

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

М. І. СЛАБІНОГА

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: 0000-0002-7296-0356

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ДІЛЯНОК ТА МІСЦЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД НА ТЕРИТОРІЇ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

В статті розглянуто процес удосконалення автоматизованого процесу визначення ділянок та місць концентрації дорожньо-транспортних пригод, що знаходяться на території Івано-Франківської міської територіальної громади (МТГ). Відповідно до звіту наданого Департаментом Патрульної Поліції України у Івано-Франківській області проаналізовано 1626 дорожньо-транспортних пригод із потерпілими, що мали місце на території Івано-Франківської міської територіальної громади з 2017 по 2023 роки. Вихідні дані були перетворені в зручний для подальшої обробки вигляд з використанням мови програмування С# та занесено у реляційну базу даних.

Визначено координати кожної дорожньо-транспортної пригоди засобами сервісу Geocoding API від Google. Задля можливості ручної корекції координат проведено імплементацію можливості уточнення місця ДТП шляхом пересування маркера по карті. Реалізовано REST API з використанням ASP .NET та Entity Framework Core для можливості використання даних будь-якими веб та мобільними застосунками.

З метою виявлення місць концентрації дорожньо-транспортних пригод проведена кластеризація дорожньо-транспортних пригод на карті. Розроблено веб-застосунок та проведено візуалізацію пригод, шляхом нанесення їх на карту з використанням сервісу Google Maps Javascript API.

Реалізовано можливість фільтрації ДТП за роком вчинення, станом покриття, освітленістю, погодних умов, наявністю штучних споруд, залученістю пішоходів чи велосипедистів, наявністю загиблих чи важко травмованих, тощо.

Проведено 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)

Виявлено 18 місць концентрації ДТП на території міста Івано-Франківська за 2021–2023 роки, для кожної з них проведено аналіз кількості ДТП за останній календарний рік та за останні три роки та переважаючий тип ДТП (лобове чи бокове зіткнення, наїзд на пішохода, велосипедиста, тощо). На засіданні з комісії безпеки дорожнього руху Івано-Франківської міської територіальної громади розглянуто наданий звіт та рекомендовано розробити заходи щодо удосконалення умов та організації дорожнього руху для забезпечення його безпеки і заходи щодо ліквідації причин виникнення ДТП.

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода, місце концентрації, геопросторові дані, безпека руху, Google Maps, REST API, С#, ASP .NET, EF Core.

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

M. I. SLABINOHA

Candidate of Technical Science, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Computer Systems and Networks
Ivano-Frankivsk Technical University of Oil and Gas
ORCID: 0000-0002-7296-0356

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

The article examines the process of improving the automated process of determining areas and places of concentration of traffic accidents located on the territory of the Ivano-Frankivsk Urban Territorial Community (MTG). According to the report provided by the Department of the Patrol Police of Ukraine in the Ivano-Frankivsk region, 1,626 traffic accidents with victims that took place on the territory of the Ivano-Frankivsk urban territorial community from 2017 to 2023 were analyzed. The raw data were transformed into a form convenient for further processing using the C# programming language and entered a relational database.

The coordinates of each traffic accident were determined using the Geocoding API service from Google. For the possibility of manual correction of the coordinates, the possibility of clarifying the place of the accident by moving the marker on the map was implemented. Implemented a REST API using ASP .NET and Entity Framework Core for the ability of using data by any web and mobile applications.

In order to identify the places of concentration of traffic accidents, clustering of traffic accidents on the map was carried out. A web application was developed, and accidents were visualized by mapping them using the Google Maps Javascript API service.

The possibility of filtering road accidents by the year of occurrence, condition of the surface, lighting, weather conditions, the presence of road elements, the involvement of pedestrians or cyclists, the presence of dead or seriously injured people, etc. has been implemented.

A statistical analysis of the number of road accidents with fatalities and injuries for each year separately on the territory of the city and OTG was carried out, an analysis of dead/severely injured/slightly injured vulnerable road users (pedestrians and cyclists) was carried out.

18 places of concentration of road accidents in the territory of the city of Ivano-Frankivsk for the years 2021-2023 were identified, for each of them an analysis of the number of road accidents in the last calendar year and in the last three years and the predominant type of road accident (frontal or side collision, hitting a pedestrian, cyclist, etc). At the meeting of the traffic safety commission of the Ivano-Frankivsk urban territorial community, the provided report was reviewed and it was recommended to develop measures to improve the conditions and organization of road traffic to ensure its safety and measures to eliminate the causes of road accidents.

Key words: *traffic accident, place of concentration, geospatial data, traffic safety, Google Maps, REST API, C#, ASP .NET, EF Core.*

Постановка проблеми

Згідно зі статистикою Департаменту патрульної поліції [1] у 2023 році сталося 23 642 ДТП, в яких загинули 3 053 людини.

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 (41,7%);

– порушення правил маневрування (22%);

– порушення правил проїзду перехресть (8,5%);

На ці статті припадає 72,2% ДТП.

Загалом, більш ніж половина (56,2%) 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.

Оскільки наразі відсутня система автоматизації визначення місць та ділянок концентрації ДТП, а інформація про ДТП надходить в форматі непридатності для її автоматичного опрацювання актуальними задачами є задача цифровізації, систематизації та кластеризації інформації про дорожньо-транспортні пригоди.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Автори [3] вирішують дану задачу використовуючи програмне забезпечення Excel із макросами з використанням мови програмування VBA [4] (Visual Basic for Application).

Проте даний підхід має ряд недоліків:

- Мова VBA застаріла і не має такої гнучкості, як сучасні мови програмування.
- Використання книги Excel як сховища даних унеможливає 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.

Викладення основного матеріалу дослідження

Облікові картки ДТП надані Департаментом Патрульної Поліції у Івано-Франківській області. Приклад картки наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Облікова картка дорожньо-транспортної пригоди

Дата та час скоєння	Вид пригоди	Дорожні умови	Нас. пункт	Вулиця
22.03.2021 18:01:00	Наїзд на пішохода	Тип покриття: асфальтобетонне,	Івано-Франківськ	Академіка Сахарова
Додаткова прив'язка		Основна причина ДТП		ДТП – учасник
Перехрестя Сахарова-Чорновола		Порушення правил маневрування		Легко травмований

Для збереження даних ДТП використаємо Entity Framework Code First [5].

Клас C#, що моделює ДТП міститиме наступні властивості:

- public Guid Id – унікальний ідентифікатор ДТП;
- public DateTime Timestamp – дата скоєння ДТП;
- public string Type – тип ДТП (Зіткнення бокове, Зіткнення лобове, тощо);
- public List<string> Reasons – можливі причини ДТП (Недодержання дистанції, Перевищення безпечної швидкості, тощо). Слід зазначити, що одна дорожньо-транспортна пригода може мати декілька причин;
- public Address Address – адреса скоєння ДТП;
- public Environment Environment – умови ДТП;
- public List<string> Casualties – загиблі, важко травмовані, легко травмовані;
- public Coordinates Coordinates – координати ДТП.

Клас адреси у свою чергу міститиме наступні властивості:

- public string City – населений пункт (Івано-Франківськ, чи село в МТГ);
- public string Street – вулиця;
- public string AdditionalAddress – додаткова прив'язка (перехрестя, будинок, тощо).

Клас Environment:

- public string SurfaceType – тип покриття (Асфальтобетонне, чорнощобенове);
- public string SurfaceCondition – стан покриття (сухе, мокре);
- public string Lighting – освітленість (день, ніч, штучне освітлення);
- public string RoadElements – дорожні елементи (пряма, пішохідний перехід, перехрестя, тощо);
- public string Constructions – дорожні конструкції (міст, шляхопровід, тощо);
- public string Weather – погодні умови (хмарно, ясно, дощ, снігопад);
- public List<string> TrafficTools – засоби організації дорожнього руху (дорожні знаки, розмітка);

Клас Coordinates:

- public double? OriginalLatitude;
- public double? OriginalLongitude – координати визначені геолокацією;
- public double? ShiftedLatitude;
- public double? ShiftedLongitude – зміщені координати, у випадку повного накладання декількох точок одна на одну, причини та методи зміщення координат розглядають далі у матеріалі;
- public double? ManuallyCorrectedLatitude;
- public double? ManuallyCorrectedLongitude – скориговані вручну координати, не завжди геолокація дає вірні дані, особливе через невірні внесені адреси працівниками Патрульної Поліції;
- public bool? IsPlaceOfAccidentConcentration – чи є місцем концентрації ДТП за попередні роки.

З метою збереження всіх даних у одній таблиці було застосовувано підхід з використання `owned entities` і результаті отримали таблицю зображену на рисунку 1.

Column Name	Data Type	Allow Nulls
Id	uniqueidentifier	<input type="checkbox"/>
Timestamp	datetime2(7)	<input type="checkbox"/>
Type	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Reasons	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Address_City	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Address_Street	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Address_AdditionalAddress	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Environment_SurfaceType	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Environment_SurfaceCondition	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Environment_Lighting	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Environment_RoadElements	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Environment_Constructions	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Environment_Weather	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Environment_TrafficTools	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Environment_IsPlaceOfAccidentC...	bit	<input checked="" type="checkbox"/>
Environment_NotParsed	bit	<input checked="" type="checkbox"/>
Casualties	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
Coordinates_OriginalLatitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Coordinates_OriginalLongitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Coordinates_ShiftedLatitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Coordinates_ShiftedLongitude	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Coordinates_ManuallyCorrectedL...	float	<input checked="" type="checkbox"/>
Coordinates_ManuallyCorrectedL...	float	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 1. Дизайн таблиці `Accidents`

З метою автоматизовано заповнення бази даних, початкові дані було скопійовано у файл Excel та реалізовано парсер засобами мови `C#` з використання бібліотеки `ExcelDataReader` [6]. Причини ДТП у картках часто кодуються відповідно до таблиці 2, отже необхідно перетворити ці коди в текст.

Після занесення даних про ДТП у базу, виникає потреба отримати координати місця ДТП для подальшого нанесення його на карту. Це найскладніша задача через погану якість вхідних даних: часто дані погано відформатовані, відсутні вулиця, будинок, тощо. Для автоматичного геокодування використовувався сервіс `Google Api Geocoding` [7].

Для кожної локації відправлявся запит за адресою `https://maps.googleapis.com/maps/api/geocode/json?key={key}&address={address}`

де `key` – персональний API ключ від сервісів Google, а `address` – конкатенація полів

```
{accident.Address.City}
```

```
{accident.Address.Street}
```

```
{accident.Address.AdditionalAddress}
```

У відповідь від API отримуємо json об'єкт, необхідні нам координати знаходяться за адресами

```
responseObject["results"][0]["geometry"]["location"]["lat"] та
```

```
responseObject["results"][0]["geometry"]["location"]["lng"].
```

Результати геокодування записуються у поля `Coordinates.OriginalLatitude` та `Coordinates.OriginalLongitude`. Доволі часто адреси співпадають, кому в результаті геокодації ми отримуємо ідентичні координати для декількох точок, для того щоб мати змогу їх розрізнити на карті у поля `Coordinates.ShiftedLatitude` та `Coordinates.ShiftedLongitude` записувалися зсунуті координати на `0.00001`.

З метою полегшення ручного коригування координат на карті – реалізована можливість зміни координат шляхом пересування маркера на карті. Для цього було використано `AdvancedMarkerElement` [8] з бібліотеки `Google Maps` та реалізовано POST точку доступу на API. Скориговані вручну координати записувалися у поля `Coordinates.ManuallyCorrectedLatitude` та `Coordinates.ManuallyCorrectedLongitude`.

Для зручного користування картою реалізована можливість фільтрації ДТП за критеріями. Загальний вигляд API зображено на рисунку 2.

Таблиця 2

Причини ДТП

Код	Причина
01	Керування транспортним засобом у нетверезому стані
02	Перевищення встановленої швидкості
03	Перевищення безпечної швидкості
04	Невиконання вимог сигналів регулювання
05	Порушення правил перевезення пасажирів
06	Порушення правил маневрування
07	Порушення правил проїзду пішохідних переходів
08	Порушення правил проїзду зупинок громадського транспорту
09	Порушення правил користування освітлювальними приладами
10	Порушення правил надання безперешкодного проїзду
11	Порушення правил зупинки і стоянки транспортного засобу
12	Порушення правил проїзду залізничних переїздів
13	Порушення правил перевезення вантажів
14	Порушення правил буксирування
15	Порушення правил обгону
16	Вїзд на смугу зустрічного руху
17	Порушення правил проїзду перехресть
18	Управління несправним транспортним засобом
19	Недоержання дистанції
20	Перевтома, сон за кермом
21	Порушення правил проїзду великогабаритних та великовагових ТЗ
22	Перехід у невстановленому місці
23	Невиконання вимог сигналів регулювання
24	Неочікуваний вихід на проїзну частину
25	Пішохід у нетверезому стані



Рис. 2. API

В результаті аналізу ДТП за 6 років отримали наступні статичні дані – рисунки 3–6.

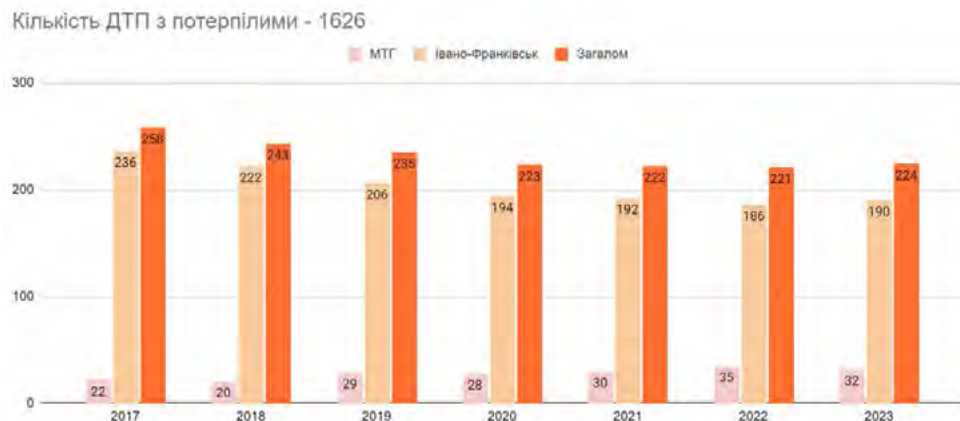


Рис. 3. Кількість ДТП з потерпілими за 2017–2023 роки



Рис. 4. Кількість ДТП з загиблими за 2017–2023 роки

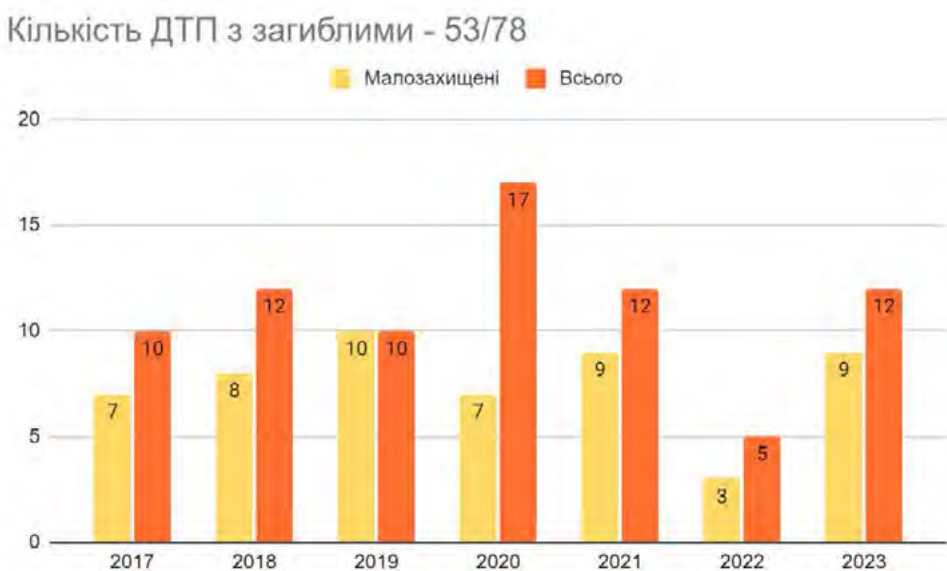


Рис. 5. Кількість загиблих у розрізі малозахищених учасників дорожнього руху

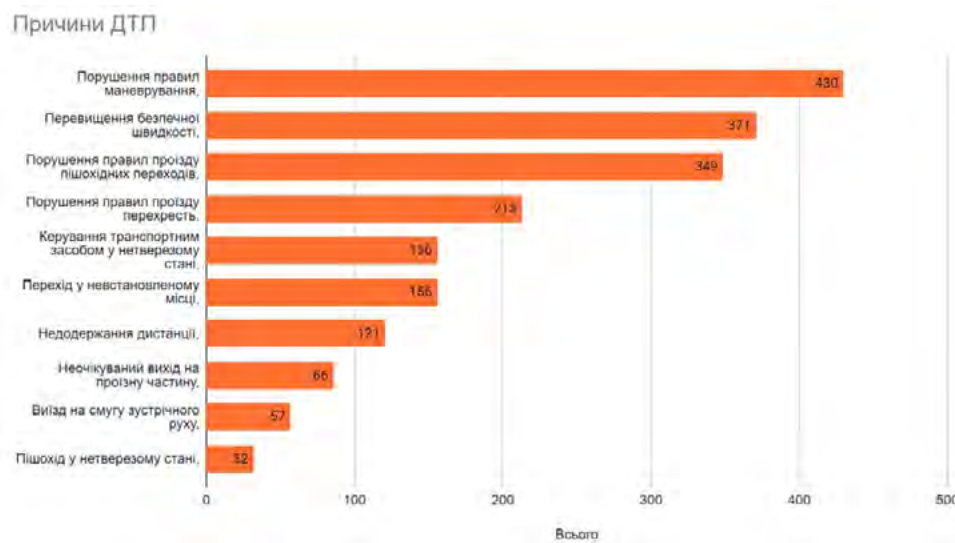


Рис. 6. Найбільш часті причини ДТП

Висновки

Використовуючи сервіс Geocoding API від Google, були визначені координати кожної ДТП, а також реалізована можливість ручної корекції місця пригоди. Дані були візуалізовані на карті за допомогою Google Maps Javascript API.

Реалізовано можливість фільтрації ДТП за різними параметрами, такими як рік вчинення, стан покриття, погодні умови тощо. Проведено статистичний аналіз кількості та типів ДТП, а також аналіз учасників дорожнього руху, що допомагає виявити проблемні аспекти безпеки на дорогах.

За допомогою кластеризації ДТП на карті було виявлено 18 місць концентрації подій на території міста. Для кожного такого місця проведено детальний аналіз кількості та типів пригод.

Показано, що більше половини загиблих і важкотравмованих при ДТП складають мало захищені учасники дорожнього руху.

На основі аналізу даних комісія безпеки дорожнього руху рекомендує розробити заходи щодо удосконалення умов та організації дорожнього руху для забезпечення безпеки та ліквідації причин виникнення ДТП.

Список використаної літератури

1. Статистика ДТП в Україні за 2023 рік. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/12.2023.xlsx>
2. Про затвердження Порядку виявлення аварійно-небезпечних ділянок та місць концентрації дорожньо-транспортних пригод : Наказ Міністерства Інфраструктури України № 598. (2022). URL: <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. Getting started with VBA in Office. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/office/vba/library-reference/concepts/getting-started-with-vba-in-office>
5. ASP.NET Core MVC with EF Core – tutorial series. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/data/ef-mvc/?view=aspnetcore-8.0>
6. ExcelDataReader. URL: <https://github.com/ExcelDataReader/ExcelDataReader>
7. Geocoding API overview. URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/overview>
8. Advanced Markers URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/reference/advanced-markers>

References

1. Statystyka DTP v Ukraini za 2023 rik.. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/12.2023.xlsx>
2. Pro zatverdzhennja Porjadku vyjavlennja avarijno-nebezpečnykh diljanok ta miscj koncentraciji dorozhno-transportnykh pryghod (Nakaz Ministerstva Infrastruktury Ukrainy) #598. (2022). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1313-22#Text>
3. Bohdan Pashkovsky, Maryan Slabinoga. (2023) Avtomatyzacija procesu vyznachennja diljanok ta miscj koncentraciji dorozhno-transportnykh pryghod na terytoriji Ivano-Frankivskojji misjkoji terytorialnoji 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. Getting started with VBA in Office. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/office/vba/library-reference/concepts/getting-started-with-vba-in-office>
5. ASP.NET Core MVC with EF Core – tutorial series. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/aspnet/core/data/ef-mvc/?view=aspnetcore-8.0>
6. ExcelDataReader. URL: <https://github.com/ExcelDataReader/ExcelDataReader>
7. Geocoding API overview. URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/overview>
8. Advanced Markers URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/reference/advanced-markers>