

Б. В. ПАШКОВСЬКИЙ

кандидат технічних наук,

доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ORCID: 0000-0003-1082-6837

АВТОМАТИЧНИЙ ПРОЦЕС ВИЗНАЧЕННЯ ДІЛЯНОК ТА МІСЦЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД НА ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

У статті розглядається актуальна проблема підвищення рівня аварійності на дорогах України, зокрема значне зростання кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП) із загиблими та травмованими у 2024 році, порівняно з попереднім роком. Згідно з офіційною статистикою, понад 37 % загиблих становлять пішоходи та велосипедисти, що є найвразливішими учасниками дорожнього руху. Основними причинами аварій виступають перевищення швидкості, порушення правил маневрування та проїзду перехресть. У таких умовах надзвичайно важливим є ефективно виявлення місць концентрації ДТП, що дозволить зосередити заходи безпеки саме на проблемних ділянках.

Автори досліджують сучасні підходи до виявлення аварійно-небезпечних ділянок із використанням інформаційних технологій. Зокрема, запропоновано метод автоматизованої кластеризації ДТП на основі їхніх географічних координат із застосуванням формули гаверсінуса для обчислення відстаней між подіями. Розроблений алгоритм дозволяє враховувати низку важливих параметрів: наявність міського середовища, період здійснення ДТП, мінімальну кількість випадків у кластері тощо.

В межах дослідження реалізовано REST API та веб-застосунок на базі технологій ASP.NET Core і Google Maps API, який забезпечує інтерактивну візуалізацію та фільтрацію аварій. Користувач має змогу здійснювати пошук кластерів за роком, погодними умовами, станом покриття, залученістю пішоходів чи велосипедистів, наявністю загиблих тощо. Це дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо підвищення безпеки руху в конкретних районах.

Запропоноване рішення усуває недоліки попередніх підходів, заснованих на використанні Excel та мови VBA, які обмежували можливості автоматизації та інтеграції з сучасними цифровими платформами. Натомість реалізований підхід є масштабованим, зручним для подальшого розвитку та інтеграції з муніципальними або державними системами управління дорожнім рухом.

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода, місце концентрації ДТП, кластеризація, географічні координати, безпека руху, автоматизація, ASP.NET, Haversine, візуалізація, фільтрація даних.

B. V. PASHKOVSKIY

Candidate of Technical Science,

Associate Professor at the Department of Computer Systems and Networks

Ivano-Frankivsk Technical University of Oil and Gas

ORCID: 0000-0003-1082-6837

AUTOMATED PROCESS OF DETERMINING AREAS AND PLACES OF CONCENTRATION OF ROAD AND TRANSPORT ACCIDENTS IN THE URBAN TERRITORIAL COMMUNITY OF IVANO-FRANKIV

This article examines the pressing issue of increasing road traffic accident (RTA) rates in Ukraine, particularly the sharp rise in accidents involving fatalities and injuries in 2024 compared to previous years. According to national statistics, over 37 % of traffic-related fatalities are vulnerable road users such as pedestrians and cyclists. The most frequent causes of accidents include speeding, improper maneuvers, and violations of intersection rules. In light of these challenges, the identification of accident concentration areas is vital for improving road safety and allocating resources effectively.

The authors propose a modern, automated approach to detecting accident-prone areas based on geospatial clustering of RTAs. The method uses the Haversine formula to calculate geographic distances between individual accidents and groups them into clusters based on configurable parameters such as proximity, number of incidents, presence in an urban area, and time range.

A web application and REST API were developed using ASP.NET Core and Google Maps JavaScript API to visualize clusters and allow users to filter data by year; road conditions, lighting, weather, involvement of vulnerable users, and presence of fatalities. This platform provides an interactive and data-driven means of identifying high-risk zones.

The approach overcomes limitations of earlier methods that relied on Excel and outdated scripting languages like VBA, which restricted scalability and integration with modern web and mobile solutions. The implemented system is extensible, allowing for integration with municipal traffic monitoring systems or national road safety platforms. This facilitates

more timely, data-informed decision-making and proactive safety measures, especially in areas with high concentrations of vulnerable road users.

Key words: road traffic accident, accident cluster, road safety, geographic information system, clustering algorithm, Haversine, ASP.NET Core, visualization, data filtering, geolocation.

Постановка проблеми

Згідно зі статистикою Департаменту патрульної поліції [1] у 2024 році сталося 25 781 ДТП загиблими чи травмованими (що на 9 % більше ніж у 2023 році), в яких загинули 3 202 людини (що на 4.9 % більше ніж в 2023 році)

Понад 37 % серед загиблих на дорогах – найвразливіші учасники дорожнього руху: пішоходи та велосипедисти. Водночас, більшість ДТП сталися з вини водіїв.

Найпоширенішими причинами аварій пригод були:

- перевищення безпечної та встановленої швидкості (10 163 ДТП);
- порушення правил маневрування (5735 ДТП);
- порушення правил проїзду перехресть (2444 ДТП).

Загалом, більш ніж половина смертельних ДТП на дорогах України сталися через перевищення безпечної та встановленої швидкості.

Відповідно до порядку виявлення аварійно-небезпечних ділянок та місць концентрації дорожньо-транспортних пригод [2] орган управління щороку до 15 березня здійснює виявлення місць (ділянок) концентрації ДТП та аварійно-небезпечних ділянок станом на 31 грудня попереднього календарного року. Органи управління отримують інформацію стосовно ДТП засобами єдиної інформаційної системи МВС або від органу (підрозділу) Національної поліції на підставі запиту протягом 30 днів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Автори [3] вирішують дану задачу використовуючи програмне забезпечення Excel із макросами з використанням мови програмування VBA (Visual Basic for Application).

Проте даних підхід має ряд недоліків:

- Мова VBA застаріла і не має такої гнучкості, як сучасні мови програмування
- Використання книги Excel як сховища даних унеможливує використання сховища, як основного у веб та мобільних застосунках
- Відсутня можливість автоматизованої корекції координат ДТП у випадку неточного відпрацювання геокодингу, через некоректно введену адресу ДТП.

Автори [4] вихідні дані перетворили в зручний для подальшої обробки вигляд з використанням мови програмування C# та занесли у реляційну базу даних. Реалізували REST API з використання ASP.NET та Entity Framework Core для можливості використання даних будь-якими веб та мобільними застосунками. З метою виявлення місць концентрації дорожньо-транспортних пригод провели кластеризацію дорожньо-транспортних пригод на карті. Розроблено веб-застосунок та проведено візуалізацію пригод, шляхом нанесення їх на карту з використанням сервісу Google Maps Javascript API. Реалізували можливість фільтрації ДТП за роком вчинення, станом покриття, освітленістю, погодних умов, наявністю штучних споруд, залученістю пішоходів чи велосипедистів, наявністю загиблих чи важко травмованих, тощо. Провели статистичний аналіз кількості ДТП з загиблими та потерпілими за кожен рік окремо на території міста та ОТГ, проведено аналіз загиблих/важкотравмованих/легкотравмованих малозахищених учасників дорожнього руху (пішоходів та велосипедистів).

Проте досі відсутня система автоматичного визначення місць концентрації ДТП, а поточна кластеризація відбувається в ручному режимі на карті.

Викладення основного матеріалу дослідження

Відповідно до [2]:

ділянка концентрації ДТП:

на автомобільних дорогах загального користування – ділянка автомобільної дороги, на якій протягом трьох попередніх календарних років сталося шість та більше ДТП із загиблими та/або травмованими особами, протяжністю 250 м та більше, за умови, що відстань між сусідніми місцями ДТП не перевищує 150 м у населених пунктах та 300 м – за їх межами;

на вулицях і дорогах міст та інших населених пунктів – частина вулиці між перехрестями з однонапітними умовами руху протяжністю від 50 до 150 м, рівень аварійності на якій відповідає показнику, зазначеному в таблиці оцінювання місць і ділянок концентрації ДТП за ступенем небезпеки для руху транспортного потоку за умови врахування ДТП із загиблими та/або травмованими в населених пунктах

місце концентрації ДТП:

на автомобільних дорогах загального користування – ділянка автомобільної дороги загального користування протяжністю до 250 м, на якій протягом трьох попередніх календарних років сталося чотири та більше ДТП із загиблими та/або травмованими особами;

на вулицях і дорогах міст та інших населених пунктів – обмежені за довжиною ділянки вулиць або доріг (до 50 м), перехрестя, зупинки пасажирського транспорту загального користування, пішохідні переходи, залізничні переїзди, штучні споруди та інші елементи вулично-дорожньої мережі, рівень аварійності на яких відповідає показнику, зазначеному в таблиці оцінювання місць і ділянок концентрації ДТП за ступенем небезпеки для руху транспортного потоку за умови врахування ДТП із загиблими та/або травмованими в населених пунктах.

Таким чином, постає задача автоматизованого групування точок здійснення дорожньо-транспортних пригод (ДТП) з урахуванням ряду ключових параметрів, що впливають на ймовірність виникнення аварійно-небезпечних ділянок. Зокрема, до таких параметрів належать:

Distance – максимальна допустима відстань між точками фіксації ДТП, що визначає просторову близькість для об'єднання їх у кластер;

City – булевий індикатор, який вказує на наявність населеного пункту в місці події (міські умови);

Year та YearTo – часовий інтервал, в межах якого здійснено ДТП;

Count – мінімальна кількість подій у кластері, яка визначає ступінь аварійної концентрації.

Наприклад, для ідентифікації кластерів з низьким рівнем аварійності на території м. Івано-Франківська відповідно до вимог Додатку 1 [2], доцільно встановити такі значення параметрів:

Distance = 50 м,

City = true,

Year = 2023,

YearTo = 2025,

Count = 3–4.

Для класифікації кластерів із середнім та високим рівнем небезпеки, значення параметра Count слід відповідно підвищити до 5–7 та ≥ 8 .

Для обчислення просторової відстані між точками за їх географічними координатами використовується формула гаверсінуса, що дозволяє з урахуванням кривизни поверхні Землі забезпечити достатню точність при визначенні відстаней між ДТП у сферичних координатах.

$$d = 2r \arcsin \left(\sqrt{\text{haversin}(\phi_2 - \phi_1) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \text{haversin}(\lambda_2 - \lambda_1)} \right) =$$

$$= 2r \arcsin \left(\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right) \right).$$

Для фільтрації ДТП по місту та даті застосуємо наступний запит.

```
var accidents = await _komunalkaContext.Accidents
    .Where(a => !city || a.Address.City == «Івано-франківськ»)
    .Where(a => a.Timestamp.Year >= year && a.Timestamp.Year <= yearTo)
    .ToListAsync().ConfigureAwait(false);
```

Вихідний код алгоритму кластеризації знаходиться за адресою <https://github.com/bpashkovskyi/Komunalka/blob/master/Accidents.Web/Clusterization.cs>

Алгоритм кластеризації у цьому коді виконує групування об'єктів Accident у кластери за географічною відстанню між ними.

```
public static List<Cluster> Clusterize(List<Accident> accidents, int dist, int count)
```

Вхідні параметри:

- accidents: список подій (аварій) з координатами.
- dist: максимальна відстань (у метрах) для включення події до кластера.
- count: мінімальна кількість подій у кластері, щоб вважати його валідним.

Крок 1: Формування початкових кластерів

Для кожної події accident:

- Створюється новий об'єкт Cluster.
- Перебираються всі інші події accident2, що мають інший Id.
- Обчислюється відстань між ними за формулою гаверсінуса (на основі координат).
- Якщо відстань менша за dist, accident2 додається до поточного кластеру.
- Якщо кластер має щонайменше count елементів – додається до загального списку кластерів.

Крок 2: Об'єднання кластерів (MergeClusters)

- Кластери перевіряються попарно.

– Якщо два кластери мають хоча б одну спільну аварію (HasMatch) – вони зливаються (Merge), а один із них позначається як Removed.

Крок 3: Фільтрація результатів

– Повертаються лише ті кластери, які **не були видалені** (Removed == false).

Пояснення допоміжних методів:

- HaversineDistance – обчислює геодезичну відстань між двома точками на поверхні Землі.
- ToRadians – допоміжна функція для конвертації градусів у радіани.
- HasMatch – перевіряє, чи два кластери мають спільні аварії (за Id).
- Merge – додає всі унікальні події з іншого кластеру до поточного.

Алгоритм кластеризує аварії за принципом:

- Якщо вони знаходяться на відстані меншій за dist.
- І таких аварій у групі не менше count.
- Після чого об'єднує ті кластери, які перетинаються по елементах.

Розглянемо приклад виконання програми з параметрами:

Distance – 50

City – true

Year – 2023

YearTo – 2025

Count – 4

Для цього перейдемо за посиланням:

<https://dtp.if.ua/report?dist=50&city=true&year=2023&yearto=2025&count=4>

Отримаємо 6 місць концентрації ДТП зі списком ДТП у кожному (рис. 1–3).

Місця 4–6 можна переглянути за посиланням вище.

№	Дата	Місто	Вулиця	Додаткова прив'язка	Тип	Чи є МК ДТП (згідно УПП)
1	2/19/2024 2:19 PM	Івано-Франківськ	Галицька	Пулюя	Наїзд на пішохода - на нерегульованому пішохідному переході	
2	10/18/2024 9:50 AM	Івано-Франківськ	Галицька	Пулюя	Наїзд на пішохода - на нерегульованому пішохідному переході	
3	11/5/2024 7:15 PM	Івано-Франківськ	Галицька	56	Наїзд на пішохода - на нерегульованому пішохідному переході	
4	8/2/2024 6:30 PM	Івано-Франківськ	Галицька	56 - пулюя	Зіткнення бокове	
5	10/22/2024 7:30 AM	Івано-Франківськ	Галицька	56, перехрестя з вул пулюя	Зіткнення з задньою частиною тз	
6	3/27/2023 9:01 PM	Івано-Франківськ	Галицька	Пулюя	Наїзд на велосипедиста - велосипедист рухався у попутному напрямку	True

Рис. 1. Місце концентрації ДТП

№	Дата	Місто	Вулиця	Додаткова прив'язка	Тип	Чи є МК ДТП (згідно УПП)
1	8/28/2023 7:34 PM	Івано-Франківськ	Євгена коновальця	Буд. 142	Наїзд на пішохода - на нерегульованому пішохідному переході	False
2	11/18/2023 5:15 PM	Івано-Франківськ	Євгена коновальця	221	Наїзд на пішохода - на регульованому пішохідному переході	False
3	9/29/2024 8:30 PM	Івано-Франківськ	Євгена коновальця	Буд. 142	Наїзд на пішохода - на нерегульованому пішохідному переході	
4	7/4/2024 7:30 PM	Івано-Франківськ	Євгена коновальця	142	Наїзд на велосипедиста - поза межами велосипедної доріжки	
5	3/10/2023 7:30 PM	Івано-Франківськ	Євгена коновальця	221	Зіткнення з задньою частиною тз	False

Рис. 2. Місце концентрації ДТП

№	Дата	Місто	Вулиця	Додаткова прив'язка	Тип	Чи є МК ДТП (згідно УПП)
1	6/11/2023 5:50 PM	Івано-Франківськ	Надрічна	Максимовича 15	Зіткнення з задньою частиною тз	False
2	11/2/2023 6:18 PM	Івано-Франківськ	Надрічна	Буд. 48	Зіткнення бокове	False
3	3/11/2024 4:30 PM	Івано-Франківськ	Надрічна	Біля максимовича 12 азс окко	Зіткнення бокове	
4	6/6/2024 2:19 PM	Івано-Франківськ	Надрічна	Буд. 48	Зіткнення бокове	
5	5/10/2024 8:40 AM	Івано-Франківськ	Надрічна	Пер. з вул. максимовича	Зіткнення бокове	
6	3/31/2023 9:23 AM	Івано-Франківськ	Надрічна	Буд. 48	Зіткнення бокове	False

Рис. 3. Місце концентрації ДТП

Висновки

У результаті дослідження розроблено ефективний алгоритм кластеризації дорожньо-транспортних пригод на основі географічних координат, що враховує просторову близькість, рік вчинення ДТП, наявність населеного пункту та кількість випадків. Реалізований підхід дозволяє автоматизувати процес виявлення місць концентрації ДТП, що раніше виконувався вручну. Застосування такого рішення дозволить оперативніше реагувати на загрози безпеці дорожнього руху, здійснювати обґрунтоване планування інфраструктурних змін та зменшити кількість аварій, особливо за участі вразливих учасників дорожнього руху.

Список використаної літератури

1. Статистика ДТП в Україні за 2024 рік. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://patrolpolice.gov.ua/wp-content/uploads/2025/01/12.2024.xlsx>
2. Про затвердження Порядку виявлення аварійно-небезпечних ділянок та місць концентрації дорожньо-транспортних пригод (Наказ Міністерства Інфраструктури України) № 598. (2022). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1313-22#Text>
3. Пашковський Богдан, Слабінога Мар'ян. Автоматизація процесу визначення ділянок та місць концентрації дорожньо-транспортних пригод на території Івано-Франківської міської територіальної громади з використанням геокодування. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 2, No. 4, 2023, pp. 9–18. doi: 10.46299/j.isjea.20230204.02
4. Удосконалення автоматизованого процесу визначення ділянок та місць концентрації дорожньо-транспортних пригод на території Івано-Франківської Міської Територіальної Громади. Б. В. Пашковський, М. О. Слабінога. Вісник Херсонського національного технічного університету № 2(89), 2024. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.2.29>

References

1. Statystyka DTP v Ukraini za 2024 rik.. [Electronic resource]. Access mode: <https://patrolpolice.gov.ua/wp-content/uploads/2025/01/12.2024.xlsx>
2. Pro zatverdzhennja Porjadku vyjavlennja avarijno-nebezpechnykh diljanok ta miscj koncentraciji dorozhnjo-transportnykh pryghod (Nakaz Ministerstva Infrastruktury Ukrainy) #598. (2022). Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1313-22#Text>
3. Bohdan Pashkovsky, Maryan Slabinoga. (2023) Avtomatyzacija procesu vyznachennja diljanok ta miscj koncentraciji dorozhnjo-transportnykh pryghod na terytoriji Ivano-Frankivskoj misjkoji terytorial'noji ghromady z vykorystannjam gheokoduvannja.. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 2, No. 4, 2023, pp. 9–18. doi: 10.46299/j.isjea.20230204.02
4. Pashkovskiy, B. V., & Slabinoga, M. O. (2024). Udoskonalennia avtomatyzovanoho protsesu vyznachennia diliatok ta mist' kontsentratsii dorozhn'o-transportnykh pryghod na terytorii Ivano-Frankivskoi Miskoi Terytorialnoi Hromady. *Visnyk Khersonskoho natsional'noho tekhnichnoho universytetu*, no. 2(89). <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.2.29>