

## ЗАСТОСУВАННЯ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ РОЗПІЗНАННЯ ЗІТКНЕНЬ В 3D ПРОСТОРІ

*Іван Невкритий*

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0701-0970>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

*Світлана Антоненко*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6611-4543>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

### Вступ

Існує значна кількість досліджень, присвячених запобіганню або виявленню автомобільних аварій. Більшість з них спрямовані на виявлення об'єктів, що можуть спричинити аварію, або аналіз статистики аварій. У цьому дослідженні розглянута система, яка призначена для виявлення випадкових аварій. Система збирає необхідну інформацію від сусідніх транспортних засобів і обробляє її за допомогою інструментів машинного навчання для виявлення можливих аварій, оскільки алгоритми машинного навчання успішно виявляють відмінності між незвичайною дорожньою поведінкою порівняно з нормальною поведінкою. Метою цього дослідження є аналіз дорожньої поведінки та розгляд транспортних засобів, які рухаються відмінно від звичайних норм. Результати показали, що алгоритми кластеризації ефективно виявляють аварії.

### МЕТА ТА ЗАВДАННЯ

Останнім часом дослідження в області автомобільних мереж стали дуже актуальними у зв'язку із комерційним зацікавленням у використанні стандарту DSRC/WAVE для безпілотних автомобілей [1]. Багато досліджень зосереджуються на майбутніх можливостях взаємодії між такими транспортними засобами. Безпілотні транспортні засоби можуть спілкуватися між собою у режимі транспортний засіб-до-транспортного засобу або з дорожньою мережною інфраструктурою у режимі транспортний засіб-до-дороги [2]. Деякі передбачені застосування включають попередження про зіткнення транспортних засобів, попередження про безпекову відстань, допомогу водієві, кооперативне водіння, кооперативний круїз-контроль, поширення інформації про дорогу, доступ до Інтернету, місцезнаходження на мапі,

автоматичне паркування, безводійні транспортні засоби. Для більшості застосувань необхідні вимірювання швидкості руху та часу подорожі, які можуть допомогти визначити найкращий маршрут або час відправлення. В даний момент для цих вимірювань зазвичай використовуються місцеві датчики на певних ділянках дороги. Однак останній підхід передбачає оснащення транспортних засобів засобами зв'язку та місцезнаходження для безперервного вимірювання їх швидкості та часу подорожі. Деякі дослідження показали, що для ідентифікації місцезнаходження транспортних засобів можна використовувати сотові мережі, використовуючи записи про спілкування базових станцій сотових телефонів. Забезпечення безпечної навігаційної підтримки також стало однією з ключових тем досліджень завдяки стандартизації DSRC/WAVE [3]. Наприклад, повідомлення про попередження про зіткнення або стан дороги можуть бути передані іншим транспортним засобам, які знаходяться позаду чи попереду. Окрім стандартів DSRC/WAVE, можна використовувати клітинні мережі 2G/3G/4G/5G для забезпечення обміну повідомленнями між транспортними засобами [4]. У цьому дослідженні ми плануємо використати методи машинного навчання для аналізу зібраної інформації від транспортних засобів з метою виявлення передніх зіткнень. Таким чином водії можуть бути попередженими про ймовірне зіткнення чи ускладнення руху, щоб вони мали час уникнути цього зіткнення чи уникнути утворення затору.

## **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

Розвиток систем інтелектуального транспорту ставить перед собою вимогу отримання більш точної інформації про дорожні умови, що є значним викликом для як державних органів, так і приватних компаній. Звичайні транспортні датчики, такі як петлеві детектори, які використовуються для вимірювання поточних умов дорожнього руху, не завжди забезпечують достатню точність для отримання інформації про стан транспортного руху на мережі доріг. Тому для поліпшення точності використовуються інші джерела інформації, такі як камери, GPS та відстеження мобільних телефонів. Ця інформація зберігається центрами управління дорожнім рухом і може бути поєднана за допомогою методів об'єднання даних для отримання кращого розуміння ситуації на дорогах і планування майбутнього розвитку інфраструктури.

Багато застосувань мереж автоматизованих транспортних систем вимагають постійного відстеження положення транспортних засобів. Для цього застосовуються різноманітні техніки, такі як GPS,

картографування, обробка зображень/відео та розподілене місцезнаходження. Кожна з цих технік має свої переваги і недоліки, і вони можуть використовуватися в поєднанні для забезпечення максимальної точності. Наприклад, техніка мертвого розвороту дозволяє визначити положення транспортного засобу в разі втрати сигналу GPS, а обробка картографічних даних допомагає зменшити похибку у визначенні положення транспортного засобу.

Методи машинного навчання виявилися дуже ефективними в аналізі даних та виявленні аномалій. У нашому дослідженні ми розглядали випадки, коли рух транспорту відхиляється від звичайного стану як аномалії. При аваріях багато автомобілів сповільнюються або зупиняються, що може призвести до утворення транспортних заторів. Алгоритми кластеризації можуть використовуватися для групування автомобілів залежно від їх руху та положення на дорозі, щоб ідентифікувати зони потенційних аварій. У разі аварії такі алгоритми автоматично аналізують дані, щоб негайно реагувати та уникнути подальших пригод. Наші симуляції показали, що кількість транспортних груп збільшується на 1 після аварії, а кількість транспортних засобів у кожній групі поступово зростає. Це може свідчити про те, що відбулася аварія, і наступні автомобілі включаються у групу потерпілих.

## РЕЗУЛЬТАТИ

У цьому дослідженні використовувався симулятор транспортного потоку SUMO (Simulation of Urban Mobility) [5], який дозволив симулювати рух транспортних засобів та збирати інформацію про їх положення та режим сну. На ділянці дороги довжиною 3000 метрів було задіяно 100 транспортних засобів. Для імітації реального дорожнього руху використовувалися 5 різних типів транспортних засобів.

**Таблиця 1 – Типи транспортних засобів та їх властивості**

Тип	Довжина (м)	Прискорення (м/с <sup>2</sup> )	Уповільнення (м/с <sup>2</sup> )	Максимальна швидкість (м/с)	Досконалість водіння
А	2	8	10	30	50%
Б	4	2	10	30	50%
В	6	5	10	30	50%
Г	8	4	10	30	50%
Д	10	14	10	30	50%

Симулятор транспортного потоку SUMO є симулятором

безаварійного дорожнього руху. Для імітації аварії автомобілям доручено зупинитися в попередньо заданому місці. Зупинки також можуть вважатися важливими подіями на дорожньому сегменті. Сам транспортний засіб або пасажир, які виходять з транспортного засобу, можуть спричинити проблему. Виявлення такої події та попередження наближаючих транспортних засобів допоможе уникнути можливих аварій.

Один автомобіль змушений зупинитися на 50-й секунді симуляції. Значення сповільнення обрано як  $30 \text{ м/с}^2$  для миттєвої зупинки. Для створення кластерів використовується алгоритм кластеризації без нагляду DBSCAN [6]. Кожної секунди отримуємо позиції транспортних засобів з симулятора транспортного потоку SUMO та передаємо їх до інструменту машинного навчання WEKA [7]. Результати структури кластеризації до та після аварії такі:

**Таблиця 2 – Результати кластеризації за алгоритмом DBSCAN**

Час моделювання	Кількість автомобілів на відрізку дороги	Нормальне скупчення	Скупчення аномалій
47	67	67	
48	68	68	
49	68	68	
50	68	67	1
51	71	68	3
52	71	68	3
53	74	70	4
54	76	72	4
55	76	72	4
56	77	73	4

Коли автомобіль здійснив попередньо заплановану зупинку на 50-й секунді симуляції, DBSCAN зміг виявити аномальну ситуацію. Кількість аномальних кластерів збільшується після аварії, як очікувалося, оскільки зупинка автомобіля або аварія блокує дорогу, чи призводить до значного збільшення автомобілей в іншому потоці.

## ВИСНОВКИ

Автоматичне виявлення аварій стало дуже важливою темою в системах управління дорожнім рухом. Виявлення аварій допоможе уникнути майбутніх подібних інцидентів і дозволить владі знову відкрити ділянку дороги для руху. У цьому дослідженні ми показали, що

поведінку транспортного потоку можна аналізувати за допомогою позицій і швидкостей транспортних засобів, а аномальні активності на дорозі можуть вважатися можливою загрозою для водіїв, які знаходяться поблизу області інциденту.

## ПОСИЛАННЯ

1. Емерсон. (б.р.). Бездротові автомобільні мережі, що самоорганізуються. Отримано з

<https://www.emerson.com/documents/automation/training-self-organizing-networks-en-41150.pdf>

2. Вінтерсбергер, П., Дей, Д., & Лекен, А. (б.р.). Існуючі методи та дослідження взаємодії між автоматичними транспортними засобами. Отримано з <https://www.frontiersin.org/research-topics/20015/interaction-between-automated-vehicles-and-other-road-users/magazine>

3. Li, Y. (2012). Використання DSRC/WAVE стандарту для безпечної навігації. У X. Zhang та D. Qiao (Ред.), *Quality, Reliability, Security and Robustness in Heterogeneous Networks*. QShine 2010. Лекційні записи Інституту інформатики, соціальної інформатики та телекомунікаційної інженерії, том 74. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29222-4\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29222-4_38)

4. Borcoci, E. (2020). Використання клітинних мереж 2G/3G/4G/5G для забезпечення обміну повідомленнями між транспортними засобами. Отримано з

[https://www.iaria.org/conferences2020/filesICN20/EugenBorcoci\\_Tutorial\\_NexComm\\_2020.pdf](https://www.iaria.org/conferences2020/filesICN20/EugenBorcoci_Tutorial_NexComm_2020.pdf)

5. Alvarez Lopez, P., Behrisch, M., Bieker-Walz, L., Erdmann, J., Flötteröd, Y.-P., Hilbrich, R., Lücken, L., Rummel, J., Wagner, P., & Wießner, E. (2018). Симулятор транспортного потоку SUMO (Simulation of Urban Mobility). У 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC) (с. 2575-2582). <https://doi.org/10.1109/ITSC.2018.8569938>

6. Scikit-learn developers. (б.р.). Алгоритм кластеризації без нагляду DBSCAN. Отримано з <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.DBSCAN.html>

7. Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H. (2009). Інструмент машинного навчання WEKA: Оновлення. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 11(1), 10-18. <https://doi.org/10.1145/1656274.1656278>