

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.9:004.65:004.71: 654.9

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2024.106.0.7

АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТРУКТУРИ ДАНИХ ДЛЯ ЗАВДАНЬ
УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ

Грицук В. Ю.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. У статті розглядається критична потреба в інноваційних рішеннях для підвищення ефективності управління транспортними потоками, запропоновано комплексне дослідження функції масивів даних для вирішення проблеми міської мобільності. Узагальнюючи інформацію з різних джерел, стаття має на меті надати цілісне розуміння теоретичних основ, практичного застосування та нових тенденцій у використанні наборів даних для оптимізації дорожнього руху. У статті розглядаються теоретичні засади, застосування динамічних масивів та розвиток управління даними про дорожній рух. Результати демонструють трансформаційний вплив динамічних масивів на управління транспортними потоками. Практична цінність роботи полягає в її потенціалі для інформування містобудівників і розробників технологій про трансформаційні можливості наборів даних. У роботі подано структуроване дослідження наборів даних в управлінні транспортними потоками, пропонуються ідеї, які сприяють можливій інтеграції інтелектуальних рішень для дорожнього руху.

Ключові слова: дані, структура, транспортний засіб, Floating Car Data (FCD), сигнал, трафік, алгоритм, бази даних, інтернет речей, Big Data, ETL-процес.

Вступ

З розширенням території міст світу зростає транспортний рух, що також призводить до заторів, затримок і екологічних проблем [1]. Щоб вирішити ці проблеми, необхідно змінити підхід до управління трафіком. Одним з рішень може стати створення комплексних наборів керованих даних, які допоможуть підвищити ефективність управління трафіком.[2]

Процес управління потоками транспорту в будь-якому місті [3–5] постійно стикається з однією головною проблемою – заторами, тобто складна взаємодія транспортних засобів на дорогах призводить до неефективності та підвищених затримок у міському русі [4]. Ця перевантаженість не тільки впливає на час подорожі, але й сприяє економічним витратам, втраті продуктивності та збільшенню кількості споживання палива кожним учасником дорожнього руху.

Затримки в міському русі, спричинені заторами чи іншими факторами, ускладнюють проблеми і посилюють навантаження на транспортні системи. Незалежно від того, чи це пасажирів, які намагаються дістатися до своїх робочих місць, вантажі в дорозі, щоб задовольнити потреби ланцюга постачання, чи екстрені служби, що реагують на критичні ситуації, затримки становлять значну перешкоду

для ефективного функціонування міських районів.

Нині з'являється розуміння цієї сфери, що висвітлює функцію інтелектуальних транспортних і контрольних систем у використанні можливостей інтелектуального аналізу даних і машинного навчання.

Аналіз публікацій

Автори робіт [1–2] акцентують увагу на можливості створення наборів керованих даних для підвищення ефективності управління трафіком транспортних засобів в умовах розвитку транспортної системи міст.

У роботах [3–5] розглядається комплексне застосування технологій інтелектуального аналізу даних і машинного навчання, запропонована схема використання наборів даних для покращення розуміння динаміки трафіка. Стратегічне створення комплексних та інтелектуальних наборів даних є основою для досягнення максимальної ефективності. Оскільки міста кожного дня стикаються зі складнощами сучасного транспорту, ретельний підбір і використання наборів даних є фундаментальним способом підвищення загальної ефективності систем управління дорожнім рухом.

У дослідженнях [6–8] пропонується як джерело даних застосовувати геолокацію та

швидкість із зазначенням часу, які використовуються безпосередньо транспортними засобами, що рухаються, на відміну від традиційних даних про дорожній рух, які визначаються у фіксованому місці стаціонарним пристроєм або спостерігачем. Такі дані є джерелами інформації для автоматизованих систем, що дозволяє миттєво приймати рішення на її основі (працювати в режимі реального часу).

У роботі [9] визначено важливість потоків даних у реальному часі, отриманих від під'єднаних до IoT-пристроїв, тобто датчики та камер, які є основними елементами для точного прогнозування трафіка. За допомогою цих джерел можна застосувати додаткові методи аналізу, що допоможе визначити закономірності та тенденції щодо розуміння динаміки трафіка.

Мета та постановка завдання

Метою роботи є аналіз залучення масивів даних в управління міським транспортним потоком.

Для досягнення цієї мети необхідно проаналізувати дані про дорожній рух для ефективного управління потоками, визначити можливості прогнозування трафіка на основі Big Data та машинного навчання, дослідити актуальні можливості інтернету речей.

Основний матеріал дослідження

Для процесу ефективного керування дорожнім рухом можна використовувати метод Floating Car Data (FCD). FCD (рис.1), тобто метод на основі інформації в реальному часі, що отримується від руху транспортних засобів, який суттєво змінює розуміння щодо управління дорожнім рухом [6].

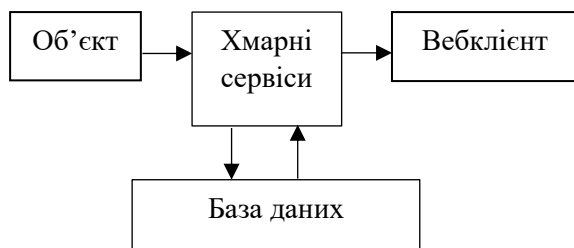


Рис. 1. Модель FCD

FCD містить велику кількість інформації про час руху, пропонуючи детальне уявлення про те, як транспортні засоби пересуваються дорожніми мережами з часом. Використовуючи ці дані, органи управління дорожнім рухом отримують інформацію про різні мо-

делі руху. Дослідження щодо застосування FCD є динамічним ресурсом для вдосконалення алгоритмів трафіка. Алгоритми, що керуються моделями часу минулих пересувань транспортних засобів, є більш надійними щодо прогнозування та адаптації до майбутніх сценаріїв дорожнього руху. Їх використання дозволяє оптимізувати стратегії керування трафіком та розробити більш ефективні підходи для збільшення продуктивності.

FCD у реальному часі забезпечує постійне оновлення інформації про місцезнаходження та швидкість транспортних засобів, допомагає автоматизувати системи керування дорожнім рухом. Отриманий динамічний потік даних дозволяє системам миттєво реагувати на зміну умов руху. Ця гнучкість має вирішальне значення для реагування на раптові зміни в схемах руху, аварії чи інші події, які можуть вплинути на потік транспортних засобів. Інтеграція FCD у режимі реального часу в автоматизовані системи покращує їхній процес реагування, забезпечуючи ефективне перенаправлення трафіка, коригування сигналів та загальну оптимізацію системи (рис.2). Можливість інтеграції моделі FCD у процеси планування дозволяє зацікавленим особам передбачати наявність можливих заторів та, можливо, запобігати проблемам з ними, сприяючи більш плавній та ефективній екосистемі міського руху [7]. Інтеграція FCD у структуру алгоритмів дорожнього руху та автоматизованих систем дає змогу для побудови більш адаптованих та ефективних систем управління міським транспортом.

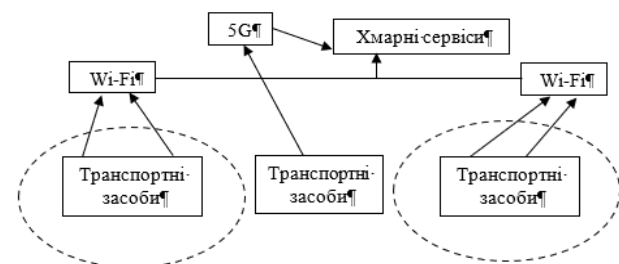


Рис. 2. Підтримка розширених даних про FCD

Прогнозування потоку трафіка за допомогою аналізу даних і машинного навчання

Також, щоб вирішити проблеми трафіка, можна здійснити аналіз даних, машинного навчання та інтернету речей (IoT). Ці технології допомагають передбачати рух трафіка та вирішувати проблеми із заторами в реаль-

ному часі, сприяючи розвитку в цій сфері [1, 10]

Алгоритми машинного навчання здійснюють основну функцію у формуванні точності наборів даних, призначених для управління трафіком. Ці алгоритми, які підживлюються великою кількістю даних у реальному часі, навчаються розпізнавати складні схеми руху, визначати тригери заторів і прогнозувати майбутні умови руху. Машинне навчання сприяє створенню точних моделей, адаптивних і керованих даними, які є в основі ефективних прогнозів транспортних потоків.

На сьогодні машинне навчання є не тільки прогностичним, а також допомагає в управлінні наборами даних. Процес аналізу алгоритмів машинного навчання вдосконалює ці набори даних, забезпечуючи постійне оновлення та розвиток. За допомогою машинного навчання можна отримати достатньо точне прогнозування поведінки дорожнього руху, що дає можливість автоматизовано приймати рішення.

Однією з особливостей машинного навчання є акцент на потенціалі стратегій зміни маршруту, які сприяють отриманню даних у реальному часі. Містячи в основі набори даних із підтримкою машинного навчання, навігаційні системи стають здатними не просто реагувати на затори, а й завчасно змінювати маршрути транспортних засобів для оптимізації транспортного потоку. На сьогодні навігаційні системи, що містять статистичні дані в реальному часі, можуть динамічно коригувати маршрути, відводячи водіїв від заторів і зменшуючи тиск у міській мережі доріг. Цей підхід не тільки мінімізує затримки для окремих пасажирів, але й сприяє більш ефективному використанню всієї транспортної інфраструктури [6].

Тобто поєднання аналітики даних, машинного навчання та інтернету речей змінює стратегії управління трафіком. Створення точних наборів даних за допомогою алгоритмів машинного навчання стає основою для активного прогнозування трафіка та швидкої зміни маршруту завдяки оптимізуванню нових технологій.

Застосування даних про дорожній рух у розумних містах

Розумні міста використовують такі методи для аналізу даних про рух транспорту та ефективного керування:

- використання даних про трафік для оптимізації маршрутів як для окремих пасажирів, так і для систем громадського транспорту. Аналіз моделей трафіка в реальному часі та минулих періодів дозволяє ідентифікувати найбільш ефективні та найменш завантажені маршрути, скорочуючи час у дорозі та підвищуючи загальну мобільність;
- дані про дорожній рух є основою для систем динамічного керування сигналами дорожнього руху. Завдяки безперервному моніторингу умов руху можливо регулювати час сигналу в режимі реального часу. Цей механізм динамічного керування гарантує, що сигнали світлофора реагують на поточний потік, мінімізуючи затримки та збільшуючи пропускну здатність транспортних засобів перехрестями;
- дані про дорожній рух допомагають ефективно керувати місцями для паркування. Дані моніторингу щодо паркувальних місць дозволяють направляти водіїв до доступних місць, зменшуючи кількість зайвих заторів, спричинених пошуком місця для паркування. Це не лише покращує зручність для водіїв, але й сприяє більш плавному транспортному середовищу;
- дані про трафік використовують для оптимізації маршрутів і розкладів громадського транспорту. Використовуючи інформацію про завантаженість транспортної системи протягом дня, можна узгоджувати послуги громадського транспорту з попитом, скорочуючи час очікування та покращуючи загальну ефективність транспортної системи;
- дані про дорожній рух є основними для покращення процесу планування реагування на надзвичайні ситуації. Розумні міста використовують дані в реальному часі, щоб передбачити та зменшити затори на дорогах під час надзвичайних подій. Це гарантує, що екстрені служби можуть швидко та ефективно дістатися до місця призначення, потенційно рятуючи життя та мінімізуючи вплив інцидентів на транспортний потік.

Функція Big Data у плануванні ефективних маршрутів та оптимізації системи полягає в тому, що, аналізуючи величезні масиви даних, міста можуть визначати приховані закономірності та вузькі місця руху й оптимізувати маршрути для різних видів транспорту. Аналітика Big Data, яка здатна обробляти та визначати складні набори даних, дає

містам змогу приймати обґрунтовані рішення щодо загальносистемних покращень.

Ці набори даних, що містять різноманітні джерела, тобто датчики, камери та під'єднані до них транспортні засоби, надають цілісну інформацію про міський ландшафт мобільності. Комплексний тип цих наборів даних гарантує, що додатки для розумного міста мають доступ до багатьох джерел інформації від самого міста, що дозволяє більш точно прогнозувати та швидко реагувати для прийняття рішень щодо управління дорожнім рухом.

Методології для створення наборів даних в управлінні трафіком

Однією з головних проблем у створенні наборів даних для керування трафіком є забезпечення якості та точності даних. Неточні або неповні дані можуть призвести до неправильних прогнозів і неефективних стратегій управління трафіком. Існують ефективні методології, завдяки процесам яких можна досягнути надійності даних з датчиків та джерел інформації.

Збір і використання даних трафіка часто викликає занепокоєння щодо конфіденційності. Досягнення балансу між потребою в аналізі даних і міркуваннями щодо конфіденційності є проблемою, яку успішні методології вирішують способом впровадження методів анонізації, забезпечення безпеки даних і прозорого інформування громадськості про заходи конфіденційності.

Міське середовище містить безліч джерел даних: від традиційних камер руху до сучасних пристроїв IoT. Успішні методології передбачають інтеграцію цих різноманітних джерел в єдину оптимальну структуру. Така інтеграція гарантує, що отримані набори даних забезпечать цілісне уявлення про ландшафт міської мобільності.

Адаптована методологія має бути масштабованою, щоб відповідати унікальним викликам різноманітних міських середовищ. Незалежно від того, чи це густонаселені міські центри, чи розгалужені приміські райони, методологія має бути здатною отримувати та обробляти дані, що стосуються специфічних характеристик кожного середовища. Адаптивність методологій залежить від їхньої здатності охоплювати технологічні досягнення. З появою нових датчиків, комунікаційних технологій та аналітичних способів розвиваються успішні підходи, які містять ці інновації, забезпечуючи їхню актуальність у

технологічному ландшафті, що постійно змінюється. Міські райони відрізняються за рівнем інфраструктури: деякі міста мають розвинену технологічну інфраструктуру, а інші можуть перебувати на ранніх стадіях розвитку. Адаптивна методологія має бути доступною та реалізованою на різних рівнях інфраструктури, сприяючи різноманіттю в прийнятті рішень згідно з цими даними для управління трафіком.

Тобто методології, які на сьогодні використовуються з метою створення наборів даних для управління дорожнім рухом, утворюють динамічну структуру, яка відповідає унікальним викликам міської мобільності. Найкращі з них дозволяють ефективно керувати складнощами, пов'язаними з якістю даних, конфіденційністю та їхньою інтеграцією. Адаптивність забезпечується відповідністю різноманітним міським особливостям і технологічним умовам.

Одним із практичних прикладів методології у контексті створення наборів даних для управління дорожнім рухом є впровадження систем розумного паркування. Відповідно до вищезазначеного, системи розумного паркування використовують різні технології для пошуку даних про зайнятість паркувальних місць, що сприяє більш ефективному управлінню дорожнім рухом у міських районах. Розглянемо, як може працювати ця методологія:

- інтеграція датчиків: розгортання датчиків, (ультразвукових або камер) на паркувальних місцях для моніторингу зайнятості. Ці датчики визначають наявність або відсутність транспортних засобів і передають дані в реальному часі до централізованої системи;
- аналіз даних: аналіз даних з окремих паркувальних місць у централізованій базі даних. Ця база даних є цінним набором даних, що містить інформацію про зайнятість місць для паркування, тривалість перебування та моделі використання;
- використання IoT для забезпечення безперебійного зв'язку між датчиками та централізованою системою. Цей зв'язок забезпечує оновлення в режимі реального часу та постійну актуалізацію набору даних останньою інформацією;
- впровадження алгоритмів машинного навчання для аналізу даних про період, що вже минув, і даних у реальному часі. Ці алгоритми можуть передбачати моделі попиту на паркування, визначати час пі-

- кового використання та оптимізувати наявність місць для паркування;
- розроблення за стосунків для користувачів (мобільних за стосунків або цифрових вивісок), які надають водіям інформацію в режимі реального часу про доступні місця для паркування. Це сприяє зменшенню затворів, спричинених водіями, які здійснюють пошук місць для паркування.
 - Реальне впровадження комплексних наборів даних для управління дорожнім рухом продемонструвало значний вплив на ефективність, безпеку та загальну міську мобільність. Як приклад можна розглянути місто Лос-Анджелес (США), де міська влада запровадила систему ATSPM

(Автоматизовані заходи сигналів світлофора, рис.3), щоб використовувати повні набори даних для оптимізації роботи сигналів світлофора. Тобто були використані такі набори даних:

- дані світлофора в режимі реального часу;
- дані про зайнятість перехресть;
- дані про рух пішоходів і велосипедистів;
- дані про рух транспорту від датчиків, вбудованих у дорожню інфраструктуру;
- дані відстеження транспортних засобів із під'єднаних транспортних засобів;
- дані про погодні умови та навколишнє середовище.

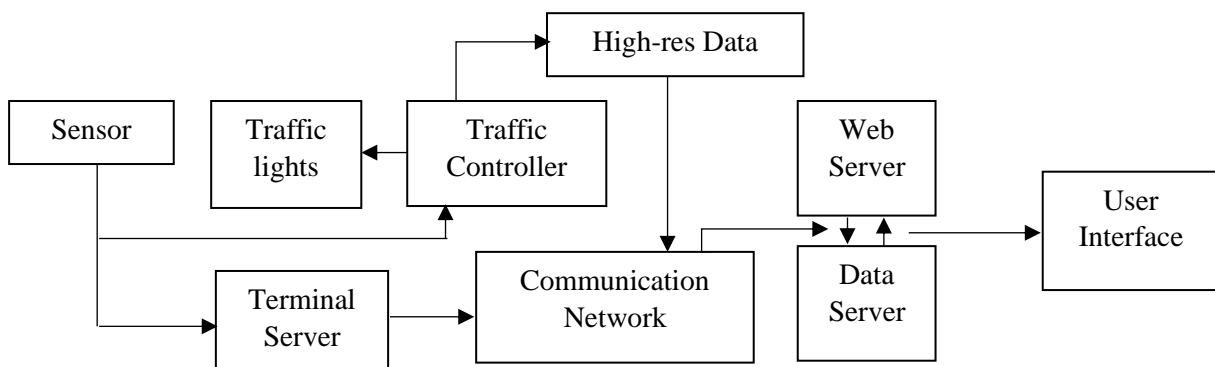


Рис. 3. Принцип роботи ATSPM

Було отримано покращену синхронізацію сигналу, тому що використовувались данні в реальному часі, це дозволило динамічно коригувати сигнал, зменшуючи затори та покращуючи потік трафіка. Також було вирішено питання безпеки, оскільки дані про зайнятість перехресть сприяли покращенню її способом оптимізації часу сигналу на основі фактичних умов дорожнього руху. Комплексні набори даних сприяли прийняттю обґрунтованих рішень, що призвело до цілеспрямованих покращень у місцях із високим трафіком завдяки регулярному безперервному оновленню інформації. Інтеграція даних із різноманітних джерел забезпечила комплексне уявлення та підвищила точність прогнозів трафіка, що дозволило негайно приймати рішення, скорочуючи час реагування на інциденти та затори [11].

З огляду на специфіку роботи з технологією оптимізації роботи сигналів і можливість застосування цієї технології під час оптимізації транспортних потоків перспективним варіантом є використання реляційних баз даних (SQL) [12]. У цьому випадку в базі

буде зберігатись інформація про сигнали світлофорів, метрики трафіка, тимчасові ряди даних, історичні дані. Більш ефективним це буде в комплексі з розвинутою хмарною інфраструктурою, що допоможе забезпечити автоматичне резервне копіювання, високий рівень доступності та можливість масштабування. Водночас існують і неструктуровані дані: відео з камер, дані сенсорів та логи. Їх можна зберігати в нереляційних базах даних (NoSQL). Для зберігання всієї інформації з різноманітних сенсорів та датчиків у хмарному середовищі можна використовувати Amazon S3 (Simple Storage Service).

Доцільно в цьому випадку налаштувати ETL-процеси (рис.4) (Extract, Transform, Load), тобто інтегрувати дані з різних джерел, трансформувати їх у потрібні формати та завантажити в основні системи зберігання.

Наявна інформація, тобто дані з датчиків руху, камер, контролерів світлофорів, сторонніх API, надходить до визначеного сховища даних, поділене на різні бази даних за їхнім форматом (наприклад, дані про погодні

умови, дані з автомобілів або дані про дорожні роботи).

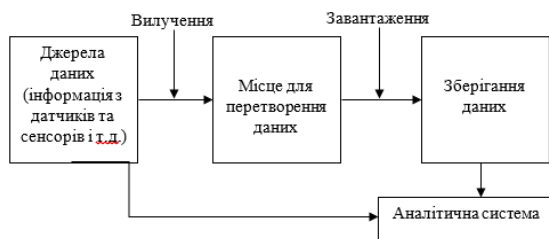


Рис. 4. Модель ETL

Крім того, здійснюється перевірка цих даних на правильність, тобто відповідають вони шаблонним даним чи ні (які містяться в реєстрі, з яким порівнюються отримані дані для їх валідації). Якщо деякі дані не відповідають шаблонним, то вони надходять до аналітичної системи, яка аналізує, знаходить та виправляє неправильні записи. Для її трансформування можемо використовувати відкриті джерела, зокрема Apache Spark, Apache Flink, Python (pandas, NumPy). Це дозволить нам обчислювати середні значення швидкості руху, обсяги трафіка, час затримки та водночас зберігати інформацію в потрібному для подальшої роботи форматі, а використання паралельного оброблення даних дозволить зменшити навантаження на систему та прискорити процес. У подальшій роботі ці дані потрапляють до хмарного середовища з реляційною базою даних для автоматизації запуску ETL-процесів за розкладом або за подіями для забезпечення своєчасного оновлення даних. У цьому випадку потрібно створити додаткове сховище даних, яке буде зберігати певну історичну базу даних, з якою можна буде порівняти дані в реальному часі.

Водночас така система роботи може мати певні складності, зокрема через постійну масштабованість збільшення часу аналізу даних тощо. Для вирішення цього питання доцільно використовувати паралельні обчислювання. Це потрібно для роботи з такими даними, як інформація з реєстраторів дорожнього руху. Дані, які збираються в одному файлі, можна розділити на декілька менших файлів для можливості паралельного доступу. Далі певні елементи відокремлюють однакову інформацію від нової та сортують її в один вихідний файл, додаючи додаткові індикатори до кожної частини процесу, щоб забезпечити можливість швидкого реагування на помилки. Крім того, для коректної роботи такого механізму потрібно буде узгодити вилучення даних з реєстрів, які можуть працювати в різному годинному інтервалі.

Вирішення цього питання дозволить налаштувати цей процес й автоматизувати його.

Для зменшення рівня помилковості помилок у процесі запису даних можна здійснити віртуалізацію ETL-процесів [13]. Це дозволить мати доступ до вихідної системи з різних джерел для кращої аналітики та дасть змогу не створювати додаткові бази даних [14]. Таке використання дозволить інтегрувати додаткове програмне забезпечення для автоматизації, щоб мати можливість знаходити способи для прискорення процесу [14].

Майбутні напрями та інновації

Майбутнє створення наборів даних для управління трафіком має бути готовим до трансформаційних досягнень, що викликані новими тенденціями та інноваціями. Кілька ключових технологій здійснюють важливу функцію у формуванні наборів даних міської мобільності:

по-перше, це технологія 5G. Розгортання мереж 5G має потенціал для революції у пошуку даних в управлінні трафіком. Високошвидкісні можливості 5G із малою затримкою забезпечують зв'язок у реальному часі між транспортними засобами, інфраструктурою та центральними системами, сприяючи безперебійній передачі великих обсягів даних. Це надає системам керування трафіком більш точну та своєчасну інформацію для прийняття рішень;

по-друге, це досягнення в сенсорних мережах. Постійний прогрес у сенсорних технологіях, зокрема LiDAR, радар і комп'ютерне бачення, сприяють більш точному та детальному пошуку даних. Ці датчики можуть фіксувати детальну інформацію про рух транспортних засобів, діяльність пішоходів й умов навколишнього середовища. Інтеграція цих розширених сенсорних мереж у системи керування трафіком покращує насиченість і точність наборів даних;

по-третє, це IoT. Поширення пристроїв інтернету речей, вбудованих у транспортні засоби, інфраструктуру та міське середовище, створює мережу взаємопов'язаних елементів, що сприяє створенню комплексної екосистеми даних. Ця мережа полегшує обмін даними в режимі реального часу, дозволяючи отримати більш цілісне розуміння моделей руху, умов навколишнього середовища та загальної динаміки міської мобільності;

по-четверте, це машинне навчання та штучний інтелект. Удосконалення процесу

роботи машинного навчання та штучного інтелекту сприяють більш складній аналітиці даних. Ці технології дозволяють системам керування дорожнім рухом не лише обробляти великі обсяги даних, але й отримувати корисну інформацію, прогнозувати схеми руху та постійно вдосконалювати адаптивність алгоритмів на основі мінливої міської динаміки.

Висновки

Під час дослідження наборів даних в управлінні дорожнім рухом було зроблено кілька ключових висновків, які матимуть вплив на трансформацію комплексного використання даних для оптимізації міської мобільності:

- аналіз різноманітних тематичних досліджень, історій успіху та реальних реалізацій визначає основну функцію наборів даних у революції в управлінні трафіком. За допомогою ефективного використання даних у реальному часі можна суттєво зменшити затори, підвищити загальну продуктивність та поліпшити процес прийняття рішень;
- дослідження нових тенденцій та інновацій визначає вплив таких технологій, як 5G, периферійні обчислення, розширені сенсорні мережі та штучний інтелект. Ці досягнення можуть змінити побудову наборів даних, що надасть більш детальну та безпечну інформацію про динаміку міського трафіка в реальному часі;
- дані можуть бути використані для машинного навчання на декількох рівнях: можуть використовуватися для прогнозування траєкторій автомобілів, середньої швидкості на ділянці для оптимізації руху;
- ефективність віртуалізації наявних даних дозволяє покращити аналітику та зменшити загальну кількість баз даних.

Таким чином, дослідження наборів даних в управлінні трафіком має багато можливостей для трансформації. Подальший прогрес технологій, як і нові розроблення, допоможе покращити ефективність міської мобільності.

Література

1. Kamel Tabbakh, Seyed & Chabok, Seyed & Kheirabadi, Maryam. (2020). Optimization of Air Traffic Management Efficiency Based on Deep Learning Enriched by the Long Short-term

- Memory (LSTM) and Extreme Learning Machine (ELM). 10.21203/rs.3.rs-113231/v2.
2. Zhang, Jiamin & Zhang, Jiarui. (2023). Artificial Intelligence Applied on Traffic Planning and Management for Rail Transport: A Review and Perspective. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2023. 1–17. 10.1155/2023/1832501.
3. Nawaf, O. Alsrehin, Ahmad, F. Klaib, Aws Magableh. (2019). Intelligent Transportation and Control Systems Using Data Mining and Machine Learning Techniques: A Comprehensive Study. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8681028/metrics#metrics> (дата звернення: 23.11.2023).
4. Mansor, Taiba & ABRI, Rayan. (2023). Data-Driven Optimization of Urban Traffic using AI and Real-Time Analysis. *International Conference on Pioneer and Innovative Studies*. 1. 507–514. 10.59287/icpis.881.
5. Reis Da Silva, Bruno. (2023). Use of Big Data Analytics for Public Transport Efficiency: Evidence from Natal, (RN), Brazil. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1736700&dswid=2918> (дата звернення: 23.11.2023).
6. Yisheng, Lv & Duan, Yanjie & Kang, Wenwen & Li, Zhengxi. (2014). Traffic Flow Prediction With Big Data: A Deep Learning Approach. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 16. 865–873. 10.1109/TITS.2014.2345663.
7. Lopes, J. & Bento, J. & Huang, E. & Antoniou, Constantinos & Ben-Akiva, Moshe. (2010). Traffic and mobility data collection for real-time applications. *Conference Record - IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*. 216–223. 10.1109/ITSC.2010.5625282.
8. Zhang, Z., Jiao, X. A deep network with analogous self-attention for short-term traffic flow prediction. *IET Intell. Transp. Syst.* 15. 902–915 (2021). <https://doi.org/10.1049/itr2.12070>.
9. Jiber, Mouna & Lamouik, Imad & Yahyaouy, Ali & Abdelouahed, Sabri. (2018). Traffic flow prediction using neural network. 1–4. 10.1109/ISACV.2018.8354066.
10. Gritsuk, I.V., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y., Nikitchenko, Y., Klets, D., Smieszek, M., Volkov, Y., Symonenko, R., Grytsuk, A. (2018). Information Model of V 2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions. *SAE Technical Papers*. 2018-April. DOI 10.4271/2018-01-0024
11. Tharun Palla's. (2021). Intelligent traffic management using Big Data analytics and IoT. URL: <https://tharun-palla43.medium.com/intelligent-traffic-management-using-big-data-analytics-and-iot-a5e841f2cf7d> (дата звернення: 23.11.2023).
12. Використання інформаційних баз даних в задачах моніторингу автомобільного транспорту / А. І. Гришук та ін. Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та облад-

- нання для їх обслуговування. 9-а Міжнародна науково-практична конференція, 13–14 вересня 2018 р. Херсон: ХДМА. 376 с. С. 37–39.
13. Data virtualisation on rise as ETL alternative for data integration. URL: <https://www.computerweekly.com/feature/Data-virtualisation-on-rise-as-ETL-alternative-for-data-integration> (дата звернення: 01.06.2024).
 14. The True Value of Data Virtualization: Beyond Marketing Buzzwords. URL: https://medium.com/@Nick_Golovin/the-true-value-of-data-virtualization-beyond-marketing-buzzwords-7acb4e12b100 (дата звернення: 01.06.2024).

References

1. Kamel Tabbakh, Seyed & Chabok, Seyed & Kheirabadi, Maryam. (2020). Optimization of Air Traffic Management Efficiency Based on Deep Learning Enriched by the Long Short-term Memory (LSTM) and Extreme Learning Machine (ELM). 10.21203/rs.3.rs-113231/v2.
2. Zhang, Jiamin & Zhang, Jiarui. (2023). Artificial Intelligence Applied on Traffic Planning and Management for Rail Transport: A Review and Perspective. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2023. 1–17. 10.1155/2023/1832501.
3. Nawaf, O. Alsrehin, Ahmad, F. Klaib; Aws Magableh. (2019). Intelligent Transportation and Control Systems Using Data Mining and Machine Learning Techniques: A Comprehensive Study. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8681028/metrics#metrics> (last accessed: 23.11.2023)
4. Mansor, Taiba & ABRI, Rayan. (2023). Data-Driven Optimization of Urban Traffic using AI and Real-Time Analysis. *International Conference on Pioneer and Innovative Studies*. 1. 507–514. 10.59287/icpis.881.
5. Reis Da Silva, Bruno (2023). Use of Big Data Analytics for Public Transport Efficiency: Evidence from Natal, (RN), Brazil. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1736700&dswid=2918> (last accessed: 23.11.2023).
6. Yisheng, Lv & Duan, Yanjie & Kang, Wenwen & Li, Zhengxi. (2014). Traffic Flow Prediction With Big Data: A Deep Learning Approach. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 16. 865–873. 10.1109/TITS.2014.2345663.
7. Lopes, J. & Bento, J. & Huang, E. & Antoniou, Constantinos & Ben-Akiva, Moshe. (2010). Traffic and mobility data collection for real-time applications. *Conference Record - IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*. 216–223. 10.1109/ITSC.2010.5625282.
8. Zhang, Z., Jiao, X.: A deep network with analogous self-attention for short-term traffic flow prediction. *IET Intell. Transp. Syst.* 15. 902–915 (2021). <https://doi.org/10.1049/itr2.12070>
9. Jiber, Mouna & Lamouik, Imad & Yahyaouy, Ali & Abdelouahed, Sabri. (2018). Traffic flow prediction using neural network. 1–4. 10.1109/ISACV.2018.8354066.
10. Gritsuk, I. V., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y., Nikitchenko, Y., Klets, D., Smieszek, M., Volkov, Y., Symonenko, R., Grytsuk, A. (2018). Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions. *SAE Technical Papers*, 2018-April. DOI 10.4271/2018-01-0024.
11. Tharun Palla's. (2021). Intelligent traffic management using Big Data analytics and IoT. URL: <https://tharun-palla43.medium.com/intelligent-traffic-management-using-big-data-analytics-and-iot-a5e841f2cf7d> (last accessed: 23.11.2023).
12. Gritsuk, A. I., Hrytsuk V. Iu., Chentsov A. V., Mateichyk P. V., Krasnokutska Z. I. (2018). Vykorystannia informatsiinykh baz danykh v zadachakh monitorynhu avtomobilnoho transportu // Suchasni enerhetychni ustanovky na transportu i tekhnologii ta obladnannia dlia yikh obsluhovuvannia. 9-a Mizhnarodna naukovopraktychna konferentsiia, 13–14 veresnia 2018 r. Kherson: KhDMA. 376 s. S.37–39
13. Data virtualisation on rise as ETL alternative for data integration. URL: <https://www.computerweekly.com/feature/Data-virtualisation-on-rise-as-ETL-alternative-for-data-integration> (last accessed: 01.06.2024).
14. The True Value of Data Virtualization: Beyond Marketing Buzzwords. URL: https://medium.com/@Nick_Golovin/the-true-value-of-data-virtualization-beyond-marketing-buzzwords-7acb4e12b100 (last accessed: 01.06.2024).

Грицук Валерій Юрійович, аспірант каф. Комп'ютерні науки, valeri.gritsuk@gmail.com, тел. +38-095-221-63-93, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, 61002, м. Харків, Україна.

Analysis and Justification of Data Structure Selection for Traffic Flow Management Tasks

Abstract. Problem. Cities around the world are increasingly facing challenges related to congestion, delays and the environmental impact of those problems. The paper examines the critical need for innovative solutions to improve the efficiency of traffic flow management, offering a comprehensive study of the role of data arrays in solving the problem of urban mobility. **The main goal** is to explore and find out how the use of data sets can improve traffic management, contributing to the development of new traffic management systems and informed decision-making. By summarizing information from various sources, the article aims to provide a holistic under-

standing of the theoretical foundations, practical applications and new trends in the use of datasets for traffic optimization. Drawing on a range of sources, ranging from dynamic algorithms to real-world case studies in Los Angeles, the paper examines the theoretical foundations, applications of dynamic arrays, and the development of traffic data management. **The results** demonstrate the transformative effect of dynamic arrays on traffic flow management. Real-world implementations demonstrate tangible benefits, including improved signal synchronization, increased security, and data-driven decision-making. New trends such as 5G, edge computing and advanced sensor networks are considered to be the main elements shaping the future of traffic data management. **The practical value** of the work lies in its potential to inform urban planners and technology developers about the transformative possibilities of data sets. By understanding practical applications, challenges and

emerging trends, stakeholders can make informed decisions to improve urban mobility, reduce congestion and shape the future of intelligent traffic solutions. The work provides a structured study of data sets in the management of traffic flows, offering ideas that contribute to the possible integration of intelligent solutions for traffic and a more comfortable urban life.

Key words: data, structure, vehicle, Floating Car Data (FCD), signal, traffic, algorithm, databases, Internet of Things, Big Data, ETL process

Hritsuk Valerii, postgraduate student, Computer Science, valeri.gritsuk@gmail.com,

тел. +38-095-221-63-93,

Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho str., Kharkiv, 61002, Ukraine.
