТУ, 1998
16. Интеллектуальні транспортні системи в Україні / А. Р. Гайков, О. П. Євсєєва, О. В. Баранов, В. Ю. Баранов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобілетракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 9 (1052). – С. 106-112. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2078-6840.
17. Кабашкин И.В. Интеллектуальные транспортные системы: интеграция глобальных технологий будущего / И.В. Кабашкин // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 2.– С. 34–38
18. Кочерга, В.Г. Интеллектуальные транспортные системы в дорожном движении: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: РГУ, 2011. – 108 с.
19. Кузьмин, А. В. Проблемы автомобильного Автомобильный транспорт. – 2012. – №8. – С. 35–37.
20. Лигум Ю.С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами пассажирского автомобильного транспорта. – К.: Техника, 1989. – 240 с.
21. Милославская, С. В. Мультиmodalные и интерmodalные перевозки: Рос.Консульт., 2001. – 368 с.

22. Н. О. Біліченко С. В. Цимбал Я. Ю. Крупський. Світовий досвід розвитку інтелектуальних транспортних систем, Вінницький національний технічний університет, 2009
23. Никифорок О.І. Модернізація наземних транспортних систем України / О.І. Никифорок ; НАН України, ДУ "Ін-т екон. та прогнозув. НАН України". – К., 2014. – 414 с.
24. Ольга Катерна, Сутність і особливості використання технологій інтелектуальних транспортних систем. Економічний аналіз. 2012 рік. Випуск 11. Частина 3.
25. Павленко Г.П., Половников В.С., Лопаткин А.П. Автоматизированные системы диспетчерского управления движением пассажирского городского транспорта . -М.: Транспорт, 1979. – 207 с.
26. Поначугин В.А. Оперативное управление процессами перевозок на городском пассажирском транспорте. Монография. – Н.Новгород:ННГАСУ, 2008. – 216 с.
27. Слободняк Ю. В. Фінансовий механізм функціонування підприємств пасажирського автотранспорту в сучасних умовах. Київ, 2007
28. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник для студ., учреждений среднего проф. образования / И. В. Спирин. - 5-е изд., перераб. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 400 с.
29. Т. Сирийчик, Фургальські А., Клімкевич Ч. та інш. Транспортна політика України та її наближення до норм Європейського Союзу і. – К.: Аналітично-дорадчий центр Блакитної стрічки, 2010. – 102 с.
30. Трегубов В.Н. Методы и модели логистической синхронизации на пассажирском транспорте: Монография. Саратов: СГТУ, 2009.
31. Яцкив, Д. Я. Европейский опыт навигационного обеспечения транспортных коридоров. Інноваційні технології. – 2003, No 4–5. – С. 90–94.
32. В Киеве внедряют систему управления дорожным трафиком. автошляхів: проєкт/ Міністерство інфраструктури України. URL: <https://itc.ua/news/v-kieve->

vnedryat-sistemu-upravleniya-dorozhnym-trafikom-na-osnove-iskusstvennogo-intellekta/ (дата звернення 01.12.2020)

33. В Києве появятся “умные” светофоры. URL: <http://abcnews.com.ua/ru/news/v-kiievie-poiaviatsia-umnyie-svietofory> (дата звернення 13.10.2020)

34. В Україні запрацювала автофіксація порушень ПДР . URL : <https://ua.korrespondent.net/ukraine/4235336-v-ukraini-zapratsuivala-avtofiksatsiia-porushen-pdr> (дата звернення 15.09.2020)

35. Впровадження мобільності як сервісу (Mobility as a service, MaaS) у місті URL: <https://apluss.pro/upravlinnya-mobilnistyu/vprovadzhennja-mobilnosti-jak-servis-u-mobility-as-a-service-maas-u-misti/> (дата звернення 18.11.2020)

36. Въезд в центр Киева предлагают сделать платным. URL : <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2018/06/20/637986/> (дата звернення 27.10.2020)

37. Где в Киеве самые загруженные дороги (инфографика) . URL : <https://kiev.segodnya.ua/kiev/ktransport/gde-v-kieve-samye-zagruzhennye-dorogi-infografika-606887.html> (дата звернення 17.12.2020)

38. Держстатистика України, Кількість перевезених пасажирів за видами транспорту (1995-2019). URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/tr\\_rik/tr\\_rik\\_u/kp\\_pas\\_vt\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/tr_rik/tr_rik_u/kp_pas_vt_u.htm) (дата звернення 01.11.2020)

39. Интеллектуальные транспортные системы – Концептуальная записка  
Записка секретариата. URL: <https://www.unecse.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2016/itc/ECE-TRANS-2016-10r.pdf> ( дата звернення 26.11.2020)

40. Интеллектуальные транспортные системы. URL: <https://topref.ru/referat/166409/4.html> (дата звернення 11.10.2020)

41. Источник: Что такое платный въезд в центр город. URL : <http://transspot.ru/2016/12/27/chto-takoe-platnyj-vezd-v-centr-goroda/> (дата звернення 27.10.2020)

42. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ (РОЗУМНИЙ СВІТЛОФОР) . URL : [HTTPS://MVKOM.NET/EN/NODE/47](https://mvkom.net/en/node/47) (дата звернення 05.10.2020)

43. Интеллектуальные транспортные системы. URL: <https://center2m.ru/intellektualnye-transportnye-sistemy> (дата звернення 20.11.2020)

44. Как в умных городах решат проблемы с парковками. URL : [https://smartcity.cnews.ru/articles/2019-10-24\\_kak\\_umnye\\_goroda\\_reshayut\\_problemu](https://smartcity.cnews.ru/articles/2019-10-24_kak_umnye_goroda_reshayut_problemu) (дата звернення 27.10.2020)

45. Комплексная схема организации дорожного движения Санкт-Петербурга . URL :[https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/11/29/13/КСОДД\\_Санкт-Петербурга.pdf](https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/11/29/13/КСОДД_Санкт-Петербурга.pdf) (дата звернення 27.11.2020)

46. КП «Київтранспарксервіс» оголосило аукціон на придбання права експлуатації перехоплюючих паркувальних майданчиків. URL : [https://kyivcity.gov.ua/news/kp\\_kivtransparkservis\\_ogolosilo\\_auktsion\\_na\\_pridbannya\\_prava\\_eksploatatsi\\_perekhopolyuyuchikh\\_parkuvalnikh\\_maydanchikiv/](https://kyivcity.gov.ua/news/kp_kivtransparkservis_ogolosilo_auktsion_na_pridbannya_prava_eksploatatsi_perekhopolyuyuchikh_parkuvalnikh_maydanchikiv/) (дата звернення 27.10.2020)

47. На участке ЦКАД установили рамки для оплаты проезда без остановки. URL : <https://rg.ru/2020/04/30/na-uchastke-ckad-ustanovili-ramki-dlia-oplaty-proezda-bez-ostanovki.html> (дата звернення 27.10.2020)

48. Навіщо платний в'їзд у центр Лондона і чи працюватиме це у Києві? URL : <https://hmarochos.kiev.ua/2018/06/20/navishho-platniy-v-yizd-u-tsentr-londona-i-chi-pratsyuvatime-tse-u-kiyevi/>(дата звернення 27.10.2020)

49. Мировой опыт внедрения и развития ИТС. URL : <http://www.dorros.ru/its-2/mirovoj-opyt-vnedreniya-i-razvitiya-its/> (дата звернення 15.09.2020)

50. MaaS в Барселоні: 4 сценарії і 4 ключові висновки. URL: <https://pro-mobility.org/2018/12/27/maas-v-barseloni-4-stsenariyi-i-4-klyuchovi-vysnovky/#more-461> (дата звернення 12.11.2020)

51. Особливості PTV Visum 17. URL: <https://promobility.org/2018/02/19/osoblyvosti-ptv-visum-17/> (дата звернення 18.11.2020)
52. Переваги впровадження MaaS. URL: <https://promobility.org/2017/10/24/maas/> (дата звернення 26.11.2020)
53. Переваги ІТС, витрати на них та уроки: бази даних (US DOT) . URL :: <http://benefitcost.its.dot.gov> (дата звернення 12.11.2020)
54. Підвищення якості та надійності пасажирських перевезень на міських маршрутах. URL: [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar/АВТОМ\\_ТРАНСП/П\\_ПВБА/Passagir\\_01.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/АВТОМ_ТРАНСП/П_ПВБА/Passagir_01.pdf) ( дата звернення 26.09.2020)
55. Плата за в'їзд в центр Лондона. URL : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Плата\\_за\\_в'їзд\\_в\\_центр\\_Лондона](https://ru.wikipedia.org/wiki/Плата_за_в'їзд_в_центр_Лондона) (дата звернення 27.10.2020)
56. Платный в'їзд в город. Смотрим на мировой опыт. URL : <https://tsl.kname.edu.ua/index.php/uk/ru/8-glavnaya/9-payment> (дата звернення 27.10.2020)
57. Платный в'їзд в города: готовьте ваши денежки. URL : <https://www.zr.ru/content/articles/915319-platnyj-vezd-v-goroda/> (дата звернення 27.10.2020)
58. Помогает ли платный в'їзд в город победить пробки URL : <http://abcnews.com.ua/ru/education/pomoghaiet-li-platnyi-viezd-v-ghorod-pobiedit-probki> (дата звернення 27.10.2020)
59. Почему в Киев вернулись пробки и как решить проблему. URL: <https://www.google.com.ua/amp/s/www.epravda.com.ua/rus/publications/2020/05/27/661017/index.amp> (дата звернення 07.11.2020)
60. Представляем Pool Chance. URL: <https://www.uber.com/uk-UA/blog/pool-chance-kyiv/> (дата звернення 12.10.2020)
61. Проект платного в'їзда в Астану: в акимате не увидели в этом нарушения прав человека. URL : <https://informburo.kz/novosti/proekt-platnogo->

vezda-v-astanu-v-akimate-ne-uvide-li-v-etom-narusheniya-prav-cheloveka.html (дата звернення 27.10.2020)

62. Середньодобовий коефіцієнт транспортної мобільності киян. URL: <https://bespalov.me/2015/10/12/serednyodobovy-i-koeficient-transportnoi-mobilnosti-kyiav/> (дата звернення 09.11.2020)

63. Стійкий розвиток транспортної системи: Збірник матеріалів для політиків міст. URL: [https://city2030.org.ua/sites/default/files/documents/GIZ\\_SUTP\\_SB4e\\_Intelligent-Transport-Systems\\_UA.pdf](https://city2030.org.ua/sites/default/files/documents/GIZ_SUTP_SB4e_Intelligent-Transport-Systems_UA.pdf) (дата звернення 20.09.2020)

64. Технические средства измерения характеристик транспортных потоков. URL : [https://www.itv.ru/company/press\\_centre/articles/3462/](https://www.itv.ru/company/press_centre/articles/3462/) (дата звернення 07.10.2020)

65. Україна піднялась у міжнародному рейтингу якості доріг . URL : <https://www.the-village.com.ua/village/city/city-news/304527-ukrayina-pidnyalas-u-mizhnarodnomu-reytingu-yakosti-dorig> (дата звернення 27.10.2020)

66. Установлен коэффициент автомобилепользования в Киеве . URL : <https://bespalov.me/2015/10/23/ustanovlen-kojefficient-avtomobilepolzovanija-v-kiieve/> (дата звернення 15.11.2020)

67. Які вулиці в Києві найбільш завантажені автомобілями: рейтинг. URL: <https://www.the-village.com.ua/village/city/city-news/304781-yaki-vulitsi-v-kiievi-naybilsh-zavantazheni-avtomobilyami-reyting> (дата звернення 13.11.2020)

68. Bošnjak, I., Intelligent Transportation Systems 1. Zagreb: Faculty of Transport and Traffic Sciences, 2006

69. Gritsenko S. I., Vinichenko I. A. DEVELOPMENT OF EUROPEAN ITS ARCHITECTURE, Kyiv: National Aviation University, 2020

70. Intelligent transport systems (ITS) practioners' guide to Europe/ RTI Focus, London, 2011

71. Kharchenko V.F., Vakulenko Ye.Ye. K voprosu o vybore marki passazhirskikh transportnykh sredstv dlya obsluzhivaniya gorodskikh marshrutov v usloviyakh konkurentsii na rynke avtotransportnykh uslug, 2012.

72. Kornietskiy I. R. Metodychni aspekty rozvytku mizhrehionalnoi vzaiemodii transportno lohistychnykh system v umovakh synkhronizatsii. Department of sea and river transport, Mykolaiv, 2008.
73. Mashrur A. Chowdhury Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning. Artech House, 2003. – 210 p.
74. McQueen, B. Intelligent transportation systems architectures. Artech House, 1999. – 467 p.
75. Mirotina, L.B. and Sergeeva, V.I. Fundamentals of logistics, INFRAM, Moscow, Russia., 1999.
76. Mogre, R. Intelligent Transportation Systems: A Private Organizations Perspective. LAP Lambert Acad. Publ.,2010. – 156 p.
77. Roess, R. P. Traffic Engineering. Prentice Hall; 4 edition, 2010. – 744
78. Russell, J. Intelligent transportation system VSD, 2012. – 110 p.
79. S.V. Zhankaziev. Intelligent transport systems: textbook. allowance. - M.: MADI, 2016. 120 p.
80. Sadko Mandžuka. Intelligent Transport Systems. Zagreb: Faculty of Transport and Traffic Sciences, 2016.
81. Schuele, M. Schroeder & K. H. Kuefer Synchronization of regional public transport systems Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics, Kaiserslautern, Germany, 2009
82. Stanislav M. Chankova\*, Till Beckera, Katja Windta- Towards Definition of Synchronization in Logistics . A Jacobs University Bremen, Campus Ring 1, Bremen 28759, Germany
83. Sumit, Gh. Intelligent Transportation Systems: Smart and Green Infrastructure Design. Second Edition (Mechanical and Aerospace Engineering Series), CRC Press, 2010. – 217 p.
84. Sussman, J. S. Perspectives on Intelligent Transportation Systems (ITS). Springer, 2005. – 229 p.
85. Synchronization of regional public transport systems DOI: 10.2495/UT090271 Conference: URBAN TRANSPORT. Volume: 107, June 2009



86. ELTIS Urban Mobility Portal. URL : <http://www.eltis.org/resources/videos>
87. Framework Architecture Made for Europe – Support. URL: <https://trimis.ec.europa.eu/project/framework-architecture-made-europe-suppor> (дата звернення 26.09.2020)
88. 5G is all in the timing. URL : <https://www.ericsson.com/en/blog/2019/8/what-you-need-to-know-about-timing-and-sync-in-5g-transport-networks> (дата звернення 27.10.2020)
89. Intelligent Transportation System (ITS) Market Size, Growth Outlook and Forecast 2019 to 2026. URL: <https://www.mynewsdesk.com/jp/automotive-industry-desk/pressreleases/Intelligent-Transportation-System-ITS-Market-Size-Growth-Outlook-and-Forecast-2019-to-2026-2951517> (дата звернення 05.10.2020)
90. Introduction smart transport. URL: <https://mobility.here.com/learn/smart-transportation/introduction-smart-transport> (дата звернення 26.11.2020)
91. MaaS in Barselona. URL: <http://www.traffic-inside.com/2018/10/26/maas-in-barcelona-4-scenarios-and-4-key-findings/> (дата звернення 13.10.2020)
92. Policies for synchronization in the transport–land-use system . URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X13001583> (дата звернення 12.11.2020)
93. Reconciling Transfer Synchronization and Service Regularity: Real-time Control Strategies using Passenger Data. URL :[https://www.researchgate.net/publication/324041627\\_Reconciling\\_Transfer\\_Synchronization\\_and\\_Service\\_Regularity\\_Real-time\\_Control\\_Strategies\\_using\\_Passenger\\_Data](https://www.researchgate.net/publication/324041627_Reconciling_Transfer_Synchronization_and_Service_Regularity_Real-time_Control_Strategies_using_Passenger_Data) (дата звернення 16.11.2020)
94. Smart city mobility. URL: <https://mobility.here.com/learn/smart-city-mobility/smart-city-mobility-7-major-cities-getting-it-right> (дата звернення 26.11.2020)
95. Traffic Index 2019. URL: [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/ranking/](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/)(дата звернення 28.09.2020)

96. Transport Synchronization. URL :  
[https://help.sap.com/saphelp\\_me60/helpdata/en/f6/35e33a10d53e36e10000000a11402f/content.htm?no\\_cache=true](https://help.sap.com/saphelp_me60/helpdata/en/f6/35e33a10d53e36e10000000a11402f/content.htm?no_cache=true) (дата звернення 29.09.2020)
97. Urban Mobility System Upgrade. URL : [https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb\\_self-drivingcars.pdf](https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb_self-drivingcars.pdf) (дата звернення 23.11.2020)
98. Using passenger flows to determine key interchange connections for public transport synchronization . URL :  
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A2bd89d55-8577-4e4d-ac8c-9d5ce3e1e3f3> (дата звернення 19.09.2020)
99. Where shall we sync? Clustering passenger flows to identify urban public transport hubs and their key synchronization priorities - Delft University of Technology, Department Transport & Planning, Delft, the Netherlands Received. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968090X18303826> (дата звернення 20.09.2020)
100. Why you need an ITS Architecture. URL: <https://frame-online.eu/first-view/background> (дата звернення 26.09.2020)

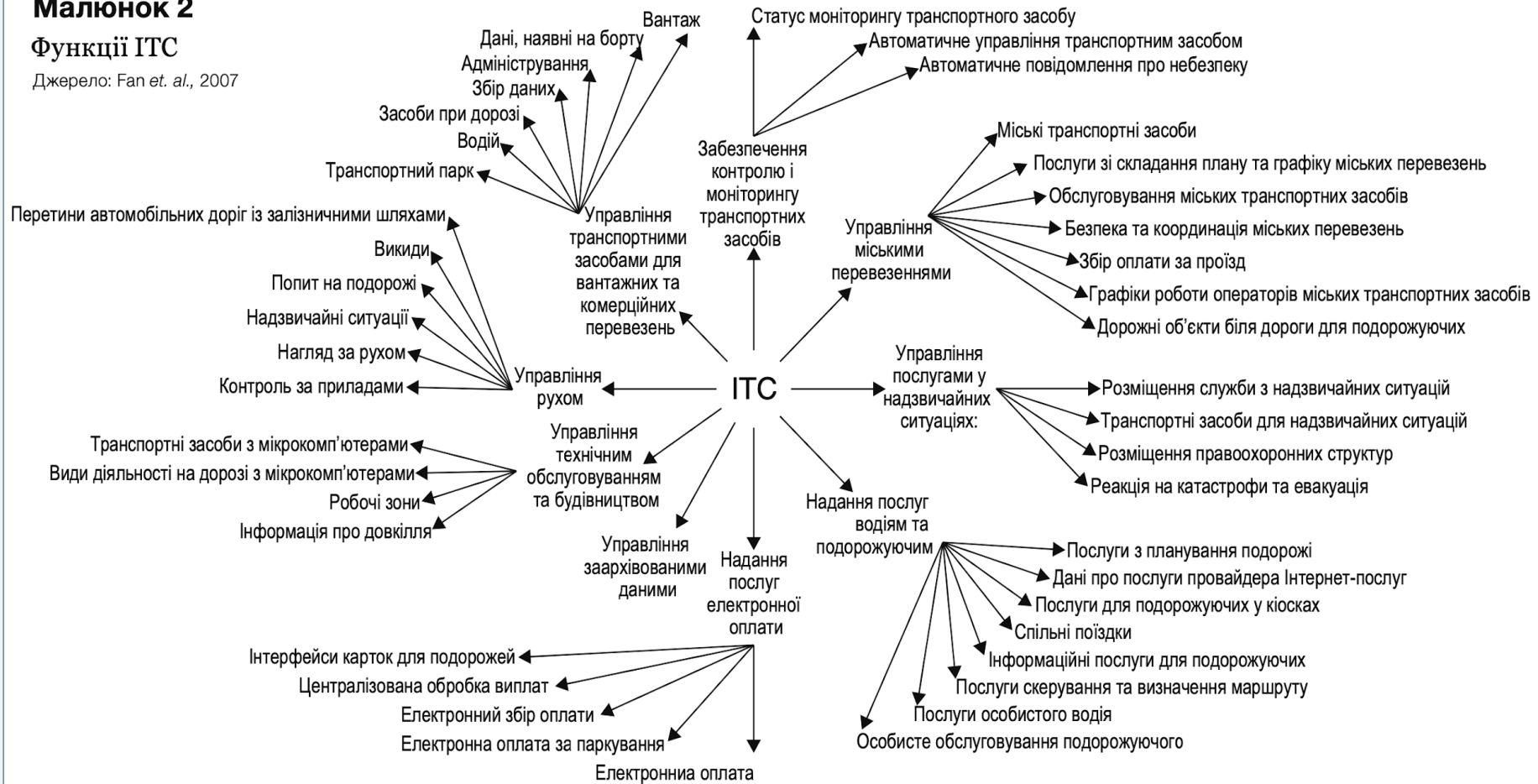
# Додаток А

## Функції ІТС

### Малюнок 2

### Функції ІТС

Джерело: Fan et. al., 2007



## Додаток Б

### Кількість перевезених пасажирів за видами транспорту з 1995 по 2019 (тис.)

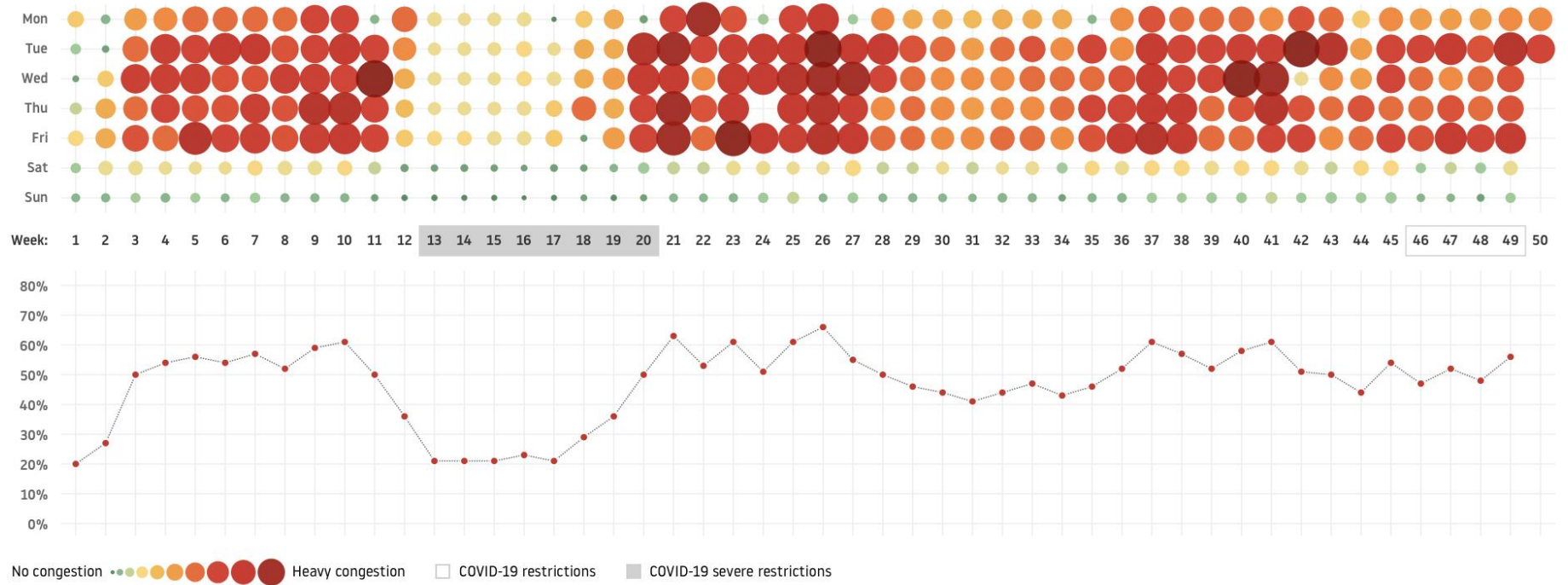
	Залізничний <sup>1</sup>	Морський	Річковий	Автомобільний (автобуси) <sup>2</sup>	Авіаційний <sup>3</sup>	Трамвайний	Тролейбусний	Метрополітенівський
<b>1995</b>	577431,5	7817,0	3594,1	3483173,0	1914,9	821652,3	1358736,9	561012,4
<b>1996</b>	538568,7	5044,6	2735,9	3304600,0	1724,0	788026,2	1590439,3	536304,1
<b>1997</b>	500838,8	4311,3	2443,1	2512147,2	1484,5	1265349,2	2388087,6	507897,0
<b>1998</b>	501428,7	3838,3	2356,5	2403424,6	1163,9	1450735,2	2717998,1	668456,4
<b>1999</b>	486810,4	3084,3	2269,4	2501707,5	1087,0	1456755,4	2735241,0	724425,5
<b>2000</b>	498683,0	3760,5	2163,3	2557514,6	1164,0	1380921,2	2581880,0	753540,1
<b>2001</b>	467825,3	5270,8	2034,2	2722001,6	1289,9	1333782,0	2332086,3	793197,0
<b>2002</b>	464810,4	5417,9	2211,9	3069136,3	1767,5	1196402,6	2140314,9	831040,4
<b>2003</b>	476742,4	6929,4	2194,1	3297504,5	2374,7	1132181,9	1920746,2	872812,5
<b>2004</b>	452225,6	9678,4	2140,2	3720326,4	3228,5	1112394,2	1848843,3	848176,1
<b>2005</b>	445553,1	11341,2	2247,6	3836514,5	3813,1	1110957,5	1902760,9	886597,7
<b>2006</b>	448421,7	10901,3	2021,9	3987982,0	4350,9	1082818,0	1788227,2	917699,8
<b>2007</b>	447093,7	7690,8	1851,6	4173033,7	4928,6	1026812,0	1620966,9	931511,9
<b>2008</b>	445465,7	7361,4	1551,8	4369125,5	6181,0	962702,5	1580384,2	958693,9
<b>2009</b>	425974,8	6222,5	1511,6	4014035,2	5131,2	787013,6	1283382,3	751988,3
<b>2010</b>	427240,6	6645,6	985,2	3726288,6	6106,5	713809,7	1203551,2	760551,2
<b>2011</b>	429784,9	7064,1	962,8	3611829,9	7504,8	797993,6	1346431,5	778253,4
<b>2012</b>	429115,3	5921,0	722,7	3450173,1	8106,3	799688,8	1345544,9	774057,6
<b>2013</b>	425216,9	6642,0	631,1	3343659,5	8107,2	757382,8	1306228,5	774794,0
<b>2014<sup>4</sup></b>	389305,5	29,4	565,1	2913318,1	6473,3	769911,1	1096884,8	725819,9
<b>2015<sup>4</sup></b>	389794,1	25,5	550,8	2250345,3	6302,7	738603,2	1080772,6	700369,5
<b>2016<sup>4</sup></b>	389057,6	30,3	448,5	2024892,9	8277,9	694009,4	1038746,0	698367,3
<b>2017<sup>4</sup></b>	164941,6	28,6	562,9	2019324,9	10555,6	675841,4	1058072,1	718886,9
<b>2018<sup>4</sup></b>	157962,4	71,9	596,2	1906852,1	12529,0	666271,1	1016241,2	726585,1
<b>2019<sup>4</sup></b>	154811,8	79,4	589,9	1804929,3	13705,8	627515,1	945694,5	714982,1

## Додаток В

### Завантаженість доріг Києва по днях і тижнях, 2020 рік

#### DAILY AND WEEKLY CONGESTION LEVEL

##### Average congestion



##### Average congestion levels for each day and each week in 2020.

Daily and weekly congestion levels are weighted averages derived from hourly data. Each week starts on Monday and ends on Sunday.