

УДК 004

МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ТРАФІКУ

Кононихін О.С., Білик Г.В

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

Сучасні транспортні системи у великих мегаполісах стикаються з гострою проблемою заторів. Значна частина цієї проблеми, відома як не рекурентні затори, спричинена непередбачуваними подіями, такими як дорожньо-транспортні пригоди, поломки транспортних засобів або наявність сторонніх предметів на дорозі. Оперативне автоматизоване виявлення таких інцидентів має вирішальне значення, оскільки дозволяє швидше реагувати екстреним службам, скорочує час затримки для водіїв та знижує ризик вторинних аварій.[2]

Традиційні системи виявлення інцидентів здебільшого покладаються на стаціонарні датчики (наприклад, індукційні петлі), які вимірюють макроскопічні параметри потоку, такі як інтенсивність, заповненість та середня швидкість. Основним недоліком цього підходу є те, що він фіксує наслідки інциденту (тобто затор), а не саму подію, що призводить до значної затримки у виявленні. Дослідження показали, що моделі, відкалібровані лише за цими агрегованими показниками, можуть не точно відображати реальну мікроскопічну поведінку водіїв. Крім того, розгортання та обслуговування такої сенсорної інфраструктури є дорогим і забезпечує лише обмежене покриття мережі[3].

Мета статті – підвищити ефективність управління транспортними потоками за рахунок розробки методу оперативного виявлення аномалій трафіку.

Метод базується на аналізі мікроскопічних динамічних параметрів, отриманих з обладнаних GPS транспортних засобів-зондів, та враховує високий рівень "шуму" даних, притаманний реальним міським умовам.

Запропонований метод для виявлення аномалій складається з трьох основних етапів.

Етап 1. Отримання та фільтрація траєкторій. Система використовує дані про траєкторію, отримані від транспортних засобів-зондів, оснащених GPS. Найбільшою проблемою при використанні GPS у міських умовах є деградація та втрата сигналу в умовах щільної забудови[2].

Для вирішення цієї проблеми ми застосовуємо дворівневий підхід:

- використання приймачів HSGPS забезпечує кращу доступність сигналу в складних умовах порівняно зі стандартними приймачами;

- обробка "шумних" даних та заповнення прогалів у траєкторії за допомогою фільтра Калмана. Цей фільтр є частиною модуля динаміки транспортного засобу, який прогнозує та коригує стан автомобіля. Крім того, застосовується алгоритм "Map-Matching", який використовує цифрову карту доріг як потужне доповнення для корекції помилок позиціонування[2].

Етап 2. Визначення динамічних параметрів. Після отримання очищеної траєкторії (послідовності координат та часу) обчислюємо динамічні параметри, які слугуватимуть ознаками для моделі виявлення аномалій. Замість того, щоб покладатися лише на швидкість, фокусується на її похідних, які є більш чутливими до раптових змін[1]:

- "шум прискорення" (Acceleration Noise), що визначається як стандартне відхилення прискорення автомобіля за певний часовий проміжок. Цей параметр є надійним індикатором нестабільного руху, наприклад, частих гальмувань та прискорень, що є характерним для заторів, спричинених інцидентом;

- "ривок" (Jerk) кількісно оцінює раптовість зміни прискорення. Миттєві піки ривка є потужними індикаторами механічних ударів (ДТП) або екстрених гальмувань. Аналіз цього параметру дозволяє зафіксувати безпосередньо саму подію інциденту, а не його наслідок у вигляді затору, що забезпечує максимальну оперативність виявлення.

Етап 3. Класифікація аномалій. На основі часових рядів вищевказаних параметрів класифікуємо поточний стан руху як "нормальний" або "аномальний" за допомогою моделі машинного навчання. Для цього використовуємо алгоритм Isolation Forest ("Ізоляційний ліс")[1].

Цей алгоритм належить до класу некерованого навчання і є особливо ефективним для виявлення аномалій. На відміну від інших алгоритмів, які намагаються змодельовати "нормальність", Isolation Forest безпосередньо "ізолює" рідкісні події у наборі даних. Оскільки інциденти є рідкісними та значно відрізняються від типових патернів водіння, вони швидко ізолюються алгоритмом. Використання Isolation Forest як ключового компонента дозволяє ефективно ізолювати саме такі рідкісні, але критичні події від загального "шуму" нормального водіння[1].

Запропонований метод поєднує переваги аналізу мікроскопічних параметрів руху з ефективністю некерованого машинного навчання. Завдяки фокусу на високочутливих індикаторах, таких як "ривок", стає можливим оперативне виявлення причини інциденту, а не лише його наслідків. Це, у свою чергу, відкриває шлях до створення проактивних систем управління рухом, здатних реагувати на ДТП чи поломки до того, як вони спричинять масштабні рекурентні затори. Впровадження такого підходу здатне суттєво підвищити безпеку та ефективність міських транспортних мереж.

Література:

1. Lane-Wise Highway Anomaly Detection [Електронний ресурс] / arXiv. URL: <https://arxiv.org/html/2505.02613v1> (дата звернення: 09.11.2025).
2. Automated Traffic Incident Detection Using GPS-Based Transit Probe Vehicles [Електронний ресурс] / University of Calgary. URL: https://www.ucalgary.ca/engo_webdocs/GL/04.20196.CBasnayake.pdf (дата звернення: 09.11.2025).
3. FHWA-HRT-21-071: Trajectory Investigation for Enhanced Calibration of Microsimulation Models [Електронний ресурс]. URL:

<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/21071/21071.pdf>

(дата звернення: 09.11.2025).

4. Кононихін О.С., Сухомлінов В.К., Корольов В.М. Багатокритеріальна модель вибору обладнання системи GPS-моніторингу будівельно-дорожньої техніки // «Наука і техніка сьогодні» (Серія «Техніка»): журнал. 2023. № 13(27) 2023. С. 774-783