

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Системи підтримки прийняття рішень для управління
транспортними потоками у великому місті»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 124 Системний аналіз
освітньо-професійної програми «Інтелектуальні системи управління»

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело*

_____ Ілля ШАБАС
(підпис)

Виконав: здобувач вищої освіти групи САДМ-61

_____ Ілля ШАБАС

Керівник: _____ Ганна ЛИХОДЄЄВА
к.пед.н., доцент

Рецензент: _____
науковий ступінь, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
вчене звання

Київ 2024

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра інформаційних систем та технологій

Ступінь вищої освіти магістр

Спеціальність 124 Системний аналіз

Освітньо-професійна програма Інтелектуальні системи управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСТ

_____ Каміла СТОРЧАК

«_____» ____20__р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Шабас Ілля Олегович

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Системи підтримки прийняття рішень для управління транспортними потоками у великому місті

керівник кваліфікаційної роботи Ганна ЛИХОДЄЄВА, к.пед.н., доцент,
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій

від «_____» _____20__р. № _____

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «_____» ____20____р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: дані спостережень за дорожнім рухом, історичні дані про інтенсивність та щільність транспортних потоків, дані в режимі реального часу (час у дорозі, динамічне прокладання маршрутів, автоматичні повідомлення про зіткнення), прогностичні дані для прогнозування майбутніх характеристик дорожнього руху, дані з систем оплати проїзду, дані придорожного і міжцентрового спостереження, дані про погодні умови, аварії та реконструкцію доріг, дані з GPS та мобільних додатків.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Які основні проблеми управління дорожнім рухом у великих містах і як вони впливають на міську мобільність та якість життя

2. Як системи підтримки прийняття рішень (СППР) можуть покращити управління транспортними потоками у містах

3. Які існують успішні приклади впровадження СППР у містах світу, і які уроки можна винести для їх застосування в Ужгороді

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація

6. Дата видачі завдання «_____» ____20__р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літератури та теоретичних основ		
2	Розробка методології дослідження		
3	Збір емпіричних даних		
4	Аналіз та інтерпретація отриманих даних		
5	Формулювання висновків та рекомендацій		
6	Оформлення тексту роботи		
7	Оформлення презентація до захисту роботи		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Ілля ШАБАС
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Ганна ЛИХОДЄЄВА
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра:

57 стор., 10 рис., 5 табл., 25 джерел.

Мета роботи – оцінка ефективності впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР) в управлінні дорожнім рухом в місті Ужгород з 2014 по 2017 роки. Дослідження спрямоване на оптимізацію транспортних потоків у міському середовищі та аналіз потенційних можливостей застосування інтелектуальних технологій для покращення дорожньої ситуації.

Об'єкт дослідження – процес управління транспортними потоками у великих містах, зокрема в місті Ужгород, із застосуванням систем підтримки прийняття рішень

Предмет дослідження – методи та засоби оптимізації міських транспортних потоків за допомогою інтелектуальних систем управління дорожнім рухом, зокрема систем підтримки прийняття рішень (СППР), їх впровадження, ефективність та можливі проблеми реалізації.

Короткий зміст роботи: робота присвячена проблемам управління транспортними потоками у великих містах та застосуванню систем підтримки прийняття рішень (СППР) для їх оптимізації. Дослідження підкреслює зростання урбанізації та її негативний вплив на мобільність, економіку та екологію, що вимагає нових підходів до міського планування. Основний акцент зроблено на розрив між традиційними методами управління дорожнім рухом і сучасними ІТ-рішеннями, що можуть підвищити ефективність транспортних систем. Робота аналізує приклади впровадження СППР у різних містах світу, зокрема в Портленді та Мюнхені, де технологічні рішення сприяли зменшенню заторів та покращенню якості транспортних послуг. Представлені перспективи використання великих даних, штучного інтелекту та прогнозувальних моделей у міському транспортному управлінні. У підсумку робота наголошує на необхідності адаптації транспортних систем до сучасних технологій задля підвищення ефективності, безпеки та сталого розвитку міської мобільності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: управління дорожнім рухом, міська мобільність, транспортні потоки, СППР, затори, транспортна інфраструктура, оптимізація транспортних потоків, міський транспорт, екологічні проблеми, інтелектуальні транспортні системи, прогнозування руху, автоматизовані системи управління, транспортне планування, аналіз дорожньої ситуації, фільтри калмана, ШІ у транспорті

ABSTRACT

Text part of the master's qualification work:

57 pages, 10 pictures, 5 table, 25 sources.

The purpose of the work is evaluation of the effectiveness of the implementation of decision support systems (DSS) in traffic management in the city of Uzhhorod from 2014 to 2017. The study is aimed at optimizing traffic flows in the urban environment and analyzing the potential use of intelligent technologies to improve the traffic situation.

Object of research is the process of managing traffic flows in large cities, in particular in Uzhhorod, using decision support systems

Subject of research – methods and means of optimizing urban traffic flows with the help of intelligent traffic management systems, in particular, decision support systems (DSS), their implementation, efficiency and possible implementation problems.

Summary of the work: The paper focuses on the problems of traffic management in large cities and the use of decision support systems (DSS) to optimize them. The study emphasizes the growth of urbanization and its negative impact on mobility, economy and environment, which requires new approaches to urban planning. The main emphasis is placed on the gap between traditional traffic management methods and modern IT solutions that can improve the efficiency of transportation systems. The paper analyzes examples of the implementation of the Sustainable Urban Mobility Plan in different cities around the world, including Portland and Munich, where technological solutions have helped to reduce congestion and improve the quality of transportation services. Prospects for the use of big data, artificial intelligence, and predictive models in urban transport management are presented. In conclusion, the paper emphasizes the need to adapt transport systems to modern technologies to improve efficiency, safety, and sustainable development of urban mobility.

KEYWORDS: traffic management, urban mobility, traffic flows, traffic flows, traffic congestion, transport infrastructure, traffic flow optimization, urban transport, environmental issues, intelligent transport systems, traffic forecasting, automated control systems, transport planning, traffic situation analysis, Kalman filters, AI in transport

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

**ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістра**

Направляється здобувач Шабас І. О. до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)
за спеціальністю 124 Системний аналіз
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Інтелектуальні системи управління
(назва)
на тему: «Системи підтримки прийняття рішень для управління транспортними потоками у великому місті»

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ

Катерина НЕСТЕРЕНКО

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Висновок керівника кваліфікаційної роботи

Здобувач Ілля ШАБАС провів ґрунтовний аналіз сучасних підходів до транспортного планування та організації руху у великих містах, розглянувши світові практики та можливості їх впровадження в локальних умовах. У роботі детально проаналізовано проблему заторів, перевантаженості дорожньої інфраструктури, екологічні та соціальні наслідки неефективного управління транспортними потоками. Запропоновано підходи до оптимізації дорожнього руху за допомогою інтелектуальних систем, що базуються на машинному навчанні, обробці великих даних та прогнозуванні транспортних потоків.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу здобувача Іллі ШАБАСА на оцінку «_____» та присвоїти йому кваліфікацію магістр з системного аналізу.

Керівник кваліфікаційної роботи _____

Ганна ЛИХОДЄЄВА

(підпис)

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«_____» ____20____року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач Шабас І. О. допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедру ІСТ

(назва)

(підпис)

Каміла СТОРЧАК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА
на кваліфікаційну роботу
на здобуття освітнього ступеня магістра

здобувача вищої освіти Шабас Ілля Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему «Системи підтримки прийняття рішень для управління транспортними потоками у великому місті»

Актуальність.

надзвичайно актуальною в контексті зростаючих викликів міської мобільності та управління транспортними потоками. Урбанізація спричиняє підвищений тиск на транспортну інфраструктуру міст, що призводить до зростання заторів, забруднення навколишнього середовища та соціально-економічних втрат. Особливо гостро ці проблеми стоять у великих містах, де традиційні методи управління дорожнім рухом стають малоефективними через складність і динамічність транспортних потоків.

Позитивні сторони.

1. Робота базується на емпіричних даних, зібраних шляхом глибоких інтерв'ю з транспортними менеджерами, що підвищує її достовірність.
2. Наведено приклади впровадження DSS у різних містах світу, таких як Портленд, Мюнхен, Нью-Йорк та інші, що надає практичний вимір роботи.
3. Охоплено не лише технічні аспекти управління дорожнім рухом, але й соціальні, економічні та екологічні фактори.

Недоліки.

1. Впровадження інтелектуальних транспортних систем потребує значних інвестицій, однак фінансові аспекти та окупність таких систем висвітлені поверхнево.
2. Запропоновані рішення можуть бути надто інноваційними для більшості міст, особливо з точки зору їхньої технологічної готовності та політичної підтримки.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної роботи магістерської

Висновок: *кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра заслуговує оцінку " _____ ", а здобувач Ілля ШАБАС заслуговує присвоєння кваліфікації магістр з системного аналізу*

Рецензент:

науковий ступінь, вчене звання

підпис

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ.....	13
1.1. Теорія транспортних потоків.....	15
РОЗДІЛ 2 ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ У ВЕЛИКИХ МІСТАХ	19
2.1. Затори на дорогах та їх вплив.....	20
2.2. Інфраструктурні обмеження	21
РОЗДІЛ 3. СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ (СППР) В УПРАВЛІННІ ДОРОЖНІМ РУХОМ.....	23
3.1. Визначення та компоненти УСБ.....	26
3.2. Роль та переваги DSS в управлінні дорожнім рухом	28
РОЗДІЛ 4. ЗАСТОСУВАННЯ DSS В УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ	31
4.1. Моніторинг та прогнозування трафіку в реальному часі.....	33
4.2. Успішні впровадження та отримані уроки	35
РОЗДІЛ 5. ЗБІР ТА ОБРОБКА ДАНИХ ДЛЯ DSS	37
5.1. Типи даних про трафік	39
5.2. Застосування Інтернету речей та великих даних	41
5.3. Машинне навчання та ШІ у прогнозуванні дорожнього руху	42
РОЗДІЛ 6. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІМІТАЦІЙНІ МЕТОДИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ	44
6.1. Агентне моделювання	45
РОЗДІЛ 7. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ (ITS) ТА ІНТЕГРАЦІЯ DSS	48
7. 1. Переваги та виклики.....	51
РОЗДІЛ 8. ПРАКТИЧНІ ПРИКЛАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ DSS У ВЕЛИКИХ МІСТАХ ...	54
7.1. New York City	55
РОЗДІЛ 8. МАЙБУТНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ІННОВАЦІЇ В УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ DSS	57
8.1. Застосування великих даних і машинного навчання.....	58
РОЗДІЛ 9. ЕТИЧНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ ДІЯЛЬНОСТІ ДПС З УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ.....	60
9.1. Питання конфіденційності та безпеки даних.....	61
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	67
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ(ПРЕЗЕНТАЦІЯ)	70

ВСТУП

У 2014 році трохи більше половини населення світу проживало в містах. За прогнозами, до 2050 року цей показник досягне 66%. Урбанізація приносить з собою все більше транспортних проблем, пов'язаних з масштабними дорожніми роботами або заторами, а також серйозні екологічні та соціальні проблеми. Управління міським дорожнім рухом включає в себе все більш різноманітний набір інструментів, в тому числі розробку сучасних систем підтримки прийняття рішень як для управління дорожнім рухом, так і для транспортного планування. Сучасна соціологія дорожнього руху та управління транспортом чітко вказує на те, що аутсайтери дорожнього руху та нетехнічно підготовлені політики, як правило, є аутсайдерами у світі ІТ. Їм часто не вистачає конкретних компетенцій для визначення відповідних критичних показників ефективності або конкретних даних про дорожній рух, не кажучи вже про логічну модель місцевого руху і транспортних проблем. Це основна гіпотеза цього есе. Ми стверджуємо, що розрив між більшістю міських політиків та розвитком ІТ збільшився.

Ми визначили низку потенційних перешкод для розвитку та використання таких систем у великих містах. На основі кількох тематичних досліджень та огляду літератури ми визначили соціальні, технічні, ІТ, пов'язані з даними та організаційні проблеми. Емпіричні дані, що підтримують наше дослідження, були зібрані шляхом глибинних інтерв'ю з транспортними менеджерами, відповідальними за процес розвитку міської мобільності. Це дозволило провести поглиблений аналіз дорожньої ситуації та системи управління дорожнім рухом. Крім того, міська політика прагне впроваджувати найбільш інноваційні функції міської мобільності, навіть якщо ці функції здаються занадто інноваційними і занадто хорошими, щоб бути правдою. Тому цікаво спрогнозувати ефективність інноваційних пропозицій міської політики та/або транспортних консультантів. Основна мета цього есе -

дослідити можливу ефективність, обіцянки та проблеми, пов'язані з відповідними системними пропозиціями.

Систематичне планування міської діяльності є одним з історично сформованих політичних, соціальних та приватних інтересів громадян. Це зумовлено потребою забезпечити міські території необхідною інфраструктурою та послугами, щоб прийняти зростаючу кількість мешканців і працівників та уможливити розвиток діяльності - промислової, комерційної та сервісної - у цих забудованих середовищах. З системної точки зору, оскільки ці види економічної діяльності залежать від таких факторів, як місце і сполучення, необхідно також забезпечити їхнє транспортування та доступ до пунктів надання послуг. Ефективні інфраструктурні системи не лише сприяють економічному зростанню міст через надання послуг, але й забезпечують кращу якість життя мешканців міст, оскільки вони можуть забезпечити доступність і мобільність, що гарантує більшу плавність міської діяльності. Наріжним каменем для полегшення транспортних перевезень і забезпечення кращої мобільності в містах є управління транспортними потоками. Розробка комплексної програми управління транспортними потоками є однією з ключових цілей і функцій планувальників міського транспорту для управління в'їздом і виїздом у забудоване середовище.

Історично міста обслуговувалися системами управління дорожнім рухом. Здебільшого ці програми управління дорожнім рухом можна охарактеризувати як статичні, оскільки їхні плани управління, як правило, регулярно друкуються і мають структуру, яку, як правило, важко адаптувати до мінливих умов дорожнього руху і транспортних систем. Такі фактори, як безпека дорожнього руху, забруднення повітря, аварійність, а також зовнішні ефекти вантажних перевезень, призвели до того, що транспортні органи зосередили увагу на більш ефективному управлінні транспортними потоками. Міські райони характеризуються високою щільністю населення і привертають велику кількість щоденних поїздок. Крім того, протягом останніх десятиліть зростання населення світу відбувалося переважно в містах, що загострює

проблему міської мобільності. Явище заторів, як тривалих, так і спорадичних, має такі недоліки, як втрата часу, емоційний стрес, економічні наслідки та скорочення економічної активності. Затори виникають у результаті використання транспортних потужностей міста, що перевищують можливості транспортної інфраструктури по їхньому поглинанню.

Зі збільшенням кількості транспортних засобів, ускладненням транспортних систем та їхнього впливу на міста важливо розробити відповідні методи та інструменти, які можна було б легко та ефективно використовувати. Рішення для управління транспортними потоками з використанням міських систем - це один із способів. У цих системах розумні міста потребують сталих технологій для постійного вдосконалення транспортних систем. З огляду на ці проблеми, системи підтримки прийняття рішень стали невід'ємною частиною міського планування і набувають значного розвитку у сфері транспорту і дорожнього руху, враховуючи сталий розвиток міських систем. Ці системи базуються на декількох продуктах, які використовуються для збору даних, відстеження та аналізу розвитку транспортних систем. Оскільки міста об'єднують безліч послуг всередині будівель, транспортне планування є важливим компонентом для всіх практиків, які допомагають функціонувати містам, поєднуючи технології та міське планування, що призводить до створення інтелектуальних міст, які покладаються на ці підходи. Всі ці розробки і стратегії можуть, в свою чергу, зменшити складність і вплив управління міським транспортом як у країнах, що розвиваються, так і в розвинених країнах. Виходячи з вищезазначеного вступу, сьогодні дуже важливо знайти відповідні науково-технічні рішення, які в світлі постійної еволюції дорожнього руху і транспортних систем спростять управління міським рухом у великих містах. Щоденні міські транспортні потоки в країнах, що розвиваються, сьогодні досягають вражаючих значень заторів, завдаючи значної шкоди навколишньому середовищу та дискомфорту кожному громадянину. Зокрема, великі міста страждають від величезних транспортних проблем, і правильне управління дорожнім рухом у них має першочергове

значення. Потрібні нові інструменти управління дорожнім рухом, спрямовані на забезпечення ефективності та безпеки міського транспорту. Система, запропонована в цій роботі, ґрунтується на засадах систем, які називаються системами підтримки прийняття рішень, що забезпечують збір даних, аналіз дорожньої ситуації за допомогою автоматичних прихованих марковських моделей і, можливо, простих нейромережевих нелінійних екстраполяційних прогнозів за допомогою фільтрів Калмана. Системи управління міським дорожнім рухом стикаються з низкою труднощів через передбачувану неочікуваність поведінки транспортних потоків. З цієї причини пропонуються системи управління дорожнім рухом на основі DSS. Крім того, управління дорожнім рухом, яке стикається з багатогранним середовищем, що пов'язує технологічний прогрес з діяльністю з управління дорожнім рухом, сприятиме підвищенню соціальної та економічної ефективності та створенню більш безпечного і комфортного міста. Однак, головними особливостями цих систем є простота у використанні, висока гнучкість завдяки множинним цілям, оптимізовані рішення відповідно до умов руху в реальному часі, жорстких обмежень і нерегулярних сценаріїв експлуатації.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ

За останні 50 років транспортні потоки в містах демонструють стрімке зростання. Щоб задовольнити зростаючий попит на мобільність, було збудовано нову та модернізовано транспортну інфраструктуру, таку як дороги, мости, тунелі, системи громадського транспорту та паркування. Колосальне збільшення кількості власників автомобілів, зумовлене, головним чином, економічними мотивами та потребою у вищому рівні життя, справило приголомшливий вплив на всі інші транспортні потоки мегаполісів, збільшивши частоту та інтенсивність заторів і, зрештою, додавши цілу низку інших викликів для фахівців-практиків у сфері дорожнього руху. У світлі цих швидкозмінних умов і появи різноманітних нових викликів місцеві органи влади в усьому світі протягом останніх двох десятиліть закликають зосередити частину своїх обмежених ресурсів на експериментах, розвитку і вдосконаленні заради всього, але особливо заради більш ефективного управління міськими транспортними потоками і інфраструктурою, що швидко розширюється.

Великі міста повинні ретельно підходити до різних взаємопов'язаних аспектів управління, що стосуються транспортних питань, оскільки вони можуть мати сильний вплив на деякі з основних складових міського середовища, таких як екологічна стійкість, громадська безпека, привабливість, якість життя та наявність робочих місць. Особлива роль управління міським транспортом полягає в тому, щоб мінімізувати вплив транспорту шляхом чіткого обчислення потоку попиту на транспортні послуги і, зокрема, для автомобільних доріг, обчислення та оцінки швидкості руху, часу в дорозі, вартості проїзду і, можливо, деяких інших показників комфорту для фактичних або потенційних користувачів, які зацікавлені в ефективних за часом засобах пересування. Дійсно, у випадках хронічних заторів розрахунки, як відомо, стають фактично упередженими як функція фактичного співвідношення попиту і пропозиції; на ступінь загальної насиченості однієї

проїзної частини, пов'язану з цим середню швидкість руху і ступінь локальних заторів впливають, в крайньому випадку, будь-які ймовірні зміни, зокрема, встановлення, з технологічної точки зору, вдосконалених систем управління дорожнім рухом. Насамкінець представлено систематичний огляд інших пов'язаних з цим питань управління. Як детально описано нижче, ця робота допускає травматичні наслідки для довгострокового потенціалу розвитку мегаполісу; у зв'язку з цим зроблено всебічний огляд вищезазначених/пов'язаних з ними питань управління міським рухом. Для вирішення всіх цих проблем існує можливість розробки передових систем підтримки прийняття рішень для управління дорожнім рухом; основна частина цієї роботи аналізує нові перспективи розвитку в цій галузі. Управління транспортними потоками в місті має ті ж самі базові принципи, що і на звичайній дорозі. На трафік на ділянці від ланки і до ланки j впливає трафік, який вже присутній на цій ділянці. Середня швидкість або наскрізні потоки на ділянках дороги повинні складатись на кожному перехресті вулично-дорожньої мережі. Середня швидкість наскрізного руху на високонавантаженій автомагістралі з необмеженим потоком на ділянці пропорційна щільності. Система рухається вільно, доки ефективний попит на вихідному вузлі перевищує пропускну здатність вхідних з'єднувальних ліній. Якщо ефективний попит стає меншим за пропускну спроможність, транспортні засоби в'їжджають в систему, відновлюючи таким чином вищу середню швидкість.

Транспортна система, як і міські системи, складається з мережі доріг, тісно пов'язаних з прилеглими територіями. Цей відносно незавантажений, без заторів і закритий стан можна взаємозамінно називати пріоритетом, швидкісним режимом, а також міською системою з маргінальним імпедансом, режимом середнього імпедансу і міською системою з великим імпедансом і режимом заторів. Фундаментальними для концепції управління транспортними потоками є такі терміни, як вхід системи або попит, вихід системи або пропускну спроможність, а також пропозиція системи або

транспортний потік. Саме взаємозв'язок між цими параметрами (попит, пропускна спроможність, транспортний потік) дозволяє прогнозувати поведінку транспортних потоків і, відповідно, управляти транспортними явищами. Логічно, що принципи динаміки руху і поведінки дорожньої системи повинні застосовуватися до всіх дорожніх систем незалежно від інституційних факторів, особливо в країнах, що розвиваються, де не існує жодних рекомендацій щодо планування і проектування відповідних систем, окрім проектування дорожнього покриття. Теорія транспортних потоків має застосування в різних галузях, таких як транспортне планування, експлуатація, проектування та інженерні аспекти дорожнього руху. Крім того, принципи теорії транспортних потоків також застосовуються до інших видів систем, таких як телефонні системи, системи передачі даних, електропостачання та водопостачання. Динаміка руху, безпека та їх взаємодія використовуються в аналізі інтелектуальних систем управління дорожнім рухом. Інші застосування лежать у площині систем, що дають поради.

1.1. Теорія транспортних потоків

Теорія транспортних потоків формує основу нашого розуміння реальної динаміки дорожнього руху. Літературні дискусії та модельні основи транспортного потоку з'явилися відносно пізно порівняно з іншими великими системами потоків. Теорію дорожнього руху можна розділити на два основні класи: а) абстрактні моделі, які прогнозують поведінку дорожнього руху на основі фундаментальної поведінки водіїв і транспортних засобів, і б) моделі, які синтезують дані користувачів для прогнозування продуктивності системи за допомогою емпіричних методів. Основними змінними в теорії транспортних потоків є швидкість, інтенсивність потоку і щільність транспортних засобів, а метою дорожньої інженерії є управління цими змінними для досягнення найкращої ефективності. Характеристики швидкості вільного потоку, пропускної здатності та максимального потоку - це

характеристики дороги, які описують, як змінюються ці параметри, якщо інший рух не має жодного впливу; ми називаємо ці впливові атрибути вільного руху «екранованими» параметрами. Для доріг на іншому кінці ці екрановані параметри співвідношення потоків не завжди можуть бути визначені за допомогою вимірювань притоку і відтоку, оскільки розподіл швидкості потоку між різними смугами руху і початок руху занадто близько до зони зустрічного роз'їзду з великою ймовірністю можуть впливати на них.

Теоретичні підходи до моделювання дорожнього руху також можна широко класифікувати як макроскопічні або мікроскопічні - макроскопічні моделі розглядають транспортний потік як єдине ціле без розмежування між окремими водіями; вони найчастіше записуються у вигляді диференціальних рівнянь у частинних похідних. Найпоширенішими видами макромоделей транспортних потоків є макромоделі потоку, що змінюється в часі, також відомі як моделі першого порядку, і більш загальний випадок, відомий як модель другого порядку. Мікроскопічні моделі, з іншого боку, моделюють рух окремих автомобілів, з яких шляхом усереднення знаходять відповідний потік. За філософськими розбіжностями в моделях дорожнього руху стоїть складна система рівнянь, що виникає в результаті складної взаємодії транспортних засобів і водіїв. На практиці складність моделі дорожнього руху часто вимагає спрощень. Проблема макроскопічних моделей полягає в тому, що в історичній перспективі вони здебільшого розглядалися як «спеціальні», тобто теоретичний аналіз нових моделей був пристосований до конкретного спостережуваного фізичного явища, і, як наслідок, важко прийняти апріорний підхід до функції потоку в макро-моделі TVFS і пов'язати його з реальними управлінськими фізичними діями. При великій щільності транспортних засобів і, отже, низьких швидкостях, фактична поведінка водія сильно відрізняється від його запланованої поведінки, часто через ефекти обмеження транспортного потоку, таким чином, вся глибина аналізу водіїв «вповзає» в час розбиття потоку. Обидва підходи можуть бути занадто спрощеними для практичного застосування, і ми бачимо, що практикам важко зрозуміти, як

безпосередньо пов'язати економію часу в дорозі з будь-яким з них як показник. Це переконливо свідчить про те, що підхід мікро-моделі є фундаментально необхідним для серйозного використання моделі в управлінні транспортними потоками та інвестиціях в інфраструктуру. Більш конкретно, основним недоліком структури моделювання є нездатність будь-якої такої формули дозволити моделювання невизначеності та кількісну оцінку майбутнього стану дорожнього руху. Тим не менш, мікро-моделі часто можуть бути занадто вимогливими до обчислювальних ресурсів для аналізу всієї мережі.

В існуючій літературі є декілька робіт та статей, в яких розглядаються принципи управління дорожнім рухом та його методи. Визначено основні напрямки діяльності, в яких представлено соціальні вигоди від впровадження систем управління дорожнім рухом, розкрито основні структурні елементи існуючих систем управління дорожнім рухом. Метою даного дослідження є оцінка ефективності впровадження систем підтримки прийняття рішень в Ужгороді з 2014 по 2017 роки шляхом оптимізації транспортних потоків в агломераційному місті. Великі урбанізовані середовища стикаються з необхідністю встановлення вискоефективної системи управління дорожнім рухом, яка повинна бути прозорою, зрозумілою та зрозумілою для всіх учасників міської мобільності. Потенціал функціонування такої системи був представлений доповідачем, який на прикладі іспанського міста-агломерації, агломерації Валенсії, окреслив використання систем управління дорожнім рухом, в яких встановлені та функціонують інтелектуальні компоненти для автоматичного аналізу, адаптації та прийняття рішень.

Існує кілька великих систем автоматизованого управління дорожнім рухом, таких як Siemens Sitraffic Office, Swarco Mizar і ViWa. Крім великих систем, є кілька надійних невеликих систем, але помітна тенденція до зменшення комерційних і безліцензійних систем управління дорожнім рухом, що використовують методи штучного інтелекту. Для розробки стратегії міської мобільності особливо важливо дослідити роботу існуючої системи управління дорожнім рухом в Ужгороді, оцінити її сильні та слабкі сторони, а

також ступінь готовності інфраструктури міста до впровадження систем підтримки прийняття рішень на основі інтелектуальних технологій та систем. Нарешті, ще однією метою цієї частини є розкриття прикладів і тематичних досліджень міст, які використовують системи підтримки прийняття рішень в управлінні транспортом, і винесення уроків з їхнього досвіду для потреб управління транспортом в Ужгороді.

РОЗДІЛ 2 ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ У ВЕЛИКИХ МІСТАХ

Світові мегаполіси стикаються з численними проблемами в управлінні транспортним потоком, який вони генерують. Найважливішою проблемою є затори, які негативно впливають на мобільність та якість життя у великих містах. Затори мають кілька негативних наслідків, серед яких найбільш значущими є наступні: економічні втрати, спричинені збільшенням часу в дорозі та збільшенням споживання палива через затори; забруднення навколишнього середовища; збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод; підвищення рівня шуму; занепокоєння щодо погіршення стану довкілля; соціальне невдоволення. Теоретично ці проблеми можна вирішити шляхом створення нової транспортної інфраструктури, заохочення використання громадського транспорту, сприяння розвитку немоторизованого транспорту та розробки політичних заходів, що перешкоджають використанню приватних автомобілів. Більшість міст світового класу вже включили ці засоби до своїх офіційних програм у більш-менш усталений спосіб.

Скорочення транспортних потоків у раніше перенасичених центральних частинах міста та зростання демографічного тиску на ці райони, що почалося в середині 20-го століття, провокує розширення меж міста для різних видів діяльності, які виводяться за межі так званого комерційного сектору, тобто за межі агломерації. Розширення міста підвищує мобільність мешканців, але також породжує попит на низку приміських видів діяльності, які природно поєднуються з рухом у різних напрямках, у тому числі до центру міста з навколишніх комерційних районів, таких як шопінг, торгівля продуктами харчування, розваги, пропозиція дрібних послуг, деякі види розвитку виробництва, обслуговування, управлінські завдання тощо. Такі зміни відбуваються паралельно з архітектурним і технічним розвитком автотранспорту, що сприяє спокусі концепції автомобіля для все більшої

кількості громадян, які вважають автомобіль природним засобом пересування. Така ситуація призводить до того, що транспортний рух у більшості міст є недостатньо ефективним через зростаючу перевантаженість дорожньої мережі на рівні міста та під'їздів до міста. Дорожню мережу також зазвичай визначають як критично перевантажену, що не відповідає прийнятному рівню послуг. За відсутності радикальних рішень або втручань, які можуть її збагатити, мережа неминуче стане неефективною. Зменшення перевантаженості мережі залишається критично важливою метою політики управління дорожнім рухом у сучасних містах, що відображає природні запити щодо радикальних втручань. Всі ці фактори, пов'язані з сучасним дорожнім рухом, створюють додатковий тиск на вже розвинену і надмірно критиковану міську мережу організації та управління дорожнім рухом. Можна помітити, що методи, пов'язані зі світлофорами, рейками та синіми смугами, є застарілими і не здатні задовольнити потреби розвиненого міського та приміського суспільства. Отже, виникають запити на нові рішення, що включають інші категорії інфраструктури та організації потоків.

2.1. Затори на дорогах та їх вплив

Затори на дорогах є поширеною проблемою в більшості міських агломерацій по всьому світу. Термін «затор» широко використовується для опису ситуації, коли потоки учасників дорожнього руху заблоковані або ускладнені великою кількістю учасників руху. Наслідки заторів зазвичай можна зрозуміти і описати за допомогою параметрів, які легко піддаються кількісній оцінці. Затори виникають через постійне збільшення кількості автомобілів, які потребують підтримки мобільності, порівняно зі зростанням пропускної спроможності доріг. Характеристики гігантського міста, де з'являється все більше транспортних засобів для поїздок у певні райони, але з фіксованою інфраструктурною підтримкою, зазвичай призводять до зростання кількості основних вузьких місць, де в робочі дні у пікові періоди

утворюються довгі автомобільні черги. Кілька черг транспортних засобів, що рухаються, іноді можуть перетворитися на одну або дві надзвичайно довгі черги, які можуть заблокувати рух майже на всіх ділянках дорожньої мережі, що зазнають впливу.

Різні типи та класи заторів можуть бути визначені з різних аспектів і розглянуті з різних точок зору. Вторинний вплив заторів на дорожню інфраструктуру є непрямим. Деякі з негативних наслідків - це втрата часу в дорозі, більші витрати пального, підвищене забруднення повітря та особистий стрес для учасників дорожнього руху. Економічні оцінки показують, що високі рівні заторів можуть призвести до більших втрат часу на використання транспортних засобів. Ці втрати користувачів призведуть до зниження їхньої продуктивності. Бізнес-спільнота або організації, що наймають на роботу постраждалих мандрівників, відчують зниження прибутковості через таку статистичну кореляцію. Великі сполучені міські комплекси також можуть зазнати значних втрат, коли блокування руху відбувається на більшій частині ураженої ділянки мережі доріг на невеликий проміжок часу. Законодавцям і дорожнім службам рекомендується оцінити вищезазначені різноманітні наслідки проблем заторів у метрополітенах, щоб розглядати їх як нагальні питання, що потребують вирішення. Крім того, слід продовжити глибокі дослідження, щоб визначити, які саме технології можуть допомогти вирішити ситуацію на основі об'єктивних даних про час у дорозі та втрати від заторів на всій ділянці дороги, якою поширюється затор.

2.2. Інфраструктурні обмеження

Деякі проблеми в окремих формах слід розглядати в ширшому контексті структурних або стратегічних недоліків. Поточне будівництво та модернізація інфраструктури, особливо міської дорожньої мережі, не встигають за накопиченими проблемами, і це, в першу чергу, пов'язано з низьким рівнем фінансування. Дорожня мережа та системи сигналізації є застарілими, а

невелика територія не відповідає потребам сучасного розподілу видів транспорту, головним чином громадського. Інші недоліки міської транспортної системи можна віднести до усталеної практики планування доріг міста, особливо тієї частини, що орієнтована на центр міста, яка походить від римської, а згодом регульованої та адаптованої мережі.

Однак, транспортні вимоги до міста та окремих міських районів вже змінилися на користь адаптивних «індивідуальних» видів транспорту. Фізична структура є похідною на кількох рівнях від попереднього часу, що спричиняє затори активності - сконцентровані навколо функціонального центру міста без об'їзних альтернатив, часто односторонні, без рельєфних ділянок, де «проблеми» переносяться в інші місця, впливаючи на всю функціональну систему. Таке планування інфраструктури ставить під загрозу безпеку всіх користувачів. Старі системи демонструють операційну неефективність при виконанні оперативної діяльності, а старі структури збільшують відстань між реальністю та існуючою стратегією. Однак цей рівень системи, завдяки відповідній ІТ-інфраструктурі, вже в змозі застосовувати нові стратегії управління, тоді як традиційна планувальна структура міста не враховує таких стратегій. Практика показує, що локальна модернізація системи не є задовільною, оскільки відсутня глобальна координація системи. Таким чином, відповідні дії повинні бути спрямовані як на зміну окремих форм, так і на реорганізацію системи в цілому, враховуючи і використовуючи можливості, які пропонують технології. Іншими словами, потрібен рамковий план на рівні і з прогнозом на майбутнє, що дорівнює або перевищує рівень предметної системи.

РОЗДІЛ 3. СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ (СППР) В УПРАВЛІННІ ДОРОЖНІМ РУХОМ

Основна мета міста - забезпечити безпечний, зручний, безперебійний, швидкий, екологічно та соціально прийнятний рух для громадян. Тому управління дорожнім рухом в інженерії міського транспорту покладається на досягнення бажаного рівня завантаженості міста, забезпечення безперебійного транспортного потоку, швидкого усунення перебоїв та підвищення рівня обслуговування. Для цього потрібні системи підтримки прийняття рішень. Якби технологія не могла цього забезпечити, виникла б проблема в результаті збоїв у роботі. Отже, визначення системи підтримки прийняття рішень - це «інтелектуальна сукупність комп'ютерних програм і системних компонентів, призначених для підтримки рішень, що приймаються особами, відповідальними за вирішення проблем на всіх рівнях організації». Можна сказати, що ці системи є інформаційно-орієнтованими.

Вони об'єднують інформацію, яка б підтримувала прийняття рішень, аналіз, який би не лише представляв інформацію для використання в процесі прийняття рішень, але й допомагав людині зрозуміти, про що ця інформація їй говорить. Мета цих систем - допомогти особі, яка приймає рішення. Основними компонентами існуючих систем підтримки прийняття рішень є бази даних, сховища даних, експертні системи, нейронні мережі, геоінформаційні системи, обчислювальні комп'ютерні системи, комбінації цих передових систем та інші. Для інтегрованих систем підтримки прийняття рішень, як правило, перевага надається інтеграції аналізу в базі даних та експертної системи в сховищі даних для отримання результатів на основі бази даних в режимі реального часу. В управлінні міським транспортом системи підтримки прийняття рішень стають все більш важливими та ефективними інструментами зі зростанням цінності інформації в різних типах транспортних систем. Швидкий розвиток мобільних і комп'ютерних технологій впливає на ці зміни. Системи підтримки прийняття рішень, як правило, включають в себе

моделювання, аналіз, імітацію та дані з вказівниками на дані. Іншими словами, вони працюють в середовищі, яке в найпростішій формі можна назвати «новими науковими парадигмами». У цих нових парадигмах прийняття рішень підтримується інтегрованими системами, що впливають на процес прийняття рішень. Це включає в себе процес прийняття рішень людьми, які хочуть вирішити проблему, і має на меті прискорити цей процес, використовуючи переваги пошуку інформації та механізмів, доступних в сучасних органах влади. Вона надає людям практику. Системи підтримки прийняття рішень для транспортних потоків великих міст працюють з різними цілями. Особливо, коли вони використовуються в режимі реального часу, вони мають можливість оцінювати дуже великі транспортні потоки. У таких видах міського руху необхідно зменшити кількість дорожніх перехресть, які працюють на рівні або вище пропускної здатності за рішеннями, прийнятими особами, що приймають рішення, а проекти систем надаються аналітику, який реорганізує роботу системних планувальників. Методи, для яких стратегія, як правило, не використовується, наприклад, створення позашляхового маршруту для транспортних засобів у міському русі. У випадку міського, позаміського, міжміського, повітряного та морського руху очікується велика тривалість у великому системному аналізі та програмному забезпеченні для експлуатації та оперативного керівництва. Системи, що діють в режимі реального часу, мають великі переваги для дорожнього руху. При цьому, щоб відповісти хоча б на одну команду від десятків диспетчерів, особи, які приймають рішення, мають право за короткий час оцінити отримані повідомлення і передати цю оцінену відповідь іншому диспетчеру. Крім того, управління містами або зміна трафіку до існуючої інфраструктури та цілей може бути використана з певними обмеженнями для оцінки окремих систем і може запропонувати рішення.

Сучасні транспортні системи є дуже складними великомасштабними кібер-фізичними системами. Системи підтримки прийняття рішень, які використовують різноманітну великомасштабну та багатоджерельну

інформацію про дорожній рух та аналітику, є важливими для управління дорожнім рухом у великих містах. Система підтримки прийняття рішень може складатися з багатьох компонентів, включаючи управління даними, аналітику на основі даних, аналітику на основі моделей і оперативне/напівоперативне прогнозування. Аналітика на основі даних використовує великомасштабні багатовимірні дані придорожного і міжцентрового спостереження для підтримки надійних оперативних рішень в режимі реального часу, навіть в умовах падіння датчиків, аварій, відключень, проблем з підключенням до мережі або атак на безпеку. Інтерфейси прийняття рішень і користувача можуть надавати рекомендації, поради або виявляти проблеми для міських диспетчерів у різних географічних і проблемних областях.

Описане дослідження розглядає способи підтримки висококласної аналітики та прийняття рішень при вирішенні проблем транспортних потоків у великих містах. Навчальна аналітика дає можливість зрозуміти і вдосконалити поведінку учасників дорожнього руху, часовий графік і системи управління дорожнім рухом. Таким чином, управління дорожнім рухом стає більш ефективним, призводить до кращого прийняття рішень і призводить до кращого реагування на великі дані в реальному часі для міських транспортних потоків. Використання систем підтримки прийняття рішень в управлінні дорожнім рухом дає такі переваги, як можливість скористатися перевагами традиційних детальних моделей дорожнього руху для мікропотоків. Однак, нові системи підтримки прийняття рішень меншого масштабу, які використовують синергію між великою кількістю розрізнених джерел ситуаційних даних - даних про дорожній рух, погоду, соціальні дані тощо - все частіше використовуються на рівні планування транспортних потоків на рівні міста. У загальноміських транспортних потоках окремі учасники руху в сукупності не є об'єктом уваги на етапі планування. Скоріше, в центрі уваги перебуває рух мережі транспортних засобів під час повторюваних і надзвичайних подій. Завдяки поєднанню різних джерел даних і нових систем підтримки прийняття рішень можна вирішувати такі масштабні проблеми.

Нові показники ефективності та індекси для великомасштабних кібер-фізичних систем можуть надати значну інформацію для міського планування, а також допомогти диспетчерам покращити повсякденну роботу. Система підтримки прийняття рішень може використовувати обчислювальні інструменти для об'єднання різних наборів даних і систем підтримки прийняття рішень, щоб забезпечити необхідну загальну картину. Вони також дозволяють диспетчерам максимально координувати дії різних зацікавлених сторін, щоб реалізувати альтернативні або негайні шляхи полегшення руху транспорту і пасажирів.

3.1. Визначення та компоненти УСБ

Система підтримки прийняття рішень (СППР) - це інтерактивна комп'ютерна система, яка надає актуальні та достовірні дані та інформацію для розширення можливостей прийняття рішень окремими особами або групами. У сфері управління дорожнім рухом СППР повинна бути здатна не тільки швидко збирати і обробляти великі обсяги даних з різних джерел, але й включати в себе ряд різних моделей, які оперують цими даними і надають короткострокові і довгострокові оцінки дорожнього руху і потоку в даному регіоні. СППР повинна представляти цю інформацію користувачеві так, щоб він міг швидко і ефективно обробити цю інформацію і прийняти рішення. Компоненти системи підтримки прийняття рішень складаються з обробки даних, управління моделлю та інтерфейсу користувача. Обробка даних зазвичай виконується першою і часто може повторно використовуватися різними моделями. Управління моделями та користувацькі інтерфейси часто змінюються рідше, і легше вносити невеликі зміни в користувацький інтерфейс, щоб він міг підтримувати ті ж самі рівні управління моделями та обробки даних. Це свідчить про те, що найкраще проектувати систему, починаючи знизу і просуваючись до інтерфейсу.

В основі DSS, і це є першочерговим завданням у цьому проекті, лежить інтеграція даних. Весь дизайн DSS має на меті забезпечити найкращий можливий доступ до широкого спектру даних з різних джерел, які можуть бути використані особами, що приймають рішення, в режимі реального часу або, можливо, посмертно для цілей планування. Ця інтеграція є послугою на вимогу і повинна бути здатна обробляти багато запитів на дані з мінімальною затримкою в інтуїтивно зрозумілий спосіб. Дизайн системи повинен бути байдужим до користувачів і взаємодії, легко масштабуватися за допомогою сервісу найкращої доступності. Замість того, щоб бути вузькоспеціалізованим варіантом використання або, навпаки, широким і простим сервісом доставки даних, інструмент підтримки прийняття рішень знаходиться десь посередині, вимагаючи великої роботи, щоб охопити багато кінцевих користувачів у міському середовищі, кожен з яких має різні потреби. Різні розроблені інструменти надають інформацію різним користувачам з дуже різними навичками, наприклад, деякі з них потребують підходу, орієнтованого на корисність. Загалом, різні підходи до прийняття рішень залишаються візуально спільними в підходах до якості інформації з DSS.

Оскільки дані про дорожній рух постійно змінюються, надзвичайно важливо, щоб системи підтримки прийняття рішень для управління дорожнім рухом могли швидко адаптуватися до поточних умов. У цих випадках такі системи називаються гнучкими системами підтримки прийняття рішень, або гнучкими СППР. Гнучкі СППР мають здатність адаптуватися до активних користувачів системи та їхніх цілей. Крім того, часто потрібне постійне вдосконалення для покращення якості результатів і реагування на зміну ресурсів. Користувачі можуть надавати більш попередній опис стратегії при використанні DSS. DSS враховує управлінські погляди, що мають відношення до питань розробки політики, які розглядаються. Задані користувачем значення можуть визначати формальну управлінську точку зору, яка, в свою чергу, керує процесом моделювання.

3.2. Роль та переваги DSS в управлінні дорожнім рухом

Систему підтримки прийняття рішень (СППР) можна визначити як додаток, який надає користувачеві найкраще з кількох можливих рішень щодо організації дорожнього руху відповідно до певних критеріїв, оцінок або цілей. Враховуючи, що основним компонентом управління транспортними потоками є числове відправлення пасажирів або час, необхідний для подорожі з певного пункту відправлення до певного пункту призначення, система підтримки прийняття рішень - це математична модель, яка надає дані про поїздки за допомогою алгоритмів оптимізації або індуктивно з репозиторію зібраних даних. Як ми побачимо далі, система підтримки прийняття рішень для управління транспортними потоками є складною і складається з декількох компонентів. Перший компонент - це підсистема збору даних, набір датчиків та інших системних пристроїв, які вимірюють трафік та пов'язані з ним явища реального світу. Отримані дані надсилаються на комп'ютери для обробки підсистемою обробки, яка складається з систем збору даних та обробки трафіку. Другий компонент - це підсистема бази знань, яка прогнозує майбутню кількість пішоходів і транспортних засобів на інфраструктурній мережі, де будуть застосовуватися наші рішення, а також уподобання і політику операторів та інші екзогенні фактори, які можуть вплинути на поведінку пішоходів і транспортних засобів та пов'язані з ними експлуатаційні результати. Третій компонент - це підсистема на основі оптимізаційних моделей. Систему обробки даних про дорожній рух також називають підсистемою правил, заснованих на знаннях, або частиною самої підсистеми обробки. Вона базується на моделях і правилах, витягнутих з різних джерел даних - перш за все, з історичних даних про трафік, а також з імітованих даних або даних в реальному часі. Щоб зберегти адаптивність до змін і зв'язати проблеми з даними в модель, система підтримки прийняття рішень, яка працює, може також використовувати правила, засновані на знаннях, вбудовані в експертні системи. Інформація перетворюється на знання

експертом, який додає правила, засновані на знаннях, до комп'ютерної експертної системи. Останній компонент - це підсистема інтерфейсу користувача, що представляє собою кілька інтерфейсів для кількох користувачів, яким можуть знадобитися різні погляди на одну й ту саму систему або дані. Інтерфейси повинні бути зручними для користувача.

Представлено системи підтримки прийняття рішень (СППР), здатні надати цінну підтримку органам державної влади, що управляють транспортними системами. Особлива увага приділяється транспорту з використанням малих і середніх транспортних засобів, але СППР часто не обмежуються цією конкретною категорією користувачів. Мало уваги приділяється підтримці прийняття рішень для управління вантажними перевезеннями; відповідні проблеми, як правило, є більш складними. DSS збирають дані з різних джерел, структурують їх, досліджують тенденції і на основі цього пропонують невелику кількість планів перевезень, які відповідають критеріям, визначеним користувачами або політикою. Хоча управління дорожнім рухом та операційна ефективність перевезень є лише одним з можливих критеріїв відбору, саме йому приділяється основна увага в цьому розділі. DSS може надавати підтримку в управлінні повсякденною діяльністю наступними способами. Також згадуються СППР, які ранжують маршрути на основі вихідних даних, що менш схильні до щоденної мінливості.

Прогнозування руху за різними альтернативними варіантами, доступними користувачеві, є корисним як для громадськості, так і для учасників дорожнього руху. Якщо є альтернативні маршрути, то такі пропозиції з підтримки прийняття рішень мають сенс, хоча той факт, що транспортні органи також повинні пропонувати цей вибір громадянам, часто сприймається як обурливий. Знання того, що така підтримка може бути запропонована, як правило, робить проактивне управління дорожнім рухом в умовах інцидентів дуже важливим. Що стосується безпеки, то органи управління дорожнім рухом традиційно роблять мало і переважно реактивні дії, в основному обмежуючись встановленням знаків та наданням інформації.

Чи можна вживати неінформаційні заходи, буде залежати від того, чи зможуть вони підвищити безпеку більше, ніж зменшити затори. Якщо служба підтримки прийняття рішень може скеровувати рух в об'їзд небезпечних ділянок, включаючи місця інцидентів, то безпека може бути значно підвищена.

РОЗДІЛ 4. ЗАСТОСУВАННЯ DSS В УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ

DSS для управління міськими транспортними потоками, як високоефективний засіб управління міським громадським транспортом, став одним з найбільш актуальних напрямків передових досліджень. Технологія DSS для управління транспортними потоками оснащена інтелектуальною обробкою статичних даних в режимі реального часу і динамічних даних або просторово-часових даних транспортного потоку в певному регіоні. Дослідження DSS для управління міськими транспортними потоками приваблюють все більше науковців, а зміст досліджень зазвичай включає інтелектуальний аналіз, прогнозування транспортних потоків, оптимізацію керування дорожнім рухом, аналіз даних GPS-потоків та моніторинг дорожнього руху, за допомогою яких можна реалізувати синтез управління транспортними потоками в реальному часі в місті. Крім того, DSS може бути застосована в таких сферах, як дорожній рух, громадський транспорт, порятунк при стихійних лихах, схеми блокового прискорення, оптимізація легкових автомобілів, динамічний розподіл руху, моніторинг дорожнього руху і т.д.

Ці застосування можна звести до п'яти аспектів. По-перше, DSS може здійснювати прогнозування транспортних потоків. По-друге, DSS може реалізувати повне керування транспортними потоками. По-третє, система може здійснювати планування та управління громадським транспортом. По-четверте, система може здійснювати моніторинг та управління роботою міської транспортної системи. Нарешті, система може бути використана для планування та управління міським транспортом, щоб досягти гармонійного співіснування людських і міських правил дорожнього руху. Результатом застосування системи є те, що місто, підтримуючи заявку на участь у Всесвітній виставці та зборах молоді, забезпечило безперебійний рух транспорту в місті, а деякі з результатів стали основою для прийняття рішень.

З розвитком комп'ютерних та інформаційних технологій з'являється все більше і більше систем управління містом, таких як суміжна система підтримки прийняття рішень щодо організації дорожнього руху, головна система та міська дорожня мережа з регіональною ієрархічною системою управління та контролю за дорожнім рухом. DSS міської дорожньої мережі не тільки містить вищезгадані функції, але також використовується для моніторингу стану міської дорожньої мережі в режимі реального часу, що дозволяє адміністраторам швидко створювати прогнози щодо пікових навантажень на міські транспортні потоки.

Портленд, штат Орегон, США

Транспортне бюро Портленда провело дослідження, щоб зменшити надмірний рух на автомагістралях, який призводить до збільшення руху місцевими артеріями через автомобілістів, які намагаються об'їхати перевантажений рух на автомагістралях. Така поведінка сприяє збільшенню заторів на магістральних дорогах. DSS виявляє і прогнозує наслідки інцидентів і поведінку водіїв, які змінюють маршрут через ці інциденти. Крім того, для прогнозування наслідків була розроблена модель дорожнього руху. DSS отримує дані від транспортної системи кожні 20 секунд та автобусів, обладнаних GPS, які надають інформацію про дорожній рух в режимі реального часу. DSS покращує як управління та експлуатацію сигналізованих наземних вулиць, так і експлуатаційне обладнання транспортної системи, що досліджується. Система DSS сприяла зменшенню заторів і перенаправлення руху, спричинених інцидентами на автомагістралі. Система розробляється для забезпечення ймовірного прогнозування майбутніх станів на основі сценаріїв «що, якщо». Ці сценарії припускають, що технічні можливості можуть забезпечити певний час для ліквідації наслідків аварій, а отже, користувач може вибрати варіанти щодо ймовірності настання тієї чи іншої події.

Мюнхен, Німеччина

Мюнхен, разом з іншими партнерськими громадами в регіоні, стикається з величезними проблемами в управлінні дорожнім рухом. Концепція DSS в Мюнхені полягає в моніторингу та контролі дорожньої ситуації в центрі Мюнхена, а також у зборі та обміні необхідною інформацією між різними видами діяльності та органами влади для підтримання потоку інформації. Для забезпечення оптимізації транспортної ситуації було створено ситуаційний центр. Проект був дуже успішним завдяки розробці та встановленню динамічної системи управління дорожнім рухом та ВАЗу. Центральна система управління була розширена, щоб забезпечити систему підтримки прийняття рішень. Однак тодішні чиновники вважали, що інформаційні послуги в інтелектуальних транспортних системах повинні бути розділені з комерційним сектором. Проект створив бізнес-моделі для приватних компаній, зацікавлених в інформації про дорожній рух. Оцінка DSS не була проведена і не була надана у вільний доступ.

4.1. Моніторинг та прогнозування трафіку в реальному часі

Моніторинг дорожнього руху в режимі реального часу та точне прогнозування руху в реальному часі необхідні для того, щоб оперативно виявляти затори, регулювати умови руху та мінімізувати їхні наслідки. Таку динамічну інформацію неможливо отримати лише за допомогою ручних спостерігачів за дорожнім рухом. Сучасне управління дорожнім рухом та міською мобільністю ґрунтується на моніторингу трафіку в режимі реального часу, який часто здійснюється за допомогою широкомасштабного розгортання камер, датчиків та GPS-даних. Особлива увага приділяється передовим системам збору даних про дорожній рух, таким як додатки для мобільних телефонів, які базуються на опортуністичному зондуванні. У такий спосіб у режимі реального часу збираються дані від учасників дорожнього руху як потенційні додаткові дані для служби управління дорожнім рухом. Таке спостереження за умовами дорожнього руху в режимі реального часу

необхідне для підтримки процесу прийняття рішень. Ця підтримка рішень для управління дорожнім рухом забезпечується різними інструментами та системами підтримки прийняття рішень, як правило, у вигляді інформаційних панелей. Ці інформаційні панелі підштовхують операторів дорожнього руху до відповідних практичних рішень, що безпосередньо підвищує ефективність транспортних потоків. Ці панелі, як правило, показують активізацію руху на різних ділянках доріг, динаміку руху та прогнози руху в реальному часі. На додаток до інструментів моніторингу в реальному часі, існує безліч офлайн-методів прогнозування трафіку на основі даних.

Історично склалося так, що традиційні методи використовують емпіричні дані або аналітичні методи для опису динаміки транспортних потоків. Зовсім недавно з'явилося кілька моделей, заснованих на машинному навчанні, які мають на меті розробити прогнози транспортних потоків на основі даних. Ці методи машинного навчання, як правило, спираються на зважену комбінацію історичних даних: великих і відкритих даних, варіюючи їх за допомогою статистичних, програмних або апаратних методів. На відміну від традиційних онлайн-систем, таких як системи керування дорожнім рухом, де події повинні придушуватися, що призводить до певної затримки, інструменти моніторингу в реальному часі, що забезпечують прогнозування дорожнього руху, повинні працювати в режимі прогнозування майбутніх подій. Щоб досягти такого наближення до майбутніх вимог, використовуються найновіші дані, як правило, у вже доступному короткостроковому просторово-часовому рухомому вікні. Ці останні дані стають теперішнім часом для систем, які прогнозують найближче майбутнє. Один з наборів даних, що використовується для прогнозування в реальному часі, може стосуватися історії трафіку або офлайн-даних. Вони інтегровані, щоб поглинати всі відповідні та можливі сценарії руху для кращого прогнозування близького минулого та найближчого майбутнього. Таким чином, автономна історія використовується не тільки для підтримки рішень щодо дорожнього руху в реальному часі, але й для поєднання з даними в

реальному часі в короткостроковому або середньостроковому періодах. Вона також надає корисні дані для дослідження дорожнього руху.

Наразі багато міст розгорнули такі системи моніторингу, прогнозування та майбутніх рішень у реальному часі. На основі цих інструментів можна визначити відповідні та своєчасні заходи для покращення якості життя, зменшення заторів на дорогах або скорочення викидів від транспорту. Моніторинг стану дорожнього руху може показати вузькі місця на дорогах і стати точкою відліку для більш ефективного, передбачуваного руху транспорту з боку джерела та/або призначення в місті. Прогнозування дорожнього руху в режимі офлайн особливо допоможе спрогнозувати майбутню дорожню ситуацію і надасть місту уявлення про те, якою буде поведінка дорожнього руху протягом тижня, в тому числі в години пік міського руху. Статичні рішення, а також інструменти прогнозування і планування повинні ефективно відповідати цим даним. Як частина офлайн-рішень і рішень у реальному часі, методи можуть працювати з історичними даними, а з керованими даними та інноваціями - з тенденціями і сценаріями. Виклики систем підтримки прийняття рішень з управління дорожнім рухом в основному полягають у системній інтеграції та різній якості потоків даних про дорожній рух.

4.2. Успішні впровадження та отримані уроки

Існує кілька прикладів успішного впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР) у великих містах. DSS була прийнята при розробці систем управління транспортом у Нью-Йорку. У місті Б'єлла, Італія, була розроблена система управління дорожнім рухом в режимі реального часу. В даний час розглядається можливість її впровадження для жителів району затоки Сан-Франциско для моделювання в реальному часі. У Гетеборзі, Швеція, було реалізовано проект, а зовсім нещодавно завершилася розробка системи прогнозування дорожнього руху в реальному часі і маршрутизації для

Дортмунда, Німеччина, під час якої було використано уроки, отримані з існуючих впроваджень, з використанням так званої системи підтримки прийняття рішень за участю громадськості (PDSS). У цьому процесі кілька зацікавлених сторін були залучені до серії семінарів, які завершилися розробкою плану рекомендацій щодо вдосконалення управління транспортними потоками в режимі реального часу. Один із загальних висновків цих тематичних досліджень полягає в тому, що основна увага в DSS приділяється інтеграції результатів роботи різних систем. Інший урок полягає в тому, що може виникнути потреба в ширшій мережі підтримки прийняття рішень і що, як правило, рішення DSS повинні підтримуватися низкою інших систем, розвиток яких повинен йти пліч-о-пліч з розвитком DSS. Успішне впровадження DSS завжди вимагає залучення всіх зацікавлених сторін, не тільки розробників або постачальників системи DSS, але й користувачів, тобто, диспетчерів дорожнього руху, щоб спрямувати розвиток таких систем у правильному напрямку. Дизайн системи DSS має бути гнучким і адаптивним, і він має бути визначений з точки зору постійного вдосконалення, що вимагає проведення низки заходів на етапах підготовки, впровадження та подальшого моніторингу.

РОЗДІЛ 5. ЗБІР ТА ОБРОБКА ДАНИХ ДЛЯ DSS

Системи інформаційної підтримки управління дорожнім рухом складаються з різних технологій, таких як збір даних, обробка даних, передача даних, аналіз даних, а також застосування даних, управління та прийняття рішень. У зв'язку з фізичними процесами, що розглядаються, це дослідження пов'язане з етапами збору та обробки даних, які є попередніми етапами розробки системи. Наприклад, характеристики транспортних засобів - тип, виробник, поточне навантаження, місткість і т.д., фактори навколишнього середовища - температура, дощ, сніг, вітер і т.д., а також демографічні фактори - рівень зайнятості та ділової активності в певних районах міста в кожен день тижня - повинні розглядатися в сукупності для ефективного управління дорожнім рухом в цілому, а не в розрізі парковок для певних видів діяльності або потоків транспортних засобів. Такі питання, як (i) обсяг парків і кількість транспортних засобів, що в'їжджають і виїжджають з них, (ii) кількість перехресть, що зазнають впливу, і (iii) затримки на перехрестях, дозволять розробити модель транспортного навантаження для всього міста.

Сьогодні існує багато технологій, які можна використовувати для збору та обробки даних, пов'язаних з дорожнім рухом, використовуючи методи і технології Індустрії 4.0. Пристрої Інтернету речей використовують різноманітні технології відстеження транспортних засобів, включаючи LIDAR, радар та візуалізацію на основі штучного інтелекту. Для визначення швидкості, прискорення і навіть завантаження транспортного засобу з відеоматеріалів було розроблено програмне забезпечення для роботи з великими даними як інструмент великих даних. Отримані дані можна використовувати для віртуального тестування таких заходів, як об'їзд перевантажених доріг, кварталів і альтернативних варіантів паркування по всьому місту. Це дозволяє проводити точний аналіз, не викликаючи додаткових блокувань і затримок, з єдиним додатковим періодом «заблокованих» даних, які приймаються. Через збої в системі, попередження

системи управління про втрату даних або неточності необхідні для прийняття даних. Достовірність додатків визначається достовірністю вхідних даних, структурованих у вигляді нечітких когнітивних карт. Для кожної вхідної змінної створюється шар, кожна концепція представляється одним або декількома вузлами в межах кожного шару. Ваги розраховуються за допомогою суб'єктивного підходу - експертами, виходячи з власного досвіду. Вважається, що рівень важливості кожної вхідної змінної пропорційний кількості згадувань. Загальна кількість згадувань використовується для кількісної оцінки в межах будь-якого ФКМ. Ваги вузлів відповідають стандартній нормалізації. Обмеження з боку законодавства про захист персональних даних унеможливили підкріплення наведеної вище інформації необхідними даними.

В останні роки ми вступили в епоху технологічних змін, які призвели до кардинальної трансформації міських мереж. Сучасне управління дорожнім рухом охоплює різні міждисциплінарні галузі, де значний інтерес зосереджений на застосуванні передових технологічних рішень, які використовують потенціал аналізу великих даних, Інтернету речей та інших прихильників концепції «розумного міста». На операційному рівні нові технології та програмне забезпечення створюють можливості для оцінки динаміки всередині сегментів дорожньої мережі в кожен момент часу. Найпоширенішими інструментами для збору даних є індуктивні петлі, телематика і дані з плаваючих автомобілів, частково збагачені зібраними даними, отриманими за допомогою датчиків, камер і розумних пристроїв. Завдяки нещодавньому зниженню вартості та підвищенню роздільної здатності датчиків, таких як камери або GPS-пристрої, було докладено значних зусиль для покращення можливостей збору та обробки даних про місцезнаходження транспортних засобів з різних джерел, що призвело до появи як навігаційних систем для транспортних засобів з урахуванням дорожнього руху, так і універсальних інструментів оцінки стану дорожнього руху для операторів дорожнього руху на міському та позаміському рівнях.

Багато нових методів та інструментів було розроблено та випробувано з метою покращення управління дорожнім рухом та забезпечення підтримки інвестицій в інфраструктуру на великому та міському рівнях.

Величезна кількість даних, які зараз доступні в міському середовищі, послаблює класичні моделі прогнозування трафіку та оцінки заторів. За останні роки кілька методів, заснованих на машинному навчанні, а останнім часом і на штучному інтелекті, були розглянуті і протестовані в багатьох міських і позаміських сценаріях для прогнозування трафіку. Щоденна робота осіб, які приймають рішення в міському центрі управління дорожнім рухом, потребує швидкого реагування на еволюцію прогнозованих транспортних потоків у часі. Ефективні заходи з управління дорожнім рухом передбачають або зміну часових планів роботи світлофорів на регульованих перехрестях, або виділення окремих смуг для руху в певному напрямку, або скорочення і зміну маршрутів, або управління системами громадського транспорту тощо. Зараз основна увага приділяється потенціалу заглиблення в характеристики великих даних разом із сильними сторонами рішень Інтернету речей і штучного інтелекту для сприяння інтеграції окремих систем управління дорожнім рухом у системи підтримки прийняття рішень, що дозволить модернізувати управління дорожнім рухом у масштабах міста для досягнення більш ефективних результатів у транспортних потоках і навколишньому середовищі.

5.1. Типи даних про трафік

Дані спостережень за дорожнім рухом є ключовим компонентом для дослідження та управління транспортними потоками. Ми можемо розділити дані про дорожній рух на три категорії: 1. Історичні дані; 2. Дані в режимі реального часу або онлайн; 3. Прогностичні дані.

Історичні дані. Історичні дані допомагають нам досліджувати минулі характеристики і тенденції транспортних потоків. Історичні підрахунки інтенсивності та щільності руху можуть бути використані для аналізу часу

очікування та затримок на перехрестях, пропускну́ї спроможності та розтягування взводу. Агреговані історичні дані зазвичай використовуються для аналізу тенденцій.

Дані в режимі реального часу або онлайн. Дані в режимі реального часу або онлайн - це дані, зібрані та використані в один і той самий період часу. До таких даних відносяться дані про час у дорозі, динамічне прокладання маршруту, автоматичні повідомлення про зіткнення і дані бортових пристроїв. Обробка та використання даних у режимі реального часу додає ще один вимір до функцій, які можна виокремити з цих даних. Моніторинг даних про дорожній рух у реальному часі у великих містах або столичних регіонах і реагування на зміну умов пересування - це те, чому присвячено більшість досліджень і комерційної діяльності. Можливість обробки та досягнення найкращих результатів для даних у реальному часі або онлайн даних є атрибутом систем підтримки прийняття рішень.

Прогностичні дані. Прогностичні або майбутні дані про трафік схожі на прогноз погоди. Вони намагаються передбачити майбутнє на основі математичних і комп'ютерних методів моделювання. За допомогою прогностичних даних ми можемо знати, коли, де і скільки смертельних випадків трапляється, щоб планувати стратегії для порятунку життів. Точна комбінація цих джерел даних необхідна для ефективної системи підтримки управління дорожнім рухом. Прогнозування або прогностичні дані показують майбутні характеристики умов дорожнього руху. Це показує ефективне прогнозування даних про дорожній рух, коли це необхідно для осіб, які приймають рішення. Для прогнозування характеристик дорожнього руху в конкретному місці на основі багатьох змінних, які спостерігаються в цьому місці та на прилеглий території і доступні в режимі реального часу, застосовуються різноманітні методи, включаючи оцінку тенденцій, причинно-наслідкове моделювання, кластеризацію, регресійний аналіз та моделі часових рядів.

5.2. Застосування Інтернету речей та великих даних

Системи управління дорожнім рухом завжди покладалися на збір даних, пов'язаних з дорожнім рухом, які є важливими для процесу прийняття рішень. За останні роки було досягнуто вражаючого прогресу в зборі, управлінні, аналізі та зберіганні даних про дорожній рух. Ці результати можуть бути досягнуті завдяки використанню пристроїв Інтернету речей, які відіграють важливу роль у розвитку інтелектуального середовища, а також у сферах цифрових двійників, підключених транспортних засобів, безпілотників, морського і дорожнього руху та «розумних» міст. Пристрої Інтернету речей трансформують цифрових двійників. Цифровий двійник можна визначити як віртуальний клон процесу, продукту або послуги в режимі реального часу. У цьому ж контексті пристрої Інтернету речей представляють собою підключені версії цього клонованого об'єкта. Підключені світлофори все частіше замінюють традиційні світлофори для оптимізації міського руху, головним чином з точки зору безпеки і швидкості. Інший аспект управління дорожнім рухом може базуватися на підключених транспортних засобах, які оснащені гаджетами або датчиками Інтернету речей і можуть бездротово зв'язуватися з розумною інфраструктурою, в тому числі з розумними світлофорами. Підкреслимо, що це лише кілька прикладів застосувань Інтернету речей, тобто мереж фізичних об'єктів, оснащених електронікою, програмним забезпеченням, датчиками і мережевим підключенням, які дозволяють цим об'єктам збирати дані і обмінюватися ними. Дорожній рух - це лише одна з таких сфер. Спільними характеристиками цих сфер є збір великих обсягів різноманітної інформації в реальному часі і отримання уявлень майже в реальному часі, потреба в довгостроковому більш глибокому аналізі, а потім - у використанні предиктивної аналітики з використанням машинного навчання і штучного інтелекту. У найкращому випадку управління дорожнім рухом на основі штучного інтелекту, що використовує технологію Інтернету речей, великі дані та предиктивну аналітику, допомагає вчасно виявляти затори, щоб

вони ніколи не виникали. Очевидною особливістю Інтернету речей є те, що більшість цих пристроїв є «розумними» і пов'язані між собою цифровим зв'язком. Державні установи відіграють важливу роль в управлінні дорожнім рухом із залученням цих розумних середовищ. Розумні міста надають муніципалітетам інструменти, необхідні для визначення пріоритетів і передбачення ситуацій, пов'язаних із занепокоєнням громадян, таких як смертельні випадки на дорогах, а також дають їм можливість ефективно управляти світлофорами, щоб впоратися із заторами на дорогах. Значний відсоток опитаних фахівців транспортної галузі впевнені, що підключені додатки надають містам знання для управління їхніми активами, а багато хто погодився, що ці додатки перетворюють ізольовані набори даних в інсайти. Інтернет речей та великі дані відіграють вирішальну роль у застосунках для управління дорожнім рухом і в нових рішеннях для міського транспорту. Міста, які довели, що їхні стратегії, засновані на даних, зменшують затори і підвищують економічну ефективність персоналізованого правозастосування, отримують мультиплікативний ефект від успішних проектів міського планування на основі Інтернету речей і даних. Прогнозована аналітика дорожнього руху привернула увагу фахівців, відповідальних за управління дорожнім рухом. Інтернет речей підтримує будь-яку систему прогнозування трафіку завдяки механізму постійного зворотного зв'язку. Великі дані спонукають нас передбачати майбутні події. Крім того, міста в даний час добре усвідомлюють, що вони повинні стати більш стійкими, прагнучи підвищити безпеку, загальне щастя своїх громадян і постійний вибір екологічно безпечного транспорту. Пропонований вид транспорту повинен визначатися не розміром, а комфортом і доступністю цих послуг.

5.3. Машинне навчання та ШІ у прогнозуванні дорожнього руху

Систематичне зростання машинного навчання та штучного інтелекту перетворює практику на прогнозування за допомогою ШІ. Існує безліч

застосувань для цих інструментів, але на транспорті вони використовуються для прогнозування як історичних тенденцій перевезень, так і попиту на подальше формування та вибір товарів, пов'язаних з подорожами. Ці системи допомагають транспортному менеджменту розпізнавати колекцію історичної інформації, пов'язаної з вантажними перевезеннями, яка стосується конкретних маршрутів, періодів, днів і стадій завантаженості доріг. Використовуючи історичні дані та часові рамки, ці системи виявляють закономірності та створюють прогнози, пов'язані з уподобаннями та вибором подорожей. Поєднання цих універсальних систем з основою системи допомоги в управлінні дорожнім рухом дозволить їм виконувати конструктивну функцію в управлінні шляхами, щоб зменшити перешкоди для транспортного потоку. Здатність прогнозувати майбутні обставини формує основу оптимістичних дій, що походять від передових обчислювальних алгоритмів з робочою силою. Прогностичні системи, корисні для управління дорожнім рухом, базуються на машинному навчанні або штучному інтелекті. Алгоритми можуть передбачити розподіл трафіку, який є більш перевантаженим після вузьких місць на автомагістралях, ніж той, що відбувається в польових умовах. Одне з найважливіших застосувань - прогнозування стану системи. Інші сфери застосування включають визначення важливості транспортних послуг, класифікацію регіонів за типом і рівнем системних проблем, виявлення інцидентів і розпізнавання маршрутів. Деякі системи управління дорожнім рухом використовують машинне навчання або штучний інтелект для оцінки масштабів і наслідків надзвичайних ситуацій. Очікувано, що поєднання інструментів машинного навчання або ШІ з управлінням дорожнім рухом дозволяє системі управління дорожнім рухом бути більш ефективною за рахунок уточнення прогнозованого впливу пов'язаних оцінок.

РОЗДІЛ 6. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІМІТАЦІЙНІ МЕТОДИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ

Моделювання та методи імітаційного моделювання складають основу для прогнозування транспортних потоків. Сьогодні широко визнано, що детерміновані моделі не є достатніми для прогнозування особливостей дорожнього руху в реальних ситуаціях. Натомість, додаткове використання стохастичних методів дозволить врахувати ще більш складні явища, такі як людський фактор, поведінка автомобілів, що слідують за ними, або розподіл інтервалів між транспортними засобами, які є важливими для управління дорожнім рухом у великому місті. Детальні знання про цю поведінку і правила можна отримати з польових експериментів або експериментів на симуляторах водіння, де можна вивчати реакції водіїв на різні типи дорожніх сценаріїв. Отримані в результаті механізми управління та моделі слідування за автомобілем, а також вплив характеристик водіїв на узагальнену поведінку при прискоренні та сповільненні допоможуть в управлінні дорожнім рухом.

Сценарний офлайн-аналіз поведінки системи прогнозування транспортних потоків, а також додатки для оцінки в режимі онлайн і в реальному часі вимагають уніфікованих методологій моделювання та інтеграції з іншими міськими системами. В обох випадках вибір процедур калібрування та валідації є важливим, оскільки це гарантує надійність прогнозування трафіку в автономному режимі, а також зменшення втрат прибутку через менш точну оцінку трафіку при управлінні дорожнім рухом в режимі онлайн. Для прогнозування трафіку використовується багато моделей і методів, однак комплексний системний підхід, який об'єднує бачення управлінського контролю з моделюванням трафіку, все ще перебуває на стадії розробки. Зокрема, існує нагальна потреба у вивченні механізмів, за допомогою яких ці параметри впливають на трафік, а також у розумінні того, як ці взаємодії, якщо вони є, можуть бути надійно розраховані. Як варіант, можна було б піти шляхом розвитку систем симуляції в реальному часі і

об'єднати різні види моделей, що реагують на місцеві умови, але механізми і процедури для забезпечення такої адаптивної симуляції ще далеко не задовільно розроблені.

6.1. Агентне моделювання

Останніми роками агентне моделювання привернуло до себе велику увагу завдяки своїй здатності імітувати транспортні системи, в яких кожен агент є окремим транспортним засобом. Така можливість дозволяє моделі демонструвати дії різних учасників дорожнього руху, створюючи справжню мікроскопічну симуляцію транспортної системи. Явище транспортного потоку по суті є результатом динамічного узгодження рухів окремих учасників дорожнього руху. Багато досліджень стверджують, що затори на дорогах в першу чергу спричинені взаємодією окремих транспортних засобів. У цьому сенсі агент-орієнтоване моделювання прагне бути моделлю, заснованою на процесах, яка явно моделює поведінкові моделі водіїв, які роблять вибір на основі представлених їм стимулів. Така витонченість поведінкових уявлень окремих водіїв робить агент-орієнтоване моделювання чудовим інструментом для дослідження явищ транспортної поведінки в системі дорожнього руху.

Агентне моделювання дозволяє розробляти гнучкі та динамічні моделі прогнозування транспортних потоків. Майже всі факти можуть мати сильні політичні наслідки. Звичайно, дуже дорого і довго запускати модель на основі транспортних агентів для цілого великого міста протягом тривалого часу. Щоб подолати обчислювальну складність агентних моделей, вони, як правило, надають прогнози трафіку на основі сегментів, що генерує велику кількість даних. Інші підходи до моделювання, включаючи мезоскопічний і макроскопічний рівноважний розподіл трафіку, можуть бути інтегровані з моделями на основі агентів, щоб вирішити основну обчислювальну проблему, пов'язану з наявністю занадто великого обсягу даних. Як системи підтримки

прийняття рішень, мікроімітаційні моделі дорожнього руху бачать найбільш перспективне майбутнє. Ми вважаємо, що існують також захоплюючі технологічні досягнення, які можуть безпосередньо сприяти зменшенню обчислювального навантаження на великомасштабне моделювання дорожнього руху.

Традиційно, системи прийняття рішень на основі даних, включаючи транспортні потоки, здебільшого стосуються способів прийняття рішень, але лише зрідка вважається, що ці системи впливають на повсякденне життя людей та їхній вибір, що є важливим. Наразі відбувається швидкий розвиток і використання методів і технологій для збору та аналізу персональних даних. Збір і використання даних завжди пов'язані з практикою спостереження і тому заслуговують на увагу з етичної точки зору. Необхідно знайти баланс між достатніми даними про трафік для підтримки прийняття рішень, з одного боку, і недоторканністю приватного життя людей, з іншого. Масштабні процеси збору та аналізу даних про поведінку користувачів у поєднанні з великими обсягами персональних даних становлять реальний ризик для прав людини, зокрема права на приватність. Тому етичні та соціальні наслідки систем підтримки прийняття рішень, які використовують аналітику великих даних у контексті управління транспортними потоками, повинні бути належним чином оцінені та враховані.

Використання певних принципів і рекомендацій може певною мірою допомогти у прагненні використовувати технології для досягнення технічного прогресу з урахуванням етичних цінностей і занепокоєння щодо потенційного негативного впливу інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на людей, у тому числі на самих користувачів транспорту. Важливим нормативним актом, якого слід дотримуватися при обробці персональних даних, є Директива про конфіденційність і електронні комунікації, яка регулює обробку персональних даних в секторі електронних комунікацій. Іншим цікавим етичним підходом є керівні принципи щодо надійного штучного інтелекту, в яких обговорюється важливість прозорості для

користувачів при зборі даних, міркування щодо формулювання дійсної згоди та запобігання можливій дискримінації або упередженості на основі даних. Важливо оцінити, чи методи підтримки прийняття рішень, засновані на описових і прогностичних моделях, призначені для надання допомоги людям на законних підставах і не мають негативних соціальних побічних ефектів. Перевірка моделей на справедливість є актуальною в ситуаціях управління дорожнім рухом, щоб захистити певну групу від рішень, які систематично ставлять їх у не вигідне становище або виключають. Таким чином, важливо застосовувати обмеження справедливості до аналізу даних і прийняття рішень, щоб запобігти несправедливим практикам в управлінні транспортними потоками. Такі принципи, рекомендації та етичні міркування, викладені в підходах до оцінки впливу, можуть бути застосовані до систем підтримки прийняття рішень для управління транспортними потоками. Важливо закликати до досліджень і методологічних розробок, які запобігають недобросовісному використанню, вторгненню в приватне життя і соціально тривожному використанню. Тільки в цьому напрямку можна сприяти суспільному визнанню і довірі до систем підтримки прийняття рішень, що застосовуються до великомасштабних систем. Крім того, надання достовірної інформації про те, як маніпулюють даними для управління дорожнім рухом, має фундаментальне значення. Нарешті, видані керівні принципи намагаються перевірити, що алгоритми і системи, загалом визнані безпечними, на даний момент здатні поводитися справедливо і що їх застосування є етично прийнятним. Цей набір принципів «загального блага» неявно відноситься до оціночних точок зору, які можуть бути визначені при розробці надійності, стійкості і коректності моделей транспортних потоків в системах штучного інтелекту і можуть бути явно враховані при розробці системи підтримки прийняття рішень для сценаріїв великого міста.

РОЗДІЛ 7. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ (ITS) ТА ІНТЕГРАЦІЯ DSS

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) та системи підтримки прийняття рішень (СППР) відіграють ключову роль в управлінні міським рухом, а також у системі далеких перевезень. У сфері управління міським рухом ІТС розгортаються на локальних рівнях інфраструктури, а DSS займає позицію в центральному центрі управління. ІТС підтримують функції DSS, надаючи інформацію про фактичні умови руху, але основна увага ІТС зосереджена переважно на локальних перехрестях або ділянках доріг. Міський центр управління дорожнім рухом об'єднує ІТС і працює разом з ДПС. ІТС надає центру управління дорожнім рухом локальні дані для короткострокового планування, наприклад, управління світлофорами. Однак центр також надає дані зворотного зв'язку достатньої довжини, щоб ідентифікувати рух транспортних засобів, незалежно від того, де вони знаходяться в межах досліджуваної території.

З'являється все більше різноманітних DSS і все більше проектів інтегрованих інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Було запропоновано ряд заходів, спрямованих на інтеграцію вдосконалених систем управління дорожнім рухом (АТМС) з додатковими функціями ІТС, які обслуговують коридори та регіональні заходи з управління дорожнім рухом на більш далеких відстанях. Мета полягає в тому, щоб сприяти комунікації та інтеграції між DSS, що управляються централізовано, і ІТС, які можуть включати автоматизовані центри управління дорожнім рухом з управлінням польовими пристроями в режимі реального часу, системи моделювання транспортного попиту, знаки зі змінним змістом і попередження пасажирів літаків і поїздів про ситуацію на дорогах. Тематичні дослідження показують цінність застосування як DSS, так і ІТС в управлінні дорожнім рухом. Успішні інтегровані проекти походять з великих міст і застосування DSS для управління світлофорами. Інтеграція DSS і АТІС зменшує затори або час у

дорозі і підвищує ефективність управління дорожнім рухом. Однак, хоча багато DSS допомагають функціям, пов'язаним з АСУДР, існує лише два приклади того, як ці дві системи підтримують одна одну. Проблеми, що виникають при інтеграції, стосуються сумісності та обміну даними, які, як видається, мають культурні та організаційні аспекти. Інтегроване використання обох технологій призвело до управління заторами або скорочення часу в дорозі для ATMS і ATIS. Бортова навігація також зосереджена на перевірці придатності до експлуатації та техогляді комерційних транспортних засобів. Цей всебічний досвід всіх інтегрованих систем підтверджує ефективність інтеграції DSS-ITS. Однак не в усіх тематичних дослідженнях було проведено аналіз впливу, тому важко сказати, що було економічно виправданим або реально впровадженим.

Інтегровані системи також можуть бути використані в майбутній транспортній політиці для зменшення заторів. Інтелектуальні транспортні системи для управління дорожнім рухом, що базуються на політиці, покращують доступ до автомагістралей і перехресть вулиць. Інтелектуальне управління транспортними засобами з урахуванням доступності може бути корисним для інтеграції систем підтримки прийняття політичних рішень і управління дорожнім рухом. Управління на основі політики розглядає взаємозв'язки між планами. Рішення приймаються на різних рівнях. На найвищому рівні встановлюються цілі, засновані на якості життя і безпеці людей в коридорі. У цьому змодельованому випадку система змогла надати корисну інформацію, яка в поєднанні з системою управління дорожнім рухом в режимі реального часу зменшила затримку руху на автомагістралі до керованого рівня, навіть в умовах попиту не в годину пік. Проблема, яка оточує систему управління на основі політик, полягає в тому, що вона вимагає дуже багато даних, а зменшення комунікації всередині цих систем не є реальним, життєздатним варіантом.

Планування транспортних потоків у великих мегаполісах традиційно є сферою передової аналітики, орієнтованої на математичні моделі та

алгоритми. Міське планування, з іншого боку, вважається творчою прикладною наукою, хоча їй і бракує аналітичної строгості, особливо в містах з економікою, що розвивається, де населення швидко зростає, а інфраструктура застаріла. Крім того, історія міського планування сповнена низхідних втручань, які здебільшого спрямовані на задоволення поточних потреб у мобільності, нехтуючи довгостроковими наслідками або нав'язуючи співпрацю між просторовими планувальниками та транспортними аналітиками. Проте зростає тенденція до злиття міського і транспортного планування, а також до диверсифікації якісних і кількісних знань, врахування очікуваних потреб громадян і майбутніх наслідків міського планування. Професійні організації у сфері містобудування та транспортного планування визнають потребу в нових і більш досконалих системах підтримки прийняття рішень у сфері міського та транспортного планування, що поєднують статистичний аналіз та алгоритми оптимізації з експертними оцінками на основі широкої участі. Це підтверджується аргументом, що складність проблеми ще більше зростає через постійно зростаючу невизначеність, таку як потенційне широке впровадження спільних автоматизованих послуг мобільності та непередбачуване зростання міст.

Співпраця у сфері дорожнього руху та управління містом (особливо з акцентом на вплив транспорту на міський простір) має ґрунтуватися на даних, зібраних і проаналізованих за допомогою систем підтримки прийняття рішень. Застосування систем підтримки прийняття рішень у міському плануванні привертає все більше уваги, а аналітика міських даних незабаром стане частиною набору навичок містобудівників. Інтелектуальні операційні центри розумного міста використовують дані для управління земельними ресурсами, маючи можливість реконструювати попереднє землекористування та визначати види діяльності, що становлять інтерес на визначеній території. Інтеграція наборів даних про землекористування з міського планування дає більш повне уявлення про будівельну діяльність у місті та представляє найактуальніші дані на дату подання заявки. Система пов'язана з

департаментами будівництва та містобудування і використовується планувальниками, технологами та особами, які приймають рішення. Система інтегрує дані про транспортні потоки зі сценаріями землекористування та щільності в майбутньому і поступово оцінює зміни. Така технологія забезпечує цінну платформу для поглиблення співпраці між планувальниками дорожнього руху та урбаністичною спільнотою. Співпраця стане свого роду примусовою сліпотою для фільтрації результатів, отриманих у різних галузях знань, і виведення рішень, які не є захоплюючими і сміливими, але прийнятними з точки зору спільного розмаїття інтересів і засобів. Всі групи експертів об'єднуються в одну команду з чіткими завданнями, погодженими особами, які приймають рішення в урядових структурах. На цьому етапі мають бути підготовлені середньо- та довгострокові бачення, що розглядають тему сталого розвитку з точки зору різних суспільних груп.

7.1. Переваги та виклики

Інтеграція інтелектуальних транспортних систем і систем підтримки прийняття рішень пропонує численні переваги для покращення управління міським рухом. Інтелектуальні транспортні системи надають системі підтримки прийняття рішень можливості моніторингу в режимі реального часу, пропонуючи своєчасну і точну інформацію про транспортний потік, швидкість руху транспортних засобів тощо, що дає змогу диспетчерам апріорно оцінити ситуацію на мережі. Процес інтеграції триває і вимагає співпраці зацікавлених сторін, сумісності з існуючими та майбутніми технологіями, а також необхідної стандартизації. Таким інтеграційним процесам було присвячено кілька досліджень з використанням численних систем підтримки прийняття рішень і систем управління транспортними потоками. Результати продемонстрували актуальність такої інтеграції. Однак при розгортанні таких систем ще належить вирішити кілька проблем, зокрема, забезпечення надійної безпеки та питання конфіденційності у випадку

фізичних або інформаційних атак. Дослідження також присвячені системам підтримки прийняття рішень для оптимізації таких об'єднань.

Співпраця між інтелектуальними транспортними системами та системами підтримки прийняття транспортних рішень може запропонувати кілька переваг для глобальної продуктивності мережевих операцій. Покращення ситуаційної обізнаності операторів, що пропонується інтелектуальними транспортними системами, підтримує центри управління дорожнім рухом в їх повсякденній роботі і підвищує їх здатність до прийняття рішень на основі даних. На основі даних системи підтримки прийняття рішень можуть, наприклад, оптимізувати планування часу для коригування маршрутів, оцінювати ефективність різних стратегій управління дорожнім рухом і моделювати вплив нового землекористування або транспортних інвестицій. Найбільш перспективною частиною такого вдосконалення є втручання в режимі реального часу, яке може стати більш ефективним завдяки наданню більш точних даних про стан мережі. Кілька досліджень досягли такого рівня системної інтеграції інтелектуальних транспортних систем та інших міських систем підтримки прийняття рішень, які є найсучаснішим управлінням світлофорами і покращеною координацією управління міським рухом, обробляючи його для створення кращих результатів транспортних потоків.

Системи підтримки прийняття рішень (СППР), що використовуються для управління транспортними потоками у великому місті, повинні сприяти досягненню цілей сталого розвитку міст. Сучасний підхід до управління містами вимагає впровадження принципів сталого розвитку. Ця багатовимірна концепція бере свій початок в екологічному аспекті, але також має на увазі соціальні та економічні аспекти. Оскільки процес урбанізації безпосередньо впливає на транспортний рух у межах міста, розвиток його транспорту також має бути інтегрований зі сталим розвитком. Однією з головних цілей розвитку систем громадського транспорту є, окрім формування пріоритету транспортних розв'язок, створення систем «паркуй і їдь», які певною мірою

також слугують вирішенням проблеми «воріт» у місцях потенційних заторів у межах міста. При проектуванні таких систем і принципів управління транспортними потоками важливо дотримуватися цілей сталого розвитку міст і приміських зон. Йдеться не лише про захист міста та під'їзних шляхів до нього від заторів, але й про захист цих територій від шкідливого впливу зовнішніх ефектів, спричинених автомобільним рухом. Це особливо важливо, оскільки привабливість міських територій має просторовий вимір, а отже, не лише місто несе відповідальність за побічні ефекти індивідуального автомобільного руху. Тому дуже важливо оцінити або спрогнозувати практичне значення рішень, запропонованих урбаністичними проектами, як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі. Однак, перш за все, необхідно провести процес консультацій з усіма зацікавленими сторонами. Вищезазначені питання також дуже важливі в туристичних і рекреаційних зонах, де особливо часто можна спостерігати баланс сталого розвитку, тобто збалансовану вигоду для природного середовища і місцевої громади.

РОЗДІЛ 8. ПРАКТИЧНІ ПРИКЛАДИ ВПРОВАДЖЕННЯ DSS У ВЕЛИКИХ МІСТАХ

Для надання прикладів кейсів створення системи підтримки прийняття рішень (СППР) для обраної теми, управління транспортними потоками у великому місті в якості фону, ми маємо в наявності наступні рішення, які використовуються або будуть використовуватися. У кожному місті є свій центр управління дорожнім рухом (ЦУР), і операційні проблеми, з якими вони мають справу, відрізняються від міста до міста. Ми представимо, як ЦКД у Нью-Йорку, Дубліні, Оттаві та Міннеаполісі справляються з проблемами транспортних потоків у своїх містах.

Представлені тематичні дослідження є наступними:

Приклад 1: Система підтримки прийняття рішень Sitraffic SAS в ТСС в Гамбурзі

Приклад 2: OTIS в поєднанні з PASTA в ТСС в Зілінії

Приклад 3: NIFS в Ростоку, східнонімецькому місті, що з'єднує Утшоме з Берліном

Приклад 4: Управління комп'ютерним центром управління дорожнім рухом в Південній Африці

Приклад 5: Програмне забезпечення CERT, що використовується Управлінням дорожнього руху штату Вікторія в децентралізованих системах управління аварійними ситуаціями в Мельбурні, а також в управлінні ETC Management в поєднанні з системами Центру управління дорожнім рухом в Сіднеї

Приклад 6: ATLAS, інтегрована система, що використовується Traffic Computer в Гетеборзі

Приклад 7: Система управління в ATSAC, Лос-Анджелес, Каліфорнія

Приклад 8: ADVANTIS, система підтримки прийняття рішень в Дубліні

Приклад 9: Система управління в Оттаві, Онтаріо

Приклад 10: SPATEL, система контролю вимірювання пандусів в Міннеаполісі

7.1. New York City

Плани Куомо з модернізації нью-йоркських міждержавних автомагістралей 1950-х років, таких як міст RFK, включають в себе інтелектуальні мережеві додатки. Надзвичайно велике міське населення Нью-Йорка, природно, створює величезні проблеми з динамікою дорожнього руху. Вулиці Манхеттена особливо страждають від безпричинних заторів, оскільки вони мають обмежені місця в'їзду і виїзду порівняно з рештою міста. Спроби координувати інтелектуальні транспортні системи розпочалися наприкінці 1990-х років. Розгортання цих систем розпочалося у 2007 році.

У період з 2010 по 2017 рік Департамент транспорту Нью-Йорка розгорнув і розширив ці два підходи за допомогою мережі транспортних засобів і стаціонарних датчиків, підключених до мережі в режимі реального часу. Міський мобільний додаток використовує ці інвестиції для полегшення в'їзду машин швидкої допомоги під час парадів і контртерористичних заходів протягом останніх кількох років. З'явилися також нові дані, наприклад, про те, що в разі аварії обмеження на кількість автомобілів у міждержавному тунелі, що веде до Мангеттена, фактично сповільнюють рух, оскільки їм важко контролювати порушників правил наземними засобами контролю на місцях. Кілька дослідницьких досліджень і додатків для депріоритизації даних про аварії, заснованих на результатах роботи системи, передбачають впорядкування пошуку даних і перетворення їх у звіт про депріоритизацію даних про аварії, яким користуються працівники. З міркувань громадської безпеки та конфіденційності, результати роботи системи не оприлюднюються без запиту. Понад 200 паратранзитних транспортних засобів використовують дані для попередження водіїв автобусів про зміну схеми руху інвалідних візків. Понад 60 агентів дорожньої поліції Нью-Йорка використовують

додаток Traffic Speed Data Streaming App для розробки ініціативи з продажу квитків для санітарних вантажівок з правого боку. Існує зацікавленість в інтеграції результатів системи в системи замовлення, оскільки люди їдять поза домом у дні, коли в певних районах немає руху, затримки на зупинках зменшуються з 10 хвилин до менш ніж 6. Операції на перехрестях у мокру погоду, планування альтернативних маршрутів у реальному часі та регулювання світлофорів - ось деякі з прикладів використання, про які повідомляє NYC DDC.

РОЗДІЛ 8. МАЙБУТНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ІННОВАЦІЇ В УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ DSS

Завдяки технологічному прогресу DSS стали розумнішими та більш комплексними в аналітиці даних, штучному інтелекті та машинному навчанні для прийняття рішень, що базуються на знаннях. Великі дані дозволяють краще прогнозувати міську динаміку і, таким чином, є важливим компонентом обробки інформаційних ресурсів. На їх основі особи, які приймають рішення, можуть створювати політику та адаптувати її за потреби. Обмін даними із зацікавленими сторонами поза межами державного управління також має силу, але обмежений через етичні питання та адміністративні проблеми. Масштабованість і багатоцільове використання DSS в майбутньому може мати великий вплив, коли інтелектуальна інфраструктура буде повністю розгорнута. Однак транспортна система стане більш вразливою через багатокритеріальне прийняття рішень і зростаючий обсяг інформації, пов'язаної з роботою системи.

Виклики для майбутнього розвитку вбачаються в управлінні вразливістю системи та катастрофами, змінами в міській динаміці, які необхідно враховувати при проектуванні системи, вдосконаленні технологій та адаптації процесів управління. Необхідністю майбутнього є розробка адаптивних DSS, які можуть розвиватися разом з міською динамікою. Більш дієві знання можуть бути створені шляхом розгляду більшої кількості активів даних та інформації, доступної в режимі реального часу. Таке зміщення фокусу з засобів обробки даних на дані для прийняття рішень, доступні в реальному часі, має потенціал для значного покращення управління дорожнім рухом. Можливі загрози включають перевантаження системи, завади з боку зацікавлених сторін, проблеми з обслуговуванням даних, дуже складне представлення продуктивності системи, працездатність DSS та інтероперабельність з іншими системами, а також необхідність великих операційних та капітальних витрат. Крім того, етичні міркування в управлінні

є складними і можуть вимагати зміни парадигми в управлінні катастрофами в майбутньому. Ґрунтуючись на наших нинішніх знаннях і досвіді, ми вважаємо, що існує багато потенційних майбутніх застосувань цієї інноваційної системи тестування.

8.1. Застосування великих даних і машинного навчання

В епоху інформації ми спостерігаємо стрімке зростання систем підтримки прийняття рішень, заснованих на великих даних і машинному навчанні. У той час як інструменти великих даних забезпечують підтримку зберігання великих обсягів даних, включаючи структуровані, неструктуровані та напівструктуровані дані, алгоритми машинного навчання полегшують використання цих баз даних. Таким чином, системи підтримки прийняття рішень, які в даний час працюють з великими даними, перевантажені зростаючою доступністю великих обсягів даних, так званих «великих даних». Оскільки безліч даних збирається з різних джерел, значний обсяг даних також генерується пристроями Інтернету речей в контексті управління транспортними потоками. Це інформація про транспортний потік, наявність місць для паркування, погодні умови, аварії та реконструкцію доріг. Актуальність, своєчасність і якість такої додаткової інформації є лише частковою причиною підвищеного інтересу до включення цих функціональних можливостей у прогнозування міського транспортного потоку.

Зрештою, наука про дані та машинне навчання можуть значно розширити функціональність систем підтримки прийняття рішень для управління транспортними потоками, зокрема, у сфері прогнозування трафіку, розпізнавання дорожніх моделей та виявлення аномалій. Незалежно від типу проблеми або рішення, алгоритми машинного навчання, такі як кластеризація, регресія або нейронні мережі глибокого навчання, здатні вирішувати проблеми будь-якого масштабу. Однак не слід забувати, що аналіз таких

вхідних даних з точки зору застосування великих даних повинен охоплювати супутні проблеми, такі як швидкість передачі даних та достовірність даних. Представлені тематичні дослідження для прогнозування трафіку та управління заторами довели, що великі дані та технології або алгоритми машинного навчання вже часто використовуються, а потенціал інтеграції з існуючою архітектурою систем підтримки прийняття рішень для управління дорожнім рухом є домінуючим. В осяжному майбутньому прогнози машинного навчання у виборі маршруту та плануванні мультимодальних поїздок замінять або доповнять прогнозування трафіку. Більш активне (повторне) використання історичних та зовнішніх великих масивів даних може стати основою процесу прогнозування трафіку. Надійність результатів систем підтримки прийняття рішень зросте завдяки виявленню аномалій на основі машинного навчання та калібруванню параметрів моделі на основі машинного навчання. Крім того, великі дані, в тому числі пов'язані із захистом приватності, будуть проникати в більшу кількість функцій систем підтримки прийняття рішень. Очевидно, що методи та алгоритми машинного навчання не можна використовувати як алгоритми «чорної скриньки», оскільки це призводить до відсутності або обмеженого розуміння того, як певні рішення або правила були обчислені за допомогою непрозорих моделей.

РОЗДІЛ 9. ЕТИЧНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ ДІЯЛЬНОСТІ ДПС З УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ

Як і будь-який технічний інструмент або розроблена система, системи підтримки прийняття рішень (СППР) та їхнє реальне застосування викликають різні етичні та правові міркування, що вимагають ретельного і нюансованого аналізу. Різні аспекти розкривають відповідні етичні, правові питання та питання конфіденційності. Збір детальних даних про трафік і навколишнє середовище є, по суті, інвазивним. Прогностичне моделювання індивідуальної поведінки, яке включає часове і просторове розташування та швидкість, є інвазивним. Весь цей процес важче прийняти, частково тому, що він є більш інвазивним, а частково тому, що навіть коли не обробляється інтимна особиста поведінка, він є потенційно більш суб'єктивним і нестабільним. Тому важливо розробити більш жорсткі схеми регулювання та використання даних через впровадження критеріїв управління даними, а також підпорядкувати всі ці процеси місцевому законодавству та згоді зацікавлених сторін. Як і у випадку з будь-яким іншим інструментом оцінювання, існує потенціал для упередженості, непередбачуваних соціальних наслідків та невідповідних побічних впливів на різні групи населення. Ця проблема розглядалася в основному в роботах, присвячених алгоритмам автоматизованого прийняття рішень, які надають перевагу одній групі населення над іншою, на основі дискримінаційних алгоритмів. Розробка інклюзивних механізмів особливо необхідна для урізноманітнення міського середовища і слугує загальному поняттю служби, яка працює з урахуванням відмінностей між громадянами, а також сприяє прозорості та демократичному контролю. З цим також пов'язані питання підзвітності, відповідальності та подальші питання колективної етичної відповідальності. Центральним моментом тут є те, що той, хто створює систему, повинен бути готовим відповісти на запитання про те, чому він обрав саме цей варіант, порівняно з іншими, що зробить аналіз більш відвертим, низхідним і партисипативним. З юридичної точки зору, обробка

даних повинна бути справедливою і поважати законні інтереси інших осіб та суспільні інтереси. Безпека даних прямо вимагається рамками спільноти, а захист прав споживачів є ще одним керівним принципом цієї правової бази. Таким чином, розробка і використання DSS для управління міським рухом спрямовуються, запобігають або визначають подальші горизонти одним або декількома з цих питань, що стосуються економічних, екологічних та особистих аспектів. Етична і правова оцінка має вирішальне значення для розуміння того, чи може DSS бути використана не за призначенням і чи може вона загрожувати людям і громадській безпеці. Зацікавлені сторони повинні обговорювати етичність використання такого потужного інструменту. Цей безперервний процес підкреслює важливість і потенційну силу кожної системи DSS у міському середовищі.

9.1. Питання конфіденційності та безпеки даних

Проблеми конфіденційності виникають при використанні DSS в системі моніторингу дорожнього руху. Особливості DSS, що обробляють дані про індивідуальні ситуації, можуть бути причиною проблем з конфіденційністю. Важливо зосередитися не лише на сукупності спільних вимірів, якими оперує DSS, а й на даних, що містяться в системах, а також на доступності в регулярному потоці руху та довгостроковому аналізі даних. Політика організації та управління дорожнім рухом вимагає даних про громадян і від громадян, що дедалі більше стосується їхнього приватного життя. Сприйняття громадянами втрати приватності через системи моніторингу дорожнього руху може виступати проти впровадження DSS у сфері управління транспортними потоками.

Оскільки людську поведінку неможливо повністю передбачити, швидкі політичні рішення щодо даних осіб у таких системах ще важче прийняти. Для захисту конфіденційних персональних даних, які вимагають системи керування дорожнім рухом, можуть застосовуватися різні політики захисту

даних. Національні закони та нормативні акти про захист даних передбачають деякі елементи захисту даних; для тих, хто не має юридично чинних нормативних документів, наведені нижче рекомендації слід розглядати як найкращі практики, що гарантують високий рівень захисту даних. Інформація про ситуацію в транспортному потоці не має особистого значення при швидкому спостереженні та групуванні дуже великих повідомлень, але якщо розглядати її в контексті, вона може мати особисте значення.

Тому органи, що здійснюють моніторинг дорожнього руху, або оператори сайтів повинні встановити певні засоби безпеки у своїх системах, щоб гарантувати, що жодні неавторизовані органи або особи не зможуть отримати доступ до трьох основних функціональних можливостей. Правила захисту даних спрямовані на зменшення втручання в особисте життя людей. Аналіз даних про міський трафік, отриманих від систем оплати проїзду, показує, що ту саму інформацію про трафік можна отримати від систем оплати проїзду, але для збереження приватності громадян потрібні анонімні стохастичні записи з відміткою про день, що не містять анонімних позначок. Занепокоєння щодо конфіденційності спостерігалось при введенні системи в експлуатацію. Прозора система DSS, що працює в режимі реального часу, може забезпечити аналіз транспортного потоку в реальному часі, використовуючи інформацію про маршрут і дані для прийняття рішень. Нещодавно було запропоновано метод дотримання конфіденційності відстежуваних осіб як рішення з єдиним органом влади і декількома організаціями. Використання центру довіри, що діє як єдиний орган, який співпрацює з суміжними органами з метою отримання ідентифікаційних даних транспортних засобів, що перетинають кордон, також може бути анонімізоване і змодельоване для таких цілей. Вже визначено можливе рішення для проведення тестування. Необхідно випустити документ про анонімізацію даних, який би максимально захищав персональні дані.

ВИСНОВКИ

У цьому есе розглядаються досягнення та переваги систем підтримки прийняття рішень для керування світлофорними об'єктами, детально описується доцільність подальших досліджень та їх впровадження, а також висвітлюються відповідні підходи до управління заторами. Системи підтримки прийняття рішень (СППР) контролюють і керують транспортними потоками на регульованих перехрестях у багатьох частинах світу. Їх роль включає інтеграцію з іншими інтелектуальними транспортними системами (ІТС) для максимізації ефективності та безпеки руху міського внутрішнього транспорту. Можливості та гнучкість DSS можуть бути ще більше розширені завдяки цілеспрямованій дослідницькій програмі в області більш досконалих алгоритмів управління, кращих інтегрованих систем і додаткової інфраструктури. Всі ці можливості та їх подальше розширення були розроблені в одинадцять рекомендацій для розгляду політиками та практиками. Звичайно, отримання максимальної віддачі від інвестицій в управління дорожнім рухом для громади має бути частиною ширшого рішення щодо розвитку інфраструктури та громадського транспорту.

Шляхи, якими були прийняті і можуть бути профінансовані проекти з метою покращення в майбутньому, є стратегіями, спрямованими на проактивний розвиток у цьому напрямку і в очікуванні майбутнього зростання. Загалом, вдосконалення СУГТ є дуже важливим напрямком для більш ефективного, безпечного та швидкого руху транспорту. Дійсно, очікування громад щодо використання онлайн-технологій у режимі реального часу для управління міським рухом, що швидко змінюється, є високими і постійно зростають. Ми повинні дуже швидко реагувати на них, щоб забезпечити науково обгрунтовану політику і стратегічну реалізацію. Майбутні проекти, спрямовані на розвиток системи управління міським рухом, наразі стосуються покращення інтеграції технологій, аналізу даних, стратегій управління та методів оцінки витрат і вигод. Особливості управління

та проблеми серед зацікавлених сторін також потребують подальшого дослідження. Майбутні роботи мають вирішити низку технологічних і методологічних прогалин, які необхідні на практиці для розвитку технологій міського транспорту та його спільного відтворення. Необхідно також більше визнання, стимулів і винагород за розробку і впровадження вдосконалених систем управління міськими світлофорними об'єктами. У більш загальному плані, включаючи зміни в органах управління дорожнім рухом, на сьогоднішній день вони зациклені на сьогоднішніх проблемах систем управління світлофорними об'єктами і не приділяють достатньої уваги можливостям для змін сьогодні, щоб побудувати міста майбутнього, в яких будуть використовуватися технології V2I.

Постійне зростання населення та урбанізація призвели до збільшення заторів на дорогах у великих містах. Наслідком цього стало значне збільшення часу в дорозі, а також вплив, який це матиме на ефективність поїздок та викиди додаткового CO₂. Одним з рішень для вирішення проблеми заторів у великому місті є розробка системи підтримки прийняття рішень, яка широко використовується. Використання систем підтримки прийняття рішень в системах управління дорожнім рухом пов'язане з даними в режимі реального часу, прогноною аналітикою, використанням довгострокових і короткострокових даних про поїздки, а також включає ГІС на основі даних для аналізу оптимальних рішень для полегшення транспортних потоків у більшості великих міст. Метою цього огляду є розгляд найсучасніших систем підтримки прийняття рішень для управління дорожнім рухом у великому місті. Було розглянуто шість програмних систем з точки зору їхніх можливостей для прогнозування або управління транспортними потоками у великому місті в режимі реального часу. У цьому огляді також обговорювалося, як можна керувати мінливими сценаріями дорожнього руху у деяких великих містах шляхом інтеграції декількох програмних систем підтримки прийняття рішень. Наш огляд показав, що програмне забезпечення для підтримки прийняття рішень в управлінні дорожнім рухом має певні

позитивні ефекти, серед яких зменшення кількості ДТП і заторів, економія коштів, підвищення передбачуваності руху, зменшення викидів CO₂ і NO_x, а також покращення конфіденційності даних. Однак використання програмного забезпечення для систем підтримки прийняття рішень пов'язане з певними проблемами, такими як конфіденційність даних, етичні питання, інтеграція даних з різних джерел, зміни в управлінні містом, зміна міської політики та готовність міст впроваджувати нові технології. Потенціал використання технологій наступного покоління - великих даних і машинного навчання - у системах підтримки прийняття рішень ще належить емпірично перевірити. У великих містах, ймовірно, є достатньо місця для їх застосування в інтелектуальних системах міського руху.

Отже, система управління дорожнім рухом DSS через 15 років повинна бути достатньо гнучкою, щоб впоратися з динамічною еволюцією міського плагіну для динамічного зростання розвитку громадського міського транспорту. Дослідження у сфері DSS все ще потребують подальшого розвитку, щоб сприяти більш гнучкому і надійному підходу до обміну знаннями та інтермодальних перевезень, забезпечуючи постійну поглиблену співпрацю між дослідницькими областями, професіоналами та іншими зацікавленими сторонами, а також гнучкі платформи для участі. Таким чином, DSS в управлінні дорожнім рухом розвивається, реагуючи на відповідні характеристики інтелектуальної транспортної системи, і, перш за все, приймаючи адекватну відповідь на все більш складні проблеми в залежності від місця і часу, а також з іншими додатковими стратегіями. Це суть системи, зміни якої повинні бути передбачені або досягнуті цією еволюційною системою DSS і, в більш широкому сенсі, інтелектуальними системами дорожнього руху майбутнього. Хоча, все ж таки, функціональність DSS потребує вдосконалення та адаптації для функціонування в якості інтелектуальних систем планування дорожнього руху, особливо з точки зору адаптації DSS, необхідної для інтермодальних міських перевезень та «розумних» перевезень. Процедури для визначення того, як люди

пересувалися містом або за його межами - амбулаторно, на велосипеді, за кермом автомобіля чи громадським транспортом - постійно впроваджуються в містах по всьому світу. Для цього міста поступово шукають інструментарій та інформацію, яка може надати адміністраціям і транспортним органам докази для розробки різних практик пересування людей по місту. Деякі люди можуть покладатися на знання правил дорожнього руху для отримання даних. Ця точка зору є необґрунтованою, оскільки еволюція органів управління дорожнім рухом - їхні плани, практики, системи, гіпотези та вимірювання, засновані на інформації про дорожній рух, були нестабільними. Хоча жменька адміністраторів міських систем встановлює стандарт того, що це означає на практиці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
2. Barros, J., Martínez, L., & Viegas, J. (2011). A decision support tool for urban traffic management. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(9), 857-872. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.06.002>
3. Bertolini, L. (2012). Integrating mobility and urban development agendas: A manifesto. *DisP - The Planning Review*, 48(1), 16-26. <https://doi.org/10.1080/02513625.2012.702957>
4. Buliung, R. N., & Kanaroglou, P. S. (2006). Urban form and household activity-travel behavior. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(3), 173-191. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.03.001>
5. Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
6. Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247-1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>
7. Dimitriou, H. (2013). Transport planning for sustainable urban development. *Journal of Transport Geography*, 29, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.11.002>
8. Du, B., Xu, Y., Zhang, K., & Wang, S. (2020). Smart traffic management: An overview of emerging technologies. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-18. <https://doi.org/10.1155/2020/6783914>
9. Easa, S. M., & Wang, Y. (2017). Traffic flow theory and characteristics. *Transportation Research Record*, 2614(1), 15-26. <https://doi.org/10.3141/2614-02>
10. Gutiérrez, J., Condeço-Melhorado, A., & López, E. (2010). Accessibility and spatial interaction effects of high-speed rail in Spain. *Journal of Transport Geography*, 18(2), 141-152. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.08.002>

11. Hall, P. (2002). Urban and regional planning. *Routledge*.
12. Handy, S. (2005). Smart growth and the transportation–land use connection: What does the research tell us? *International Regional Science Review*, 28(2), 146-167. <https://doi.org/10.1177/0160017604273626>
13. Khisty, C. J., & Lall, B. K. (2017). *Transportation engineering: An introduction* (4th ed.). Prentice Hall.
14. Litman, T. (2021). Evaluating transportation equity: Guidance for incorporating distributional impacts in transportation planning. *Victoria Transport Policy Institute*.
15. Mahmassani, H. S. (2001). Dynamic network traffic assignment and simulation methodology for advanced system management applications. *Networks and Spatial Economics*, 1(3), 267-292. <https://doi.org/10.1023/A:1012828701835>
16. Marsden, G., & Rye, T. (2010). The governance of transport and climate change. *Journal of Transport Geography*, 18(6), 669-678. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.09.014>
17. Meyer, M. D., & Miller, E. J. (2013). *Urban transportation planning* (2nd ed.). McGraw-Hill.
18. Papagiannakis, A. T., & Barzilai, S. (2020). Smart cities and urban transportation. *Cities*, 103, 102769. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102769>
19. Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2020). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge.
20. Sheffi, Y. (1985). *Urban transportation networks: Equilibrium analysis with mathematical programming methods*. Prentice Hall.
21. Sinha, K. C., & Labi, S. (2011). *Transportation decision making: Principles of project evaluation and programming*. Wiley.
22. Van Wee, B. (2011). Transport and ethics: Ethics and the evaluation of transport policies and projects. *Edward Elgar Publishing*.
23. Wegener, M., & Fürst, F. (2004). Land-use transport interaction: State of the art. *Transport Reviews*, 24(3), 273-286. <https://doi.org/10.1080/0144164032000088967>

24. Zhang, W., Guhathakurta, S., & Zhao, F. (2018). The impact of urban form on travel behavior: Evidence from Atlanta, Georgia. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 422-432. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.09.003>
25. Zhou, J., Wang, Y., & Li, W. (2019). A machine learning approach for traffic congestion prediction. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(5), 1737-1747. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2870324>

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ(ПРЕЗЕНТАЦІЯ)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ
ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ У ВЕЛИКОМУ МІСТІ»**

виконав: Ілля Шабас

керівник: Ганна ЛИХОДЄЄВА, к.пед.н, доцент

- Актуальність виконаної роботи зумовлена стрімким зростанням рівня урбанізації, що викликає серйозні транспортні проблеми у містах. Інтенсивне збільшення транспортних потоків спричиняє перевантаженість дорожньої інфраструктури, затори, екологічні та економічні втрати. Традиційні системи управління дорожнім рухом виявляються неефективними через свою статичність та нездатність швидко адаптуватися до змін. Впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР) дозволяє покращити управління транспортними потоками завдяки використанню сучасних інформаційних технологій. Запропонована у роботі система, що ґрунтується на автоматичному аналізі даних та прогнозуванні руху, може значно підвищити ефективність дорожнього руху. Таким чином, результати дослідження мають практичне значення для покращення міської мобільності та зменшення негативного впливу транспорту на довкілля.

АКТУАЛЬНІСТЬ

- **Метою роботи** є дослідження можливостей впровадження та ефективності систем підтримки прийняття рішень (СППР) для управління міським дорожнім рухом
- **Об'єктом дослідження** є системи управління дорожнім рухом, зокрема сучасні СППР, які використовують великі дані, штучний інтелект та машинне навчання для аналізу транспортних потоків і прийняття оптимальних рішень в реальному часі
- **Предметом дослідження** є методи, технології та алгоритми, які використовуються в системах підтримки прийняття рішень для управління міськими транспортними потоками. Дослідження охоплює моделі прогнозування трафіку, аналіз даних GPS, інтеграцію розумних транспортних технологій та оцінку ефективності таких систем у великих містах

- Зменшення заторів та економія часу
- Покращення екологічної ситуації
- Підвищення безпеки дорожнього руху
- Підтримка економічного розвитку міста
- Розвиток сучасних технологій та розумної інфраструктури

ВСТУП

3

НЕОБХІДНІСТЬ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ

4

- Затори на дорогах
- Перевантаженість транспортної мережі
- Застарілі методи управління дорожнім рухом
- Інфраструктурні обмеження
- Соціальні та екологічні наслідки
- Недостатня інтеграція інноваційних технологій
- Відсутність стратегічного планування

Система підтримки прийняття рішень (СППР) – це інтерактивна комп'ютерна система, яка надає актуальні та достовірні дані й інформацію для розширення можливостей прийняття рішень окремими особами або групами. У сфері управління дорожнім рухом СППР забезпечує швидке збирання, обробку великих обсягів даних з різних джерел та аналіз цих даних для коротко - та довгострокових оцінок транспортних потоків

Основні функції СППР:

- 1. Аналіз даних** – збір та обробка інформації про дорожній рух, аварії, стан інфраструктури та інші фактори, що впливають на транспортну систему.
- 2. Прогнозування** – використання математичних моделей та алгоритмів для передбачення змін у дорожньому русі, можливих заторів або надзвичайних ситуацій.
- 3. Оптимізація руху** – розробка стратегій для ефективного керування транспортними потоками, включаючи зміни в роботі світлофорів, маршрутизацію транспорту та визначення пріоритетів руху.

ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ

5

Системи підтримки прийняття рішень (СППР)

6

- СППР складається з трьох основних компонентів:

1. Збір та обробка даних
2. Аналітика та прогнозування
3. Інтерфейси для прийняття рішень

- • Теорія транспортних потоків вивчає закономірності руху транспортних засобів, взаємодію учасників дорожнього руху та вплив зовнішніх факторів на інтенсивність руху. Вона поділяється на макроскопічні та мікроскопічні моделі: перші аналізують потік транспорту як єдине ціле, а другі досліджують поведінку окремих водіїв та їх транспортних засобів. Основні параметри, що визначають транспортний потік, включають швидкість, інтенсивність та щільність руху, які взаємопов'язані між собою. Ефективне управління транспортними потоками сприяє зменшенню заторів, покращенню мобільності та підвищенню безпеки на дорогах. Інтелектуальні системи управління транспортом, що використовують аналіз даних та прогнозування, допомагають оптимізувати дорожній рух у великих містах. З розвитком технологій транспортне планування стає більш адаптивним та інтегрує сучасні рішення для покращення міської мобільності.

Компоненти СППР

7

Теорія транспортних потоків

8

► Системи підтримки прийняття рішень (СППР) впроваджуються у багатьох містах світу для покращення управління транспортними потоками та зменшення заторів. Ось кілька успішних прикладів їхнього використання:

1. Нью-Йорк, США

У місті впроваджено DSS для управління транспортними потоками, що допомагає прогнозувати рух та оптимізувати дорожні умови.

2. Б'єлла, Італія

Було розроблено систему управління дорожнім рухом у реальному часі. Вона дозволяє ефективно реагувати на зміни в трафіку та покращує загальну мобільність.

3. Гетеборг, Швеція

Реалізований проєкт включає систему прогнозування дорожнього руху та маршрутизації. Використання даних у реальному часі допомогло покращити ефективність транспорту в місті.

4. Дортмунд, Німеччина

Використання PDSS (Public Decision Support System) дозволило зацікавленим сторонам брати участь у розробці рекомендацій для покращення управління транспортними потоками.

5. Портленд, США

У місті DSS допомагає прогнозувати наслідки інцидентів на дорогах та зміну поведінки водіїв. Система використовує дані в реальному часі від транспортної системи та автобусів з GPS, що дозволяє швидко реагувати на ситуацію.

6. Мюнхен, Німеччина

Впроваджена система DSS для контролю та моніторингу дорожнього руху в центральній частині міста. Це допомагає зменшити затори та покращити транспортну інфраструктуру.

Успішні приклади впровадження СППР

9

► Моніторинг та прогнозування трафіку є важливими складовими управління дорожнім рухом у містах. Для цього використовуються сучасні технології, такі як камери, датчики та GPS-системи, що дозволяють збирати дані про транспортні потоки в режимі реального часу. Аналіз цих даних допомагає передбачати можливі затори та знаходити оптимальні маршрути для зменшення навантаження на дорожню інфраструктуру. Застосування штучного інтелекту та машинного навчання сприяє підвищенню точності прогнозів і ефективності управління рухом. Завдяки системам підтримки прийняття рішень можна швидко реагувати на зміну дорожньої ситуації та мінімізувати вплив транспортних заторів. Використання таких методів дозволяє покращити мобільність у містах, знизити рівень забруднення та підвищити якість життя мешканців.

Моніторинг та прогнозування трафіку

10

► Впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР) в управління міським транспортом і дорожнім рухом має низку суттєвих переваг

1. Підвищення ефективності управління дорожнім рухом
2. Зниження заторів і підвищення пропускної здатності доріг
3. Зниження витрат часу та економічні вигоди
4. Покращення екологічної ситуації
5. Інтеграція різних транспортних систем
6. Гнучкість та адаптивність
7. Прогнозування та запобігання аварійним ситуаціям
8. Покращення громадського транспорту
9. Підвищення якості обслуговування населення
10. Зменшення навантаження на операторів транспортних систем

Переваги впровадження СППР

11

Головними викликами управління транспортними потоками є затори, екологічні проблеми та неефективне використання дорожньої інфраструктури, що призводить до економічних втрат і соціального невдоволення. Брак інтегрованих систем прийняття рішень ускладнює управління міським рухом, адже політики часто не мають необхідних знань для впровадження сучасних транспортних технологій. Для подолання цих викликів важливим є розвиток систем підтримки прийняття рішень (DSS), які можуть прогнозувати трафік, оптимізувати рух та покращувати безпеку дорожнього руху в реальному часі. Успішні приклади міст, що використовують DSS, свідчать про ефективність таких систем у зменшенні заторів та підвищенні транспортної доступності за рахунок використання великих даних та штучного інтелекту. Майбутній розвиток передбачає інтеграцію DSS із технологіями інтелектуальних міст, що дозволить оптимізувати мобільність, покращити екологічну ситуацію та забезпечити стійке зростання транспортної інфраструктури. Важливою частиною майбутніх змін стане ширше застосування цифрових рішень, автоматизація дорожнього руху та підвищення ефективності громадського транспорту на основі аналітики даних і прогнозування трафіку.

Виклики та майбутній розвиток

У роботі розглянуто досягнення та переваги систем підтримки прийняття рішень (СППР) у сфері управління транспортними потоками. Основну увагу приділено їхньому застосуванню для керування світлофорними об'єктами, оптимізації міського трафіку та інтеграції з іншими інтелектуальними транспортними системами (ІТС). Відзначено, що СППР значно покращують ефективність руху в міських умовах, зменшуючи затори та підвищуючи безпеку.

В дослідженні вказано на необхідність подальшого розвитку алгоритмів управління, вдосконалення інтегрованих систем та інфраструктури, що забезпечить ще більшу ефективність таких систем. Важливою є роль аналізу великих даних та машинного навчання, які дозволяють прогнозувати потоки транспорту та оптимізувати маршрути в реальному часі. Окрім технічних аспектів, у роботі наголошено на необхідності врахування етичних та правових питань, пов'язаних із використанням СППР, зокрема щодо приватності даних та підзвітності прийнятих рішень

Висновки

12



Дякую за
увагу!