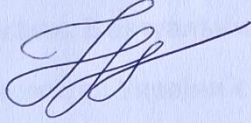
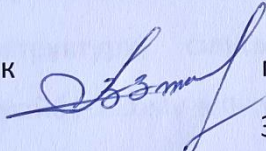


Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ «Інститут геології»
Кафедра геоінформатики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
спеціальність 193 - Геодезія та землеустрій
освітня програма «Геоінформаційні системи та технології»

ТЕМА: «Геоінформаційний аналіз порушень земель територіальних громад
внаслідок воєнних дій»

Виконав  студент 2-го курсу магістратури
кафедри геоінформатики
Година Ілля Андрійович

Науковий керівник  професор, доктор технічних наук
Зацерковний Віталій Іванович

Робота рекомендується до захисту (протокол № 8 засідання кафедри
геоінформатика від 15.05.2023 р.)

Завідувач кафедри  професор, доктор технічних наук
Зацерковний Віталій Іванович

Київ – 2023

РЕФЕРАТ

Магістерської кваліфікаційної роботи

Години Ілля Андрійовича

На тему: «Геоінформаційний аналіз порушень земель територіальних громад внаслідок воєнних дій»

Спеціальність **193 Геодезія та землеустрій**

Робота на ... аркушів складається з ... розділів та ... підрозділів й містить ... таблиць, ... рисунків має ... додатки та ... підрозділів в додатку А. При підготовці роботи використовувалися матеріали ... джерел.

Актуальність: з урахуванням геополітичних обставин в регіоні, ГІС-моніторинг виступає ключовим механізмом для гарантування безпеки та нагляду за кордонами. В актуальний момент, одним із головних напрямків ГІС-моніторингу на території України є відстеження та аналіз наслідків військових конфліктів, зокрема, ракетних обстрілів по всій території держави.

На основі зібраних даних проводиться оцінювання збитків (руйнування будівель, інфраструктури, сільськогосподарських земель, екологічних наслідків), які в майбутньому можуть бути використані різними сторонами, включаючи:

- Міжнародні організації (наприклад, для підготовки гуманітарних місій);
- Органи місцевого самоврядування (для розрахунку збитків, оптимізації відновлення регіону);
- Державні підприємства (для відновлення інфраструктурних об'єктів);
- Екологи;

- Приватні особи (наприклад, фермери або аграрії для оцінки збитків на полі).

Оскільки військові дії продовжуються, інформацію потрібно неперервно відстежувати та аналізувати, оновлюючи дані кожну годину.

Деякі проекти вимагають оперативного аналізу даних (наприклад, дані про вибухи перед сівбою). Але є також проекти, які вимагають тривалого спостереження за подіями для отримання повної картини проблеми або завдання (наприклад, відслідковування змін лінії фронту).

Таким чином, ГІС-моніторинг в Україні забезпечує незамінний інструмент для оперативного відстеження, аналізу та оцінки військових дій та їх впливу на населення, інфраструктуру та екологію країни.

Ці дані є важливими для міжнародних організацій, державних структур, місцевого самоврядування, екологів, а також приватних осіб, що залежать від стану сільськогосподарських угідь.

Оперативний аналіз даних дозволяє швидко реагувати на змінні ситуації, в той час як тривале спостереження дає змогу глибше зрозуміти тенденції та зміни в рамках більшого контексту, як-от зміни лінії фронту.

Отже, актуальність ГІС-моніторингу в Україні є високою, і його значення тільки зростає у світлі військових дій, що тривають.

Мета роботи: Проаналізувати завдану шкоду населеним пунктам під час повномасштабного вторгнення Росії в Україну із застосуванням геоінформаційних технологій.

Розв'язувані в роботі задачі:

1) Проаналізувати території, що були окуповані та зазнали шкоди під час протистояння.

2) Проаналізувати населені пункти на предмет руйнацій.

3) Провести класифікацію пошкоджень.

4) Пошук та аналіз територій на предмет вирв.

5) Об'єднання отриманих даних за допомогою технологій ГІС та візуалізація на мапі.

Основний зміст: Застосування методу класифікації пошкоджень територій, що зазнали впливу війни на території України базуючись на аналізі цих територій з використанням ГІС технологій.

Наукові результати: При участі AI було створено інтерактивну мапу пошкоджень сел. Мощун, Київської області з 4-х рівневою класифікацією руйнацій та розташування вирв в та біля населеного пункту.

Наукова новизна: Залучення до роботи в аналізі та створення інтерактивної мапи пошкоджень територій за допомогою AI та на основі ГІС технологій.

Практичне значення: Створення подібного інструменту пришвидчує та полегшує оцінку завданих збитків, процеси розмінування та відновлення територій, що зазнали шкоди під час активних бойових дій.

Анотація

В даній роботі описується використання знімків з супутників та БПЛА для моніторингу та аналізу територій, що зазнали впливу війни на теренах України з початку вторгнення російської федерації на прикладі одного з населених пунктів на півночі України.

Також в даній роботі проведений моніторинг територій, що піддавались або піддаються обстрілам, визначення інтенсивності обстрілів та подальшого розмінування території.

Ключові слова: ГІС, просторове розрізнення, класифікація, Qgis, БПЛА, geojson.

Hodyna Illia

Geoinformational analysis of land violations of territorial communities as a result of hostilities.

Abstract

This paper describes the use of satellite and UAV imagery to monitor and analyze the areas affected by the war in Ukraine since the beginning of the Russian Federation's invasion, using the example of a settlement in northern Ukraine.

This work also monitored the areas that have been or are being shelled, determined the intensity of the shelling, and subsequently demined the area.

Key words: *GIS, spatial resolution, classification, geojson, neural network*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
Розділ 1. ОПИС СИТУАЦІЇ В УКРАЇНІ НА ПОЧАТОК 2022 РОКУ	11
1.1 Військове вторгнення РФ на територію України в 2022 році.....	11
1.2 Битва за Київ	14
1.3 Битва за Мощун	19
Наслідки та руйнування, що зазнав регіон	20
2. Опис літератури	23
2.1. Виявлення змін ландшафту за допомогою ГІС та ДЗЗ під час війни в Перській затоці	24
2.2 Застосування ГІС для моніторингу розграбування та пошкодження археологічних пам'яток під час Громадянської війни в Сирії.....	27
2.3 Застосування ГІС для моніторингу наслідків землетрусів в Турції 2023 році.....	35
3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	41
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	59

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ**

AI – з англійської мови Artificial intelligence, що перкладається як «штучний інтелект».

OSM – з англійської мови Open Street Map

ESRI – з англійської мови Environmental Systems Research Institute, що перекладається як «Інститут вивчення систем навколишнього середовища».

ГІС – геоінформаційна система.

БПЛА - Безпілótний літáльний апарáт

ЗСУ – Збройні Сили України

ВСТУП

На жаль, кожен день у різних куточках нашої планети відбуваються лиха, спричинені природними та антропогенними факторами. Людські конфлікти є постійною реальністю, що призводять до значних руйнувань у нашому навколишньому середовищі.

Особливо гостро це відчувається, коли розглядаєш випадки близькі до дому. Після того, як Російська Федерація розпочала повномасштабне вторгнення на територію України, значна частина нашої країни була зруйнована і зараз перебуває в стані розрухи.

Всі ці події, незалежно від їх масштабів та географічного розташування, потребують уважного відстеження, детального аналізу та візуалізації на географічних мапах. Це необхідно для майбутньої роботи по відновленню зруйнованих територій та населених пунктів, що зазнали наслідків таких трагічних подій.

Актуальність: з урахуванням геополітичних обставин в регіоні, ГІС-моніторинг виступає ключовим механізмом для гарантування безпеки та нагляду за кордонами. В актуальний момент, одним із головних напрямків ГІС-моніторингу на території України є відстеження та аналіз наслідків військових конфліктів, зокрема, ракетних обстрілів по всій території держави.

На основі зібраних даних проводиться оцінювання збитків (руйнування будівель, інфраструктури, сільськогосподарських земель, екологічних наслідків), які в майбутньому можуть бути використані різними сторонами, включаючи:

- Міжнародні організації (наприклад, для підготовки гуманітарних місій);

- Органи місцевого самоврядування (для розрахунку збитків, оптимізації відновлення регіону);
- Державні підприємства (для відновлення інфраструктурних об'єктів);
- Екологи;
- Приватні особи (наприклад, фермери або аграрії для оцінки збитків на полі).

Оскільки військові дії продовжуються, інформацію потрібно неперервно відстежувати та аналізувати, оновлюючи дані кожну годину.

Деякі проекти вимагають оперативного аналізу даних (наприклад, дані про вибухи перед сівбою). Але є також проекти, які вимагають тривалого спостереження за подіями для отримання повної картини проблеми або завдання (наприклад, відслідковування змін лінії фронту).

Таким чином, ГІС-моніторинг в Україні забезпечує незамінний інструмент для оперативного відстеження, аналізу та оцінки військових дій та їх впливу на населення, інфраструктуру та екологію країни.

Ці дані є важливими для міжнародних організацій, державних структур, місцевого самоврядування, екологів, а також приватних осіб, що залежать від стану сільськогосподарських угідь.

Оперативний аналіз даних дозволяє швидко реагувати на змінні ситуації, в той час як тривале спостереження дає змогу глибше зрозуміти тенденції та зміни в рамках більшого контексту, як-от зміни лінії фронту.

Отже, актуальність ГІС-моніторингу в Україні є високою, і його значення тільки зростає у світлі продовжуваних військових дій.

Об'єкт дослідження – селище Мощун, Київська область, Україна.

Предмет дослідження – аналіз порушень земель територіальних громад, населених пунктів внаслідок воєнних дій в Україні в 2022 році.

Мета роботи: Проаналізувати завдану шкоду населеним пунктам під час повномасштабного вторгнення Росії в Україну із застосуванням ГІС технологій.

Для виконання даної роботи були поставлені наступні задачі:

- Дослідити поняття використання ГІС для аналізу та моніторингу територій, що зазнали шкоди.
- Проведення аналізу територій за допомогою ГІС для складання статистики та візуалізації даних на мапі.

Наукова новизна: Залучення до роботи в аналізі та створення інтерактивної мапи пошкоджень територій за допомогою AI та на основі ГІС технологій.

Апробація: З тезами на дану тематику виступав на XIII Всеукраїнській молодіжній науковій конференції-школі "Сучасні проблеми наук про Землю", в секції: «Геоінформатика та сучасні інформаційні технології в науках про Землю;»

Розділ 1. ОПИС СИТУАЦІЇ В УКРАЇНІ НА ПОЧАТОК 2022 РОКУ

1.1. Військове вторгнення РФ на територію України в 2022 році

24 лютого 2022 року Росія розпочала широкомасштабне військове вторгнення в Україну, оголосивши проведення "спеціальної військової операції" в Україні, метою якої була «демілітаризація та денацифікація України».

Близько 4-ї години ранку російські ракети атакували українські аеродроми та військові об'єкти по всій країні. Широкомасштабне вторгнення збройних сил російської федерації в Україну відбулося одночасно на багатьох напрямках. Це обумовило формування кількох операційних зон, у межах кожної з яких бойові дії велися за кількома операційними напрямками (<https://armyinform.com.ua/2023/02/24/hronologiya-rosijsko-ukrayinskoyi-vijny-etapy-vidsichi-vtorgnennya-rf/>):

- **Північно-Західна** операційна зона (Київська, Північна частина Житомирської, Чернігівська, частина Сумської областей)
- **Південно-Східна** операційна зона (Південна частина Миколаївської, Херсонської та Запорізької областей)
- **Східна** операційна зона (північні частини Харківської, Донецька та Луганська області)



Рис. 1.1 - Території просування військ російської федерації на 24.02.2022
(<https://www.understandingwar.org/>)

Російсько-українська війна, розпочата рф у 2014-му, перейшла в нову гостру фазу. Подальше розгортання військових подій можна поділити на декілька головних етапів:

- **Перша стратегічна оборонна операція** (24 лютого 2022 - квітень 2022 року);
- **Друга стратегічна оборонна операція** (травень - серпень 2022 року);
- **Стратегічна наступальна операція** (вересень - грудень 2022 року);
- **Третя стратегічна оборонна операція** (січень - березень 2023 року);

Під час Першої стратегічної оборонної операції Збройні Сили України завдали стратегічної поразки російським військам у Північно-Західній операційній зоні в результаті битв за Київ, Гостомельський аеропорт та Ірпінську агломерацію. Внаслідок цього ворог був змушений відступити з Київської, Чернігівської та Сумської областей і зосередити бойові дії на кількох операційних напрямках у межах Східної та Південно-Західної операційних зон

(<https://armyinform.com.ua/2023/02/24/hronologiya-rosijsko-ukrayinskoyi-vijny-etapy-vidsichi-vtorgnennya-rf/>).



Рис. 1.2. - Знімок з Google Maps за весну 2022 року, можемо бачити покинуті ворожі позиції та розбиту техніку (<https://www.google.com.ua/maps/>)

Таким чином, внаслідок успішних стратегічних рішень, Київщина стала однією з перших звільнених областей, яка була повністю деокупована та на території якої більше не проводились бойові дії, це сприяло швидшому аналізу регіону на предмет пошкоджень будівель, мін та загиблих. Одним з факторів, який зумовлював пришвидшення аналізу пошкоджень була безпосередня близькість до столиці (м. Київ, яке є столицею та має найбільші інформаційні, матеріальні, фінансові та кадрові ресурси) та неконтрольоване повернення жителів в рідні домівки.

Тож, в цій роботі я буду розглядати наслідки подій, що відбулись саме в цьому Північному регіоні України, а саме на Київщині та її населених пунктах, що зазнали пошкоджень.

Ця територія була обрана для детальнішого розгляду, як одна з найбезпечніших, якщо це можна так сказати, через її віддаленість від теперішньої лінії фронту та кордону з російською федерацією.

1.2 Битва за Київ

Битва за Київ почалася з масивного наступу окупаційних військ на північному та західному напрямках. Основні цілі агресора були спрямовані на захоплення стратегічних об'єктів, таких як аеропорти, вузли залізничного та автомобільного сполучення, а також адміністративні будівлі. Українські військові організували опір, використовуючи різні тактичні прийоми та відбиваючи атаки противника.

Протягом битви за Київ українські та окупаційні війська вели бойові дії на кількох напрямках. Українські військові відбили декілька спроб противника прорватися до столиці, здійснюючи контратаки та забезпечуючи оборону на ключових напрямках. Було зафіксовано численні спроби окупаційних сил оточити Київ, але завдяки героїчному опору українських військ та допомоги міжнародного співтовариства, вони не досягли успіху.

Ворожі війська закріпилися на лінії Макарів – Гореничі – Буча – Демидів, рис. 1.3. Проте через безрезультатність спроб прорватися до Києва вже наприкінці березня командування рф вирішило вивести війська з Київської області. Відбиваючи наступ противника, підрозділи Сил оборони України змогли зупинити його просування на всіх напрямках (<https://armyinform.com.ua/2023/02/24/hronologiya-rosijsko-ukrayinskoyi-vijny-etapy-vidsichi-vtorgnennya-rf/>).

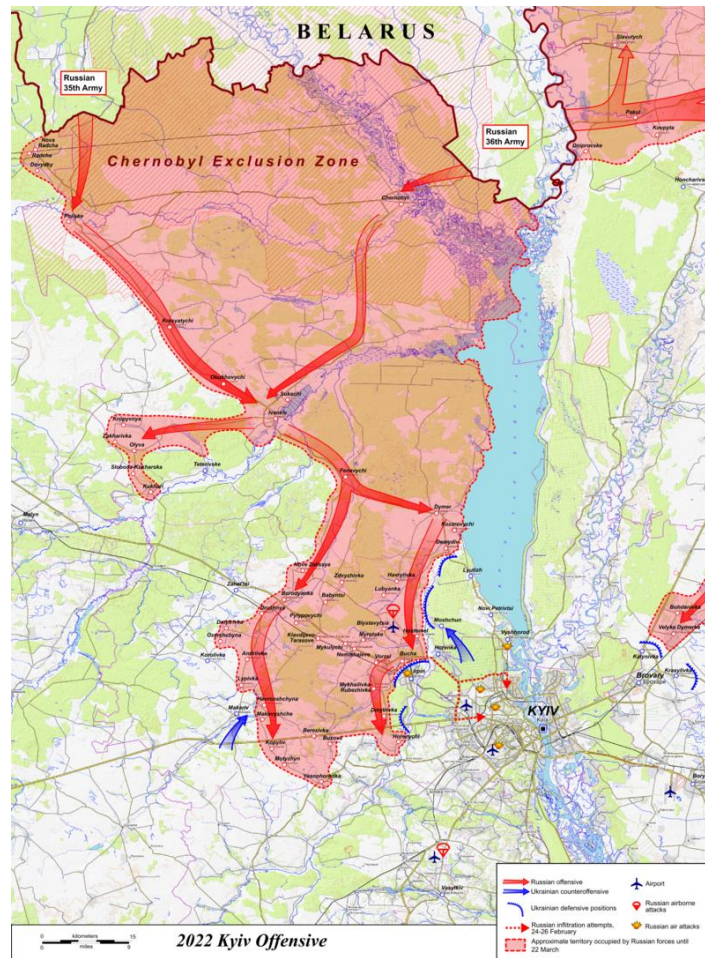


Рис. 1.3 - Мапа бойових дій у Київській області під час російського вторгнення в Україну (https://uk.wikipedia.org/wiki:2022_Kyiv_Offensive.png)

Битва за Київ мала значний вплив на обидві сторони конфлікту. Українська сторона втратила значну кількість військовослужбовців, а також зазнала руйнівних наслідків для місцевого населення та інфраструктури. Окупаційні війська також зазнали втрат, і їхні стратегічні цілі в регіоні не були досягнуті.

Відважний опір українських військ під час битви за Київ послужив сильним сигналом для міжнародної спільноти, що зумовив збільшення допомоги та підтримки України в конфлікті. Значна кількість мирних жителів

була евакуйована з районів бойових дій, а також надано допомогу постраждалим від військових дій.

Після висадки російського десанту на Гостомельський аеропорт, основні сили російських військ пішли в масований наступ на Київ з Білорусі через Чорнобильську зону відчуження.



Рис. 1.4 - Колона військової техніки рф, що рухалась в напрямку Києва, весна 2022 року (<https://blog.maxar.com/for-a-better-world/2022/aviation-week-names-maxar-a-2022-laureate-award-winner>)

В ході стрімкого просування російські окупаційні війська взяли під контроль Чорнобиль, Іванків, Димер, Бородянку, і підійшли впритул до Бучі.

По суті трикутник Ірпінь – Буча - Гостомель став таким собі форпостом Києва – бої тут тривали цілий місяць. Основним бар'єром, на який опирались оборонці Києва на правому березі стала річка Ірпінь. Наші захисники дуже вдало використовували природні особливості. Так, біля села Демидів була

підірвана дамба на річці Ірпінь. І вода, яка раніше йшла у Київське водосховище, розлилася та заблокувала дорогу для техніки ворога північніше від міста Ірпінь.

A

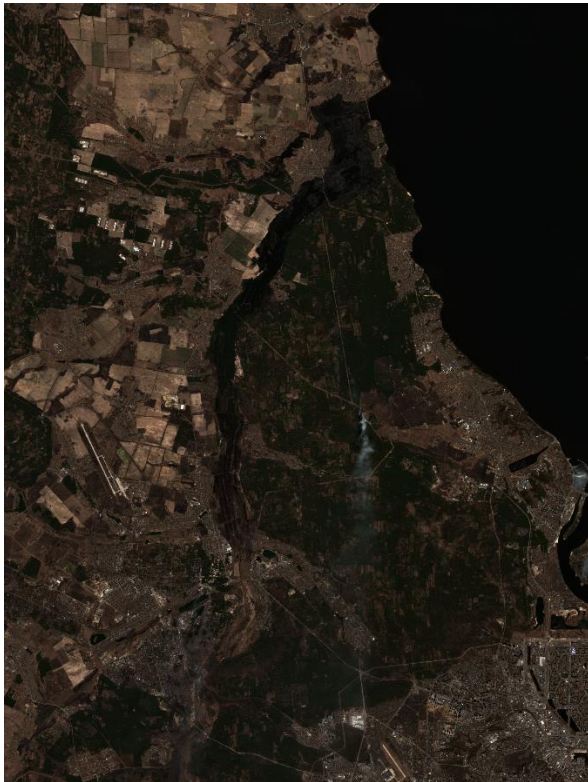
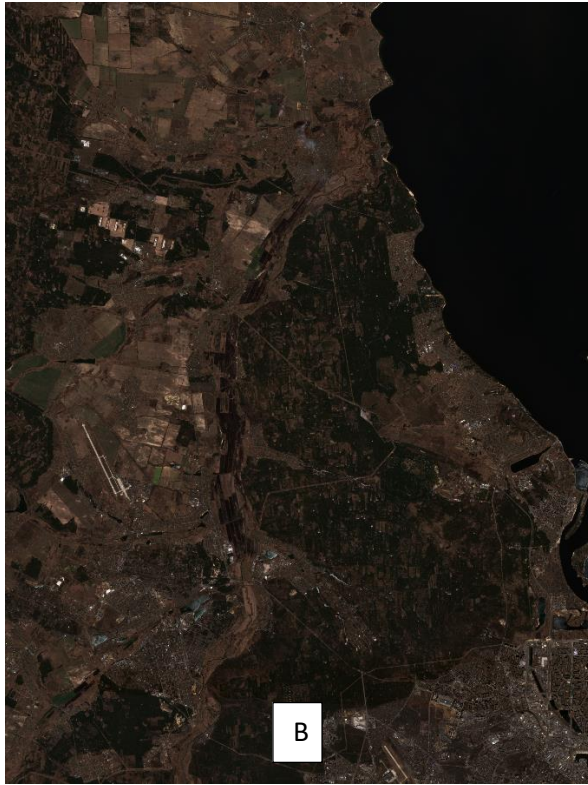


Рис. 1.5 - Знімки річки Ірпінь, яка вийшла з берегів внаслідок підриву дамби, знімки Sentinel-2 за (А) 26.03.21 та (В) 21.03.2022
(<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>)

Тим самим ЗСУ заблокували військам рф прохід в місто через північну частину.

1.3 Битва за Мощун

Мощун – селище в Бучанському районі Київської області, Україна.

Битва за Мощун (27 лютого 2022 - 21 березня 2022) стала однією з найважливіших битв оборони Києва в березні 2022 року. Мощун став одним із форпостів який зупинив російські окупаційні війська на підступах до Києва (<https://zaxid.net/news/>).

Зокрема у ході битви за Мощун, з якого відкривалася пряма дорога на Київ, українські військові завдали високих втрат російським — десантним частинам і морській піхоті.

11-го березня російські військові сили розпочали глобальний атаку на Мощун з усіх напрямків. Для протидії агресії, українська армія зміцнила свої позиції в селі додатковими силами.

Пройшло кілька днів, і українські військові підрозділи обмежили Мощун з обох боків та розпочали артилерійський обстріл місць переправи та концентрації російських військ. Українські війська змушені були відступити до

річки

Ірпінь.



Рис. 1.6 - Наслідки обстрілу села Мощун, знімок SkySat, 15.03.22
 (<https://blog.maxar.com/for-a-better-world/2022/aviation-week-names-maxar-a-2022-laureate-award-winner>)

21-го березня, Збройні Сили України повністю забезпечили Мощун від російської окупації.

Внаслідок жорстоких зіткнень у Мощуні, було руйновано близько двох тисяч будинків. Поразка російської армії в Мощуні стала однією з найважливіших перемог України в початковому етапі повномасштабного вторгнення Росії. Тоді окупанти так і не змогли прорватися в столицю, а невдовзі залишили територію Київщини
 (https://radiotrek.rv.ua/news/tragediya-kremlya-yaka-vryatuvala-kiyiv---bitva-zamoshchun-istoriya-rozgromu-ELITnih-viysk-rf-video_304237.html)

1.4 Наслідки та руйнування, що зазнав регіон

На території Київської області серед 69 громад в 37 спостерігалися інтенсивні бойові дії. Внаслідок цього, приблизно 26 тисяч об'єктів інфраструктури було пошкоджено чи повністю зруйновано. За попередніми оцінками, матеріальні збитки можуть сягати десятків мільярдів доларів.

З кожним днем зростає кількість пошкоджених багатоповерхових будинків. Наразі відомо про повне зруйнування близько 4700 приватних будинків та 161 багатоповерхового будинку. Однак дані щодо кількості пошкоджених багатоповерхівок можуть змінюватися в результаті проведення обстеження та аналізу експертами.



Рис. 1.7 - Руйнування міста Ірпінь, Київська область, знімки Google Maps, весна 2022 року (<https://www.google.com.ua/maps/>)

Зі списку зруйнованих освітніх закладів належить відзначити 11 дитячих садків та шкіл, які були повністю знищені, та приблизно 200, які зазнали часткових руйнувань. Щодо медичних установ, дві з них були повністю

зруйновані, а майже 100 закладів зазнали різного ступеня пошкоджень. 48 мостів було знищено внаслідок бойових дій.

Крім будівель, значні руйнування зазнала також дорожньо-вулична мережа. Першочергові роботи з відновлення покриття вулиць та доріг виконуються в межах населених пунктів. Наприклад, площа вибоїн та пошкоджень покриттів вулиць у місті Буча становить 706 квадратних метрів, у селищі міського типу Гостомель – 559 м², смт Бородянка – 2581 м², с. Дмитрівка – 220 м², смт Макарів – 270 м².



Рис. 1.8 – Знімки села Дмитрівка, Київська область, знімок з Google Maps
(<https://www.google.com.ua/maps/>)

2. Опис літератури

Протягом останніх декількох десятиліть, різноманітні організації активно використовують геоінформаційні системи (ГІС) для моніторингу та аналізу змін на поверхні Землі, викликаних антропогенними та природними факторами. Серед них можна виділити землетруси, пожежі, повені, засухи, сходження лавин, буревії, війни, аварії на промислових об'єктах, вирубка лісів та забруднення водойм.

Кожна з цих організацій впроваджує власні методи та підходи до використання ГІС, які можуть відрізнятися від інших або ж бути подібними до вже існуючих практик. В той же час, деякі організації розробляють власні нові методи, які можуть мати значні переваги порівняно з наявними. Усі ці методи та підходи документуються і накопичуються у відповідній літературі.

Аналіз такої літератури є важливим для систематизації знань у галузі ГІС та визначення найбільш ефективних підходів для моніторингу та аналізу змін на поверхні Землі. Вивчення різних методів, їх переваг та недоліків, а також спільних тенденцій може допомогти розробити універсальні рекомендації та покращити практику застосування ГІС для контролю територій та реагування на різноманітні виклики.

Одним з потенційних напрямків розвитку може стати інтеграція різних джерел даних, таких як супутникові знімки, дистанційне зондування Землі, аерофотозйомка та геодезичні відомості, що дозволить отримати більш точну та повну картину змін на поверхні планети. Також можливе розширення застосування ГІС у суміжних галузях, таких як екологія, геологія, метеорологія, гідрологія та інших.

Враховуючи швидкість науково-технічного прогресу та постійне зростання потреб у моніторингу та аналізі змін на поверхні Землі, проведення огляду літератури та вивчення сучасних методів та підходів є актуальним завданням для наукової спільноти. Таке дослідження сприятиме розвитку галузі ГІС та покращенню захисту територій від негативних впливів антропогенних та природних факторів.

2.1. Виявлення змін ландшафту за допомогою ГІС та ДЗЗ під час війни в Перській затоці

Хотілося б розглянути використання ГІС для моніторингу зміни ландшафту та екології Кувейту під час війни в Персидському заливі. Таке дослідження проводили Магалі Кох та Фарук Ель-Баз в 1998 році та задокументували його в « Identifying the Effects of the Gulf War on the Geomorphic Features of Kuwait by Remote Sensing and GIS» (Koch, El-Baz, 1998).



Кувейтська траса-80 («Шосе смерті») / Джерело: Rare Historical Photos

Рис. 2.1 - Шосе смерті, Кувейт, 1990 рік

В передісторії можна сказати, що Супутникові зображення в поєднанні з картами рельєфу/поверхні використовуються для ідентифікації та характеристики змін на пустельній поверхні Кувейту, що виникли внаслідок військових дій під час та після війни в Перській затоці 1991 року. Ці зміни призводять до перетворень поверхневих осадових відкладів та морфологічних особливостей, що ведуть до деградації довкілля (El-Baz, 1994).

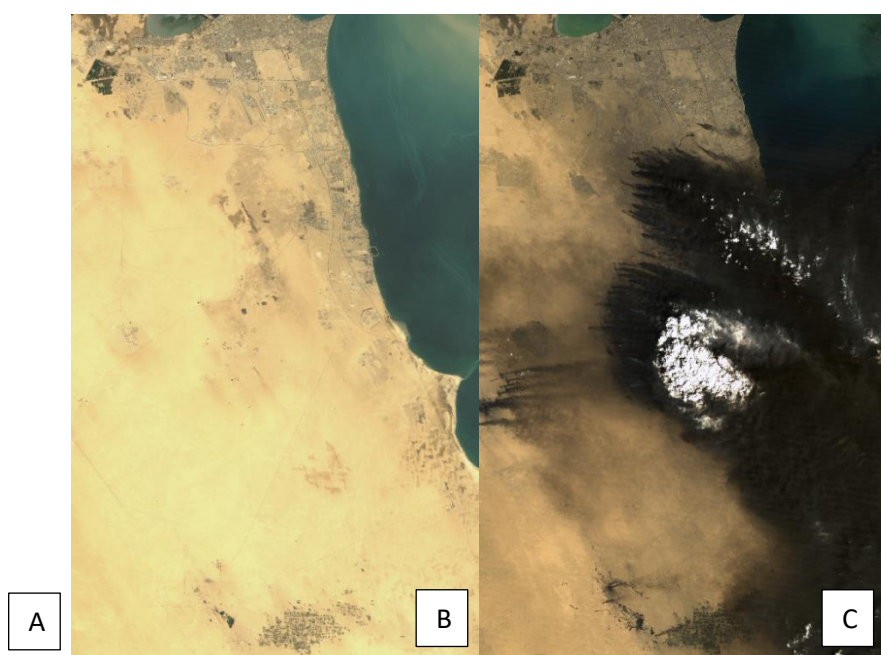


Рис. 1.2 Знімки Landsat 4-5 TM південної частини Кувейту за (A) 24.01.98, (B) 27.03.91, (C) 25.06.92 (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>)

Географічна інформаційна система (ГІС) використовується для інтеграції та аналізу багатоджерельних та багатомасштабних даних, отриманих з супутникових зображень, карт та польових спостережень. За допомогою ГІС визначаються, описуються та характеризуються зміни, що відбуваються у візерунках рельєфу, характері та масштабі змін земної поверхні та їх потенційних впливах на довкілля. Післявоєнні супутникові зображення корелюються з передвоєнними польовими картами, що дозволяє виявити зміни типів поверхневих осадових відкладів та геоморфологічних одиниць, акцентуючи увагу на ділянках, що демонструють зміни в поверхневій динаміці. Такі області визначаються та класифікуються з точки зору змін у просторовому розподілі поверхневого піску (післявоєнне наступання піску) та впливу нафтового забруднення (утворення шарів таркрету). Аналіз ГІС показує, що 21,6% території Кувейту постраждало від війни в Перській затоці, з яких 4,4% пов'язані з нафтовим забрудненням, а 17,2% - з ремобілізованими пісковими прокладами. Ці результати свідчать про необхідність перекласифікації геоморфологічних особливостей Кувейту з урахуванням військових змін на поверхні (Abuelgasim, A.A., F. El-Baz, M. Koch, 1998).

Таким чином, використання ГІС дозволяє виявити та оцінити зміни, що відбулися на поверхні пустель Кувейту внаслідок війни в Перській затоці, а також оцінити їх потенційний вплив на довкілля. Військові дії призвели до серйозних змін у геоморфологічних особливостях та розподілі поверхневих осадових відкладів, що зумовлює необхідність перегляду класифікації та оцінки впливу цих змін на стан довкілля. Результати такого аналізу можуть сприяти розробці ефективних стратегій відновлення та управління

пустельними екосистемами Кувейту, що зазнали негативного впливу внаслідок війни (Al-Sulaimi, J., M. Viswanathan, and F. Szekely, 1993).

Взаємозв'язок між передвоєнними та поствоєнними поверхневими умовами в пустелі Кувейту демонструє характер та масштаб змін поверхні та висвітлює деякі геоморфологічні наслідки. Інформація зі супутникових зображень, використана разом з даними передвоєнних карт, дозволяє виявити характер, масштаб та географічне розташування пошкоджень, спричинених війною.

В результаті виниклі зміни у динаміці поверхні неминуче вплинуть на моделі ландшафтів, такі як шорсткість або згладженість поверхні, реактивацію міграції піщаних дюн та зміну системи водостоків. Ці зміни вже вплинули на властивості поверхневих осадових відкладень, зокрема на зміни в поверхневому захисті (пустельне покриття/рослинність), ущільненні та забрудненні. Потрібна нова карта геоморфологічних провінцій, щоб врахувати ці зміни, але доки система не повернеться до рівноваги, ця карта буде представляти лише перехідний етап у регулюванні земної поверхні (Koch M, El-Baz F. 1998..)

2.2 Застосування ГІС для моніторингу розграбування та пошкодження археологічних пам'яток під час Громадянської війни в Сирії

Також хотілося б розглянути дослідження Casana J, Laugier EJ 2017 року, «Satellite imagery-based monitoring of archaeological site damage in the Syrian civil war» (Casana J, Laugier EJ. 2017).

З початку громадянської війни в Сирії у 2011 році, багате археологічне насліддя Сирії та північного Іраку зіткнулося з серйозними загрозами, зокрема

з розкраданням, пошкодженням пов'язаним з бойовими діями та навмисним руйнуванням пам'яток. Проте, недоступність зони конфлікту для археологів або фахівців з культурної спадщини ускладнила отримання точних оцінок пошкоджень, що заважає розробці стратегій та політик зменшення наслідків (Casana J, Laugier EJ. 2017).



Рис. 2.2 - Знищені будівлі міста Алеппо, 2015 рік

(https://24tv.ua/chomu_pochalas_viyna_u_siriyi_i_do_chogo_tut_ukrayina_n617892)

Ця стаття представляє результати проекту, проведеного у співпраці з Американськими школами східних досліджень (ASOR) та Державним департаментом США, спрямованого на моніторинг пошкоджень археологічних пам'яток у Сирії, північному Іраку та південній Туреччині за допомогою сучасних, високороздільних супутникових зображень (Danti MD, 2015). Використовуючи велику базу даних археологічних та історико-культурних пам'яток у регіоні, а також доступ до постійно оновлюваних супутникових зображень від компанії DigitalGlobe, цей проект розробив гнучку

та ефективну методику реєстрації спостережень за пошкодженнями, яка сприяє просторовим та тимчасовим запитам. З майже 5000 ретельно оцінених пам'яток аналіз виявляє несподівані закономірності щодо часу, ступеня та місця пошкоджень, що допомагає нам краще зрозуміти розвиток кризи культурної спадщини в Сирії та Іраку. Результати також пропонують модель для майбутніх зусиль з моніторингу археологічних та історико-культурних об'єктів на Близькому Сході та за його межами на основі дистанційного зондування Землі (Cunliffe EL, 2013).

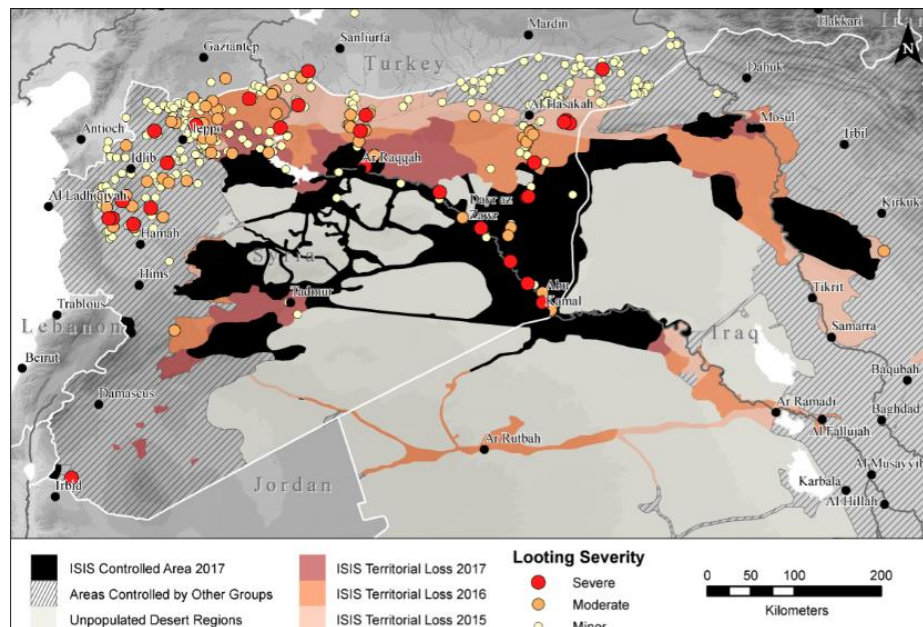


Рис. 2.3 - Карта задокументованих мародерств, пов'язаних з війною, на території підконтрольній ІДІЛ, (Casana J, Laugier EJ. 2017)

У рамках проекту спостерігалися різні форми пошкоджень культурної спадщини, такі як руйнування будівель від бойових дій, навмисне знищення монументів та розкрадання артефактів. Завдяки методології, розробленої в ході проекту, вдалося відслідкувати зміни на археологічних пам'ятках протягом часу, що допомогло розкрити тенденції та закономірності пошкоджень у регіоні.



Рис. 2.4 - Військові пошкодження в Тель-Каркур на північному заході Сирії, (Casana J, Laugier EJ. 2017)

Такі дані можуть слугувати основою для розробки стратегій зменшення наслідків війни на культурну спадщину та підготовки програм реставрації та збереження пам'яток на місцевому та регіональному рівнях. Крім того, результати дослідження можуть сприяти підвищенню обізнаності міжнародної спільноти щодо важливості збереження культурної спадщини в зонах конфліктів.

Проект також показує потенціал супутникового моніторингу в археологічних дослідженнях та охороні культурної спадщини, особливо в регіонах, що стикаються з конфліктами або недоступні для безпосереднього дослідження. Такий підхід може бути адаптований та розширений для використання в інших країнах або регіонах, де культурна спадщина зазнає загрози через війни, природні катастрофи або людську діяльність.

Дослідження, про яке йдеться у цьому звіті, має на меті розробити методологію ефективного та дієвого моніторингу пошкоджень археологічних об'єктів та об'єктів культурної спадщини за допомогою супутникових знімків, а також застосувати ці підходи для кращого розуміння регіональних особливостей пошкоджень, що відбуваються в контексті громадянської війни в Сирії (Burns R., 2009). Наші результати пропонують унікальний погляд на мародерство та інші форми пошкодження об'єктів, доповнюючи, але відрізняючись від спостережень та аналізів, що базуються на прямих звітах або дослідженнях конкретних об'єктів. Ми можемо відстежувати пошкодження на тисячах об'єктів у віддалених і небезпечних регіонах, і завдяки цьому ми також можемо отримати детальну статистику про рівень, тяжкість, час і місце пошкоджень, які інакше неможливо було б точно оцінити. Таким чином, отримані результати надають цінну інформацію для пом'якшення наслідків, планування реконструкції та боротьби з незаконним обігом старожитностей, а також демонструють у більш широкому сенсі можливість цього нового підходу як інструменту управління культурною спадщиною (Casana J., 2017).



Рис. 2.5 - Військові пошкодження в місті бронзового віку Ебла на заході Сирії (Casana J, Laugier EJ. 2017)

Існує багато конкретних способів, як їх результати можуть бути корисними для чиновників, що займаються питаннями старожитностей, фахівців зі спадщини та археологів у відновленні або майбутніх зусиллях зі зменшення шкоди, коли ситуація з безпекою в Сирії та Північному Іраку зробить це можливим. Наприклад, після того, як на початку цього року сили ІДІЛ були витіснені з деяких районів Північного Іраку, курдські та іракські органи з питань старожитностей у співпраці з ЮНЕСКО та іншими міжнародними організаціями вже розпочали роботу з оцінки та реставрації знакових пам'яток Ніневії (в Мосулі), Німруда та інших місць (Bassem W, 2017). Зусиллям таких організацій, як Іракський інститут збереження старожитностей і спадщини в Ербілі, що прагне навчати місцевих фахівців з питань старожитностей і консервації, а також надавати допомогу в питаннях управління культурною спадщиною, може суттєво допомогти детальне знання масштабів і серйозності пошкоджень об'єктів у регіоні (Hammer J., 2017). Сподіваємося, що в майбутньому, коли більше районів зони бойових дій повернуться до менш насильницьких і нестабільних умов, подібні зусилля з оцінки пошкоджень будуть здійснюватися, а наш детальний набір даних допоможе у плануванні розподілу ресурсів і персоналу.



Рис. 2.6 - Телль Наам на рівнині Джаббул у центральній Сирії, (Casana J, Laugier EJ. 2017)

Нарешті, їх результати допомагають продемонструвати, що супутникові знімки високої роздільної здатності, якщо їх збирати часто і нещодавно, можуть революціонізувати зусилля з моніторингу культурної спадщини. Проте потенціал цього підходу залишається значною мірою нереалізованим у більшості частин світу через бар'єри доступу до знімків, встановлені приватними компаніями, що займаються супутниковою зйомкою. Придбання сучасних супутникових знімків високої роздільної здатності залишається надзвичайно дорогим, особливо для таких масштабних досліджень, як наше, що потребують численних знімків з тисяч локацій. Наше дослідження стало можливим лише завдяки партнерству з Державним департаментом США, який надав нашій команді безкоштовний доступ до чудового ресурсу, яким є знімки, зібрані компанією DigitalGlobe (Casana J, Laugier EJ. 2017).



Рис. 2.7 - Військові пошкодження в Тель-Сабі-Аб'яді, північно-центральна Сирія, (Casana J, Laugier EJ. 2017)

Наразі, однак, небагато дослідників чи фахівців зі спадщини можуть отримати подібний доступ, що проблематизує відтворення нашої роботи в Сирії чи застосування подібних методів в інших країнах світу. Покращений доступ до супутникових знімків високої роздільної здатності, які вже майже повністю оплачуються з державних фондів як у США, так і в Європі, уможливив би не лише моніторинг спадщини, але й цілу низку інших важливих видів діяльності, включно з моніторингом наслідків стихійних лих, таких як нещодавня повінь у Г'юстоні, штат Техас, що сталася після урагану Гарві (Griffin J.. 2017), катастрофи з правами людини, як та, що розгортається зараз у М'янмі (Pecanha S, White J.. 2017), а також довгострокові дослідження в таких різноманітних галузях, як екологія, міське планування та громадське здоров'я. Суспільні вигоди від покращення доступу до знімків є величезними, і результати нашої роботи мають сприяти зусиллям, спрямованим на те, щоб

зробити супутникові знімки, придбані за державні кошти, доступними для суспільного блага (Casana J, Laugier EJ. 2017).

2.3 Застосування ГІС для моніторингу наслідків землетрусів в Турції 2023 році

Можна розглянути дослідження Noam Levin за 2023 року, «Using Night Lights from Space to Assess Areas Impacted by the 2023 Turkey Earthquake». В дослідженні розглядають метод аналізу та моніторингу завданих збитків та пошкоджень під час землетрусів в Турції в лютому місяці 2023 року (Levin, N. 2023).

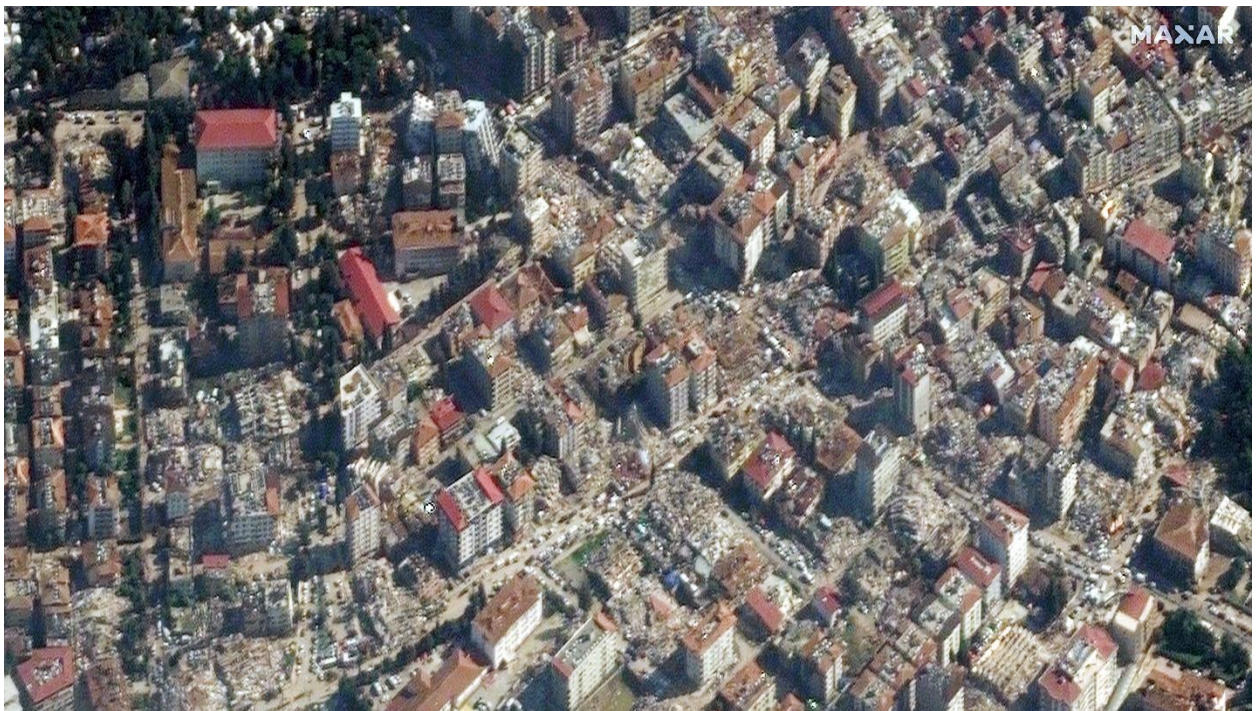


Рис. 2.8 - Наслідки землетрусу в лютому місяці 2023, місто Антакія,
Турція

(https://myc.news/en/novosti_mira/opublikovany_sputnikovye_snimki_postrada_vshego_ot_zemletryaseniya_tureckogo_goroda_)

Землетруси 6 лютого 2023 року, які сталися на південному сході Туреччини, виявилися одними з найсмертоносніших за останнє століття. Вчені повідомляють про можливість картографування та кількісної оцінки районів, які зазнали впливу цих стихійних лих, використовуючи зміни в нічному освітленні. Ці зміни були зафіксовані датчиком NASA VIIRS/DNB. Результати дослідження показують відповідність між землетрусом магнітудою 7.8 і зонами, що зазнали впливу, розташованими в містах і селищах, головним чином вздовж розломів. Особливо сильні наслідки спостерігалися в районах, де значення макросейсмічної інтенсивності перевищували 7 балів (Levin, N. 2023).

Вчені також перевірили відключення нічних ліхтарів, зафіксоване VIIRS, за допомогою нового багатоспектрального нічного датчика SDGSAT-1 Glimmer. Додатково, їхні спостереження були підтверджені шляхом порівняння змін у нічному освітленні з повідомленнями про пошкоджені будівлі. Можливість швидкого картографування постраждалих районів з космосу, використовуючи нічне освітлення, має ключове значення для визначення пріоритетів і спрямування аварійно-рятувальних служб у всьому світі. Це допоможе рятувальникам ефективніше оцінювати ситуацію та надавати допомогу там, де вона найбільше потрібна.

Скористалися сайтом про землетруси Геологічної служби США (<https://earthquake.usgs.gov/>, відвідано 6 березня 2023 року), щоб завантажити місця та магнітуди нещодавніх землетрусів в Туреччині, а також завантажити карти землетрусів (Worden, C.V.. 2016), які включали змодельовану макросейсмічну інтенсивність. Ми завантажили продукти для землетрусів магнітудою 7,8 і 7,5 балів, що відбулися 6 лютого 2023 року, а також для землетрусу магнітудою 6,3 бала 20 лютого 2023 року. Ми

використали модифіковану інтенсивності Меркалі (MMI) як проксі інтенсивності макросейсм, який надається з просторовою роздільною здатністю з просторовою роздільною здатністю близько 0,03 градуса (~3 км).

Для дослідження впливу землетрусів на штучне нічне освітлення ми використовували нічний світильник VIIRS Black Marble моделі VNP46A1 (Román, M.O.; Wang, Z.; Sun, Q.; Kalb, V.; Miller, S.D.; Molthan, A.; Schultz, L.; Bell, J.; Stokes, E.C.; Pandey, B.. 2018). Цей продукт забезпечує нічне нічне випромінювання верхніх шарів атмосфери (в одиницях нВт-см-2 ср-1) з просторовою роздільною здатністю 15 дугових секунд (~450 м на екваторі; <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/missionsand-measurements/products/VNP46A1/>, доступ 6 березня 2023 року). Завантажили всі нічні продукти гранули h21v05 між 1 і 61 календарними днями (1 січня 2023 року і 2 березня 2023 року, 61 день). Для їх аналізу вони включили лише безхмарні пікселі з кожної з ночі (на основі статусу хмарної маски VNP46A1). Ми вилучили всі освітлені комірки сітки (комірки сітки комірки, де значення яскравості у 2021 році було більшим за 3 нВт-см-2 ср-1 і де комбіновані значення модифікованої інтенсивності за шкалою Меркалі для обох подій землетрусу 6 лютого перевищували 11; $n = 42\ 528$) в межах цієї гранули, і розділили часовий інтервал на два періоди: (1) до землетрусу (1 січня - 5 лютого 2023 р., 36 діб); (2) після землетрусу (7 лютого - 20 лютого 2023 р., 14 діб). 20 лютого 2023 року, 14 днів). Ми провели t-тести, щоб перевірити, чи відрізнялися рівні яскравості між періодами 1 і 2 (на територіях, що постраждали від землетрусу, може бути зафіксовано зниження рівня яскравості вночі). рівнів яскравості в нічний час. Враховуючи, що ми проаналізували понад 10 000 комірок сітки, ми розглядали лише ті комірки статистично значущими ми вважали лише ті комірки сітки, для яких значення

р за t-критерієм було менше 0,01 (Levin, N. 2023). Також розрахували різницю та співвідношення між рівнями яскравості цих двох періодів.

Щоб перевірити надійність підходу, також провели t-тести для коротших періодів часу для періоду після землетрусу. Щоб дослідити вплив землетрусів на зміну NTL, ми розрахували наступне співвідношення:

$$NTL \text{ Ration Change} = \frac{NTL_{pre-earthquake} - NTL_{post-earthquake}}{NTL_{pre-earthquake}}$$

Потім дослідили розподіл змін відношення NTL в залежності від значень MMI, очікуючи знайти вищі значення змін відношення NTL в районах, що зазнали впливу землетрусів. Ми кількісно оцінили відновлення нічного освітлення, обчисливши тенденції зміни NTL за допомогою коефіцієнта рангової кореляції Спірмена для двох часових періодів: 7-19 лютого 2023 року та 7 лютого - 2 березня 2023 року (Levin, N. 2023).

Крім того, вони використовували щомісячні часові ряди VIIRS (доступні онлайн за посиланням <https://lighttrends.lightpollutionmap.info/>, доступ до якого було надано 6 березня 2023 року), щоб дослідити зміни NTL для обраних міст з 2012 року. Вони використовували супутник Цілей сталого розвитку 1 (SDGSAT-1) Glimmer мультиспектральне нічне зображення, що пропонує вищу просторову роздільну здатність 40 м (Wang, N.; Hu, Y.; Li, X.M.; Kang, C.; Yan, L. 2023), щоб вивчення змін у нічному освітленні між знімком до землетрусу (22 серпня 2022 року) та знімком після землетрусу (12 лютого 2023 року).

Вони відкалібрували значення DN супутника SDGSAT-1 до видимої яскравості, використовуючи калібрувальні коефіцієнти підсилення та зсуву сенсора (Tang, Y.; Dou, C.; Li, X.; Liu, J. 2022). Для кількісного порівняння кореляції між зміною значень NTL VIIRS та значеннями NTL SDGSAT-1, ми застосували 11-піксельний фільтр низьких частот з рухомим вікном на трьох діапазонах SDGSAT-1 (для узгодження просторової роздільної здатності між

двома нічними сенсорами) і підсумували їхні значення, щоб отримати загальну кількість видимого блиску, виміряну супутником SDGSAT-1 (Levin, N. 2023).

Ці дані дозволили нам краще оцінити розподіл нічного освітлення, а також зміни в ньому, спричинені землетрусами, та прослідкувати процес відновлення інфраструктури в постраждалих районах. Такі результати можуть бути корисними для органів управління, що займаються розробкою стратегій відновлення та підтримки постраждалих територій.

Основні результати дослідження полягають у наступному:

- Дослідники спостерігали значне зниження NTL після землетрусу, особливо в районах зі значеннями MMI більше 7 балів. Зменшення NTL було більш помітним у містах і селищах, розташованих уздовж лінії розлому.

- Дослідники змогли кількісно оцінити відновлення нічного освітлення, розрахувавши тенденції в змінах NTL за допомогою коефіцієнта рангової кореляції Спірмена. Аналіз проводився для двох часових періодів: 7-19 лютого 2023 року та 7 лютого - 2 березня 2023 року.

- Команда порівнювала зміни значень NTL від датчиків VIIRS та SDGSAT-1. Вони застосували 11-піксельний низькочастотний фільтр з рухомим вікном для узгодження просторової роздільної здатності між двома нічними датчиками.

- Дослідники відкалібрували значення DN супутника SDGSAT-1 до видимої яскравості, використовуючи калібрувальні коефіцієнти підсилення та зміщення датчика.



Рис. 2.9 - Наслідки землетрусу в лютому місяці 2023, місто Антакія,
Турція

(https://myc.news/en/novosti_mira/opublikovany_sputnikovye_snimki_postrada_vshego_ot_zemletryaseniya_tureckogo_goroda_)

На основі цих результатів дослідники дійшли висновку, що швидке картування постраждалих від землетрусів регіонів з використанням даних нічного освітлення на супутникових знімках може відіграти вирішальну роль у визначенні пріоритетів і спрямуванні зусиль з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у всьому світі. Інтеграція даних з різних джерел і використання передових технологій для моніторингу та відновлення постраждалих від землетрусів районів може сприяти більш ефективному реагуванню на подібні стихійні лиха в майбутньому (Levin, N. 2023).

3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Для проведення моніторингу та аналізу змін на території, необхідно було визначити конкретну ділянку, яку я планував досліджувати, а також відібрати відповідні супутникові знімки за датами, що відповідали б моїм дослідницьким потребам.

З огляду на важливість регіону і його географічні особливості, я вирішив провести моніторинг території Київської області, зокрема її північної частини. Цей регіон включає такі адміністративні одиниці, як Вишгородський район, Бучанський район, Фастівський район та Броварський район. Ці райони були обрані через їх екологічну, економічну та соціальну значимість, а також через наявність цікавих об'єктів для дослідження.

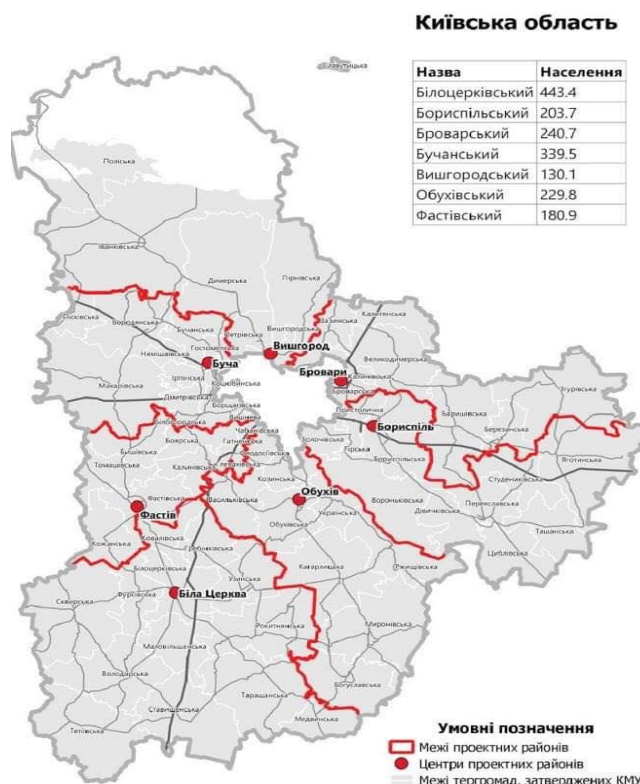


Рис. 3.1 - Мапа адміністративного розподілу Київської області
(https://uk.wikipedia.org/wiki/Kyiv_Oblast_2020_subdivisions.jpg)

Після визначення території моніторингу, я провів пошук доступних супутникових знімків за відповідні дати, що відповідали моїм дослідницьким потребам. Це включало аналіз різних джерел супутникових знімків та відбір найбільш підходящих для моєї роботи з огляду на часові рамки, роздільну здатність знімків та інші важливі параметри. Знайдені супутникові знімки дозволили провести детальний моніторинг та аналіз змін на обраній території, що сприяло досягненню мети моєї дослідницької роботи.

Всі ці території постраждали від російської окупації або ж були обстріляні під час активних бойових дій. На мапі ми можемо ці території, рис.2.

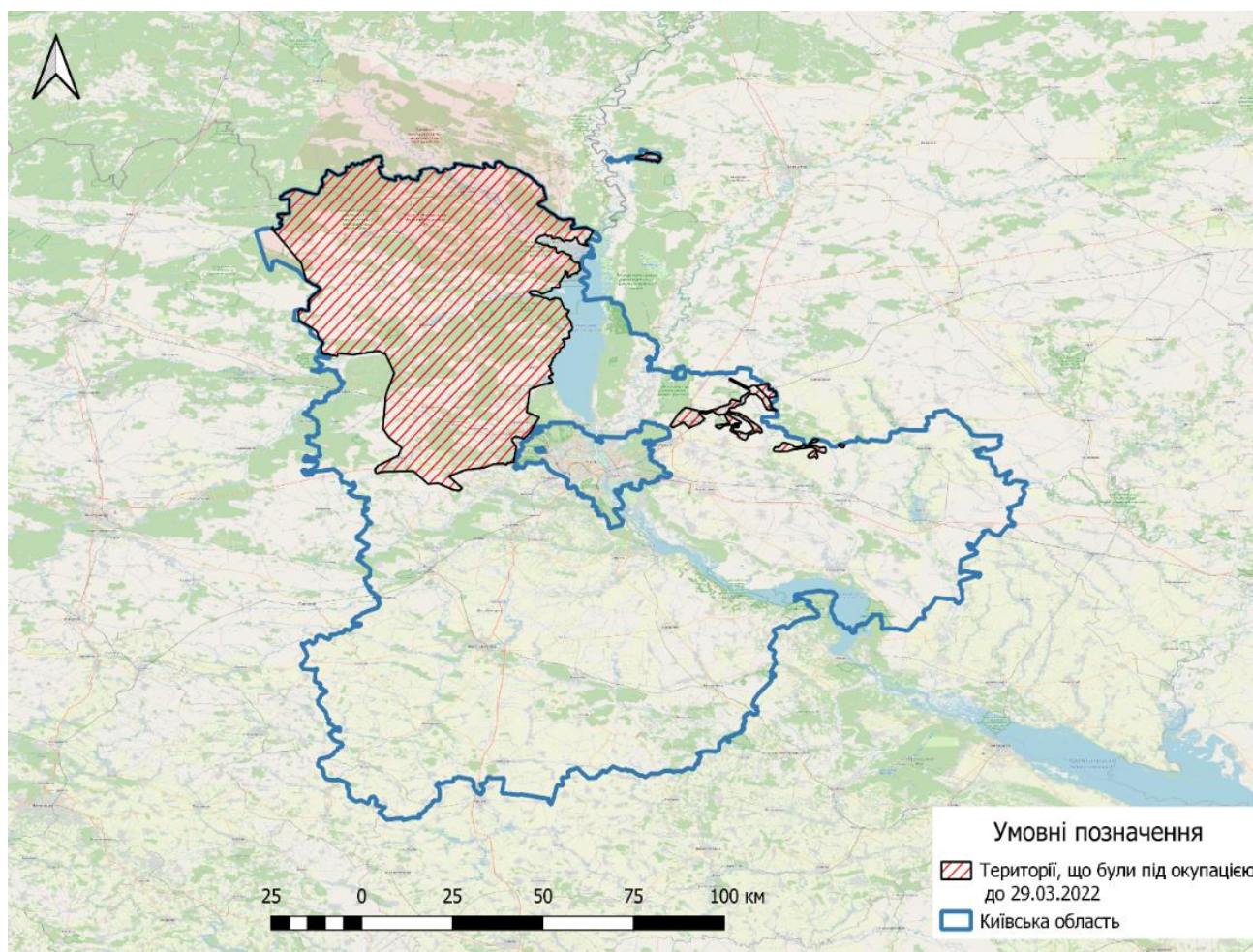


Рис. 3.2 - Мапа окупованих територій Київської області

З поміж всієї цієї території області, ми обираємо тільки окупований Правий берег Київщини – це 234 сіл та міст, що піддалися повній або частковій окупації. Ця територія була обрана, як одна з найбезпечніших, якщо це можна так сказати, через її віддаленість від теперішньої лінії фронту та кордону з російською федерацією.

Нас цікавлять території, в яких або біля яких проходили активні бойові дії, переважна більшість з яких знаходяться біля міста Київ. Прикладом для роботи стане селище Мощун, Київської області, що знаходиться лише в декількох кілометрах від нашої столиці, міста Київ. Починаючи з 25.02.2022 і закінчуючи 29.03.2023 в цьому населеному пункті точились запеклі бої і селище було майже зруйнованим. На мапі можна побачити розташування селища, рис.3.

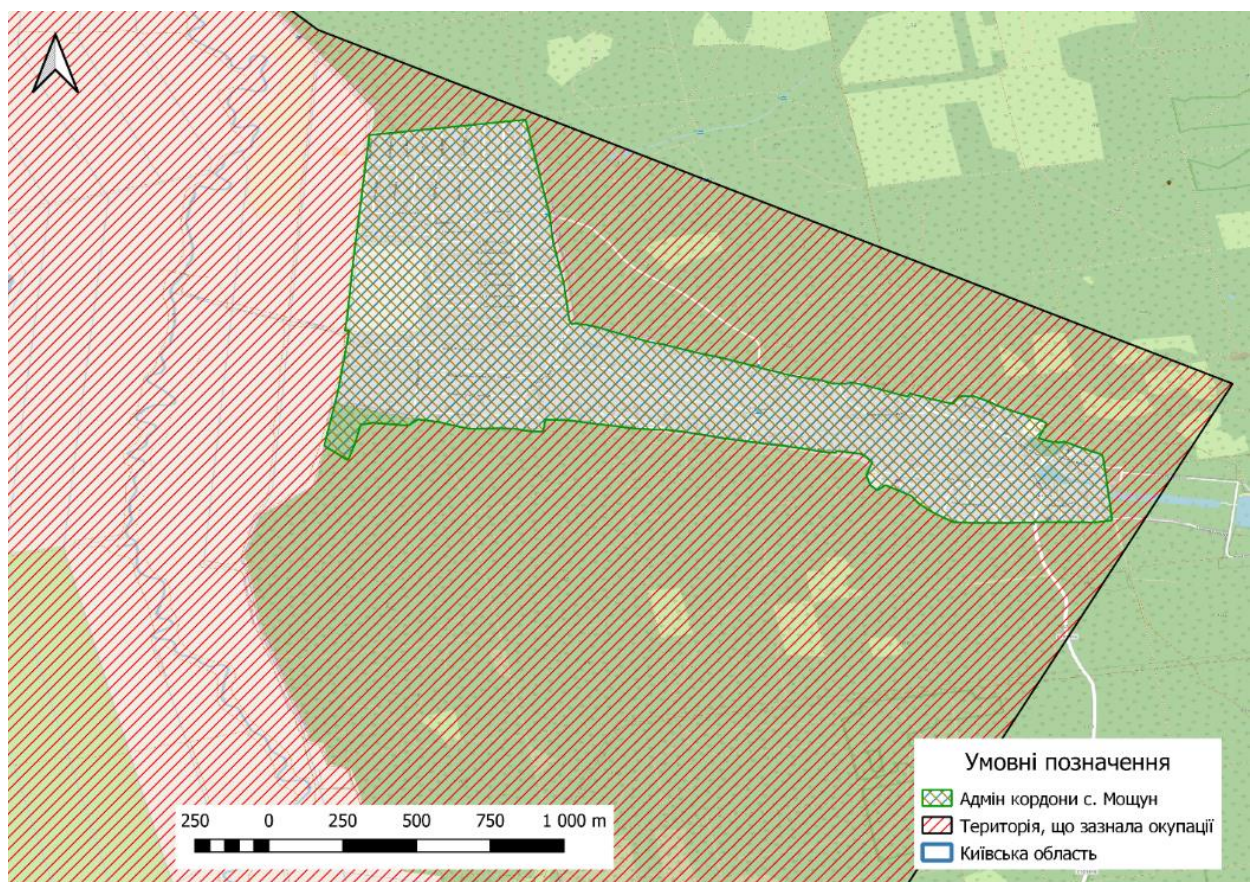


Рис. 3.3 - Розташування селища Мощун

Головною задачею в цьому населеному пункті був моніторинг пошкоджень забудови, її класифікація та пошук вирв від вибухів снарядів.

Для початку нам потрібні знімки населеного пункту після окупації, тобто після 29.03.2022. В цьому мені допомогла команда компанії UADamage та її партнери, що і надали мені доступ до зображень. Зйомки проводились з дрону восени 2022 році, що дає мені провести моніторинг по найсвіжішим даним з моменту деокупації.

Використання дронів, або безпілотних літальних апаратів (БПЛА), значно спрощує збір детальної інформації про руйнування в різних місцевостях. Завдяки їхній здатності літати на низьких висотах та маневрувати з великою точністю, дрони можуть забезпечити високоякісні зображення будівель і інших об'єктів під різними кутами та з усіх сторін. Це дозволяє отримати детальніший огляд пошкоджень та сприяє ефективному плануванню відновлювальних робіт.

У випадках, коли використання дронів або інших БПЛА неможливе у населеному пункті, через обмеження, пов'язані з безпекою, законодавством або іншими факторами, альтернативним способом збору даних є знімки з супутника. Хоча супутникові знімки можуть не надавати такої ж деталізації, як знімки з дронів, вони все ще можуть надати корисну інформацію про руйнування на більшій території. Комбінування даних з дронів та супутникових знімків може надати цілісне розуміння ситуації на місці та сприяти координації рятувальних і відновлювальних зусиль.

Для проведення зйомок з дрону цього населеного пункту знадобилось 5 польотних місій, зроблено 562 знімки для ортофотоплану. Після проведення зйомок ми отримали детальну знімки селища, рис. 3.4.

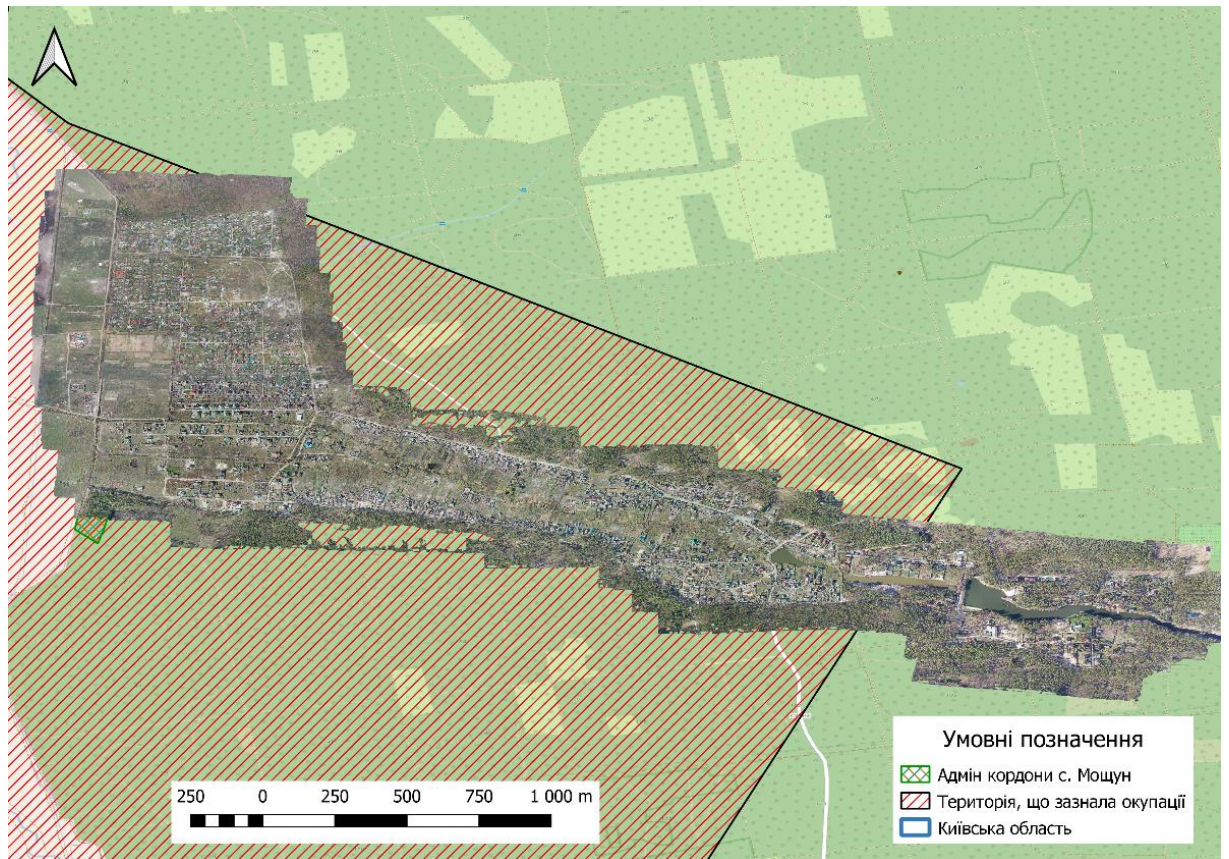


Рис. 3.4 - Ортофотоплан сел. Мощун зроблений за допомогою дрону

Після зйомки, нам потрібно визначити будівлі населеного пункту для їх подальшої класифікації. В цьому мені допоміг OpenStreetMap та Qgis.

Спочатку потрібно завантажити дані OSM для області, якою ми цікавимось:

- Через ваш абсолютно любий веб-переглядач відкриваємо веб-сайт OpenStreetMap;
- Збільшуємо масштаб на область, з якою хочете працювати, в моєму випадку це сел. Мощун;
- Натискаємо кнопку Експорт у верхній частині сайту;

- У лівій панелі ми можемо вибрати можливість вказати більш конкретну область для завантаження (за допомогою опції Вручну вибрати іншу область)
- Після завершення натискаємо кнопку Експорт у лівій панелі.

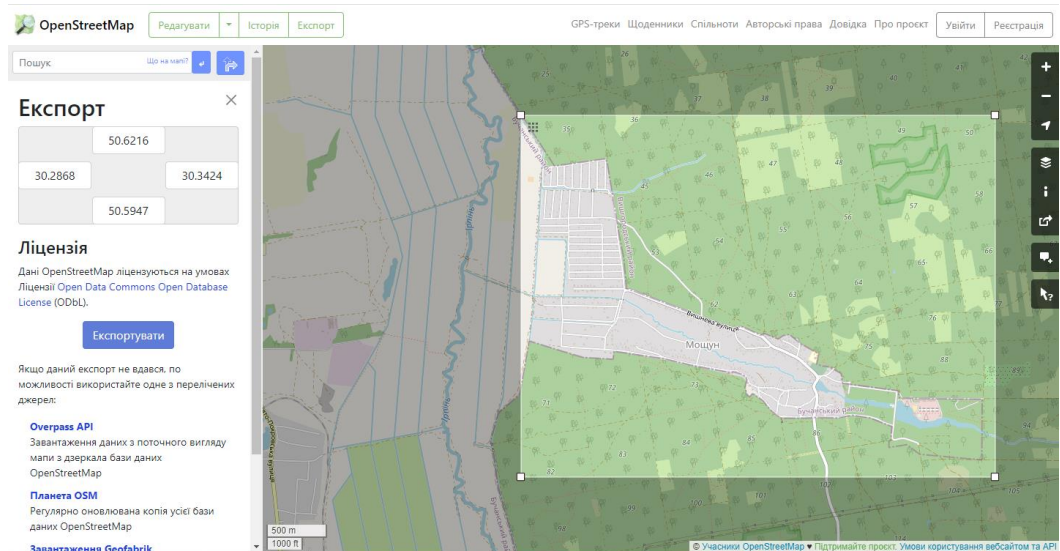


Рис. 3.5 - Вивантаження полігонів будинків з сайту OpenStreetMaps

Після проведення вище написаних процедур нам повинні запропонувати завантажити файл .osm. Просто зберігаємо його десь на своєму комп'ютері, відкриваємо файл в Qgis, ARCSmap або інших програмних забезпеченнях, що підтримують цей формат файлу та можуть його візуалізувати. Після завантаження файлів перед нами відкриється безліч файлів, більшість з яких нам не потрібна. Через вікно атрибутів фільтруємо їх та обираємо лише «buildings».

Також можна розглянути вивантаження будівель OSM за допомогою Qgis. Спочатку дані з OpenStreetMap представляють собою лише геометрії з присвоєними їм пара ключ-значення. Ви можете легко відфільтрувати будівлі серед усіх геометрій у файлі .osm.

- З меню виберіть Шари->Додати шар->Додати векторний шар....

- Виберіть файл .osm з завантаженою областю.

- Коли вас запитують, який шар ви хочете додати, ви можете вибрати лише шар мультиполігонів (це нормально, якщо ви додасте всі шари, але будівлі знаходяться на цьому шарі).

- У панелі шарів клацніть правою кнопкою миші на щойно доданий шар мультиполігонів і виберіть Фільтр....

- У діалоговому вікні введіть такий вираз: "building" is not null (насправді це означає, що всі полігони без ключа будівлі будуть відфільтровані). Тепер на карті ви повинні бачити лише будівлі.

- З панелі шарів клацніть правою кнопкою миші на шарі мультиполігонів ще раз і виберіть «Зберегти як».

Якщо ви хочете експортувати ці будівлі у інший формат файлу, зробіть наступне:

- Клацніть правою кнопкою миші на шарі з будівлями у списку шарів, а потім виберіть "Експортувати" > "Зберегти як...".

- У вікні "Зберегти векторний шар як" виберіть формат файлу, до якого хочете експортувати будівлі (наприклад, ESRI Shapefile, GeoJSON тощо).

- Виберіть шлях для збереження файлу, введіть його назву та натисніть "ОК". Зараз будівлі будуть експортовані у вибраний вами формат.

Який би варіант вивантаження ми б не обрали в кінці ми повинні отримати такий варіант мапи, що продемонстрований перед нами на рисунку 3.6.

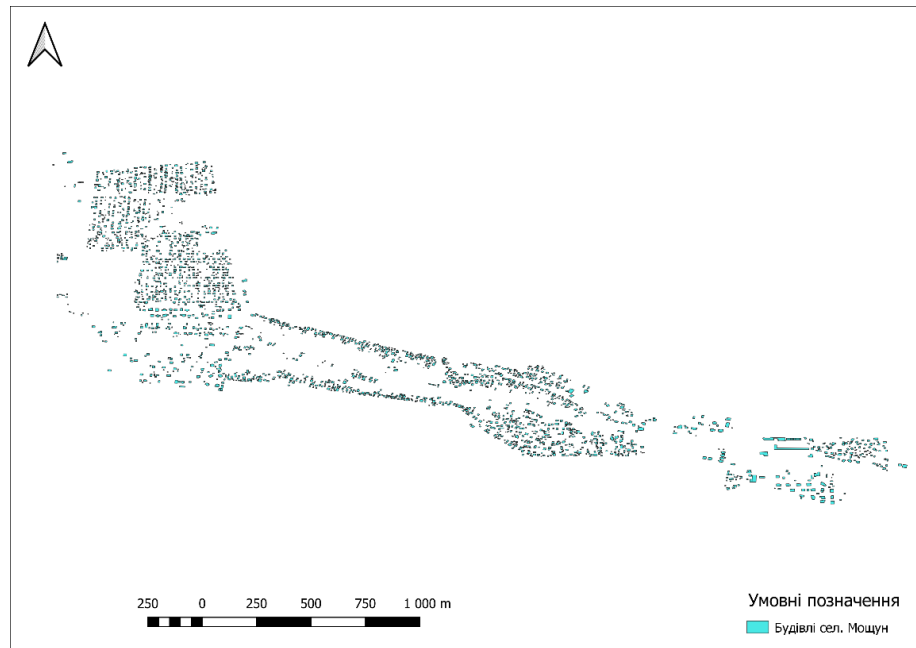


Рис. 3.6 - Мапа будівель сел. Мощун, вивантажених з OSM

У наступному етапі нашої роботи необхідно виявити пошкоджені будівлі на території та провести їх класифікацію згідно з встановленими критеріями. Для цього ми використовуємо сучасні методи та технології, такі як дистанційне зондування землі та геоінформаційні системи. Ми використовуємо чотири рівні класифікації для оцінки ступеня пошкоджень будівель:


- Зруйновані
- Значно пошкоджені
- Легкі пошкодження
- Не виявлено пошкоджень

Ця класифікація допомагає у розробці планів відновлення та ремонту, а також у визначенні пріоритетів щодо відновлення інфраструктури.

Таблиця 1.1 містить детальний опис кожного з цих класів, ілюструючи специфічні характеристики та види пошкоджень, які відповідають кожному рівню. Ця інформація допоможе нам точно визначити стан кожного об'єкту та забезпечити адекватну оцінку ступеня пошкоджень для подальшого аналізу та розробки стратегій відновлення.

Таблиця 3.1

	<ul style="list-style-type: none"> • Зруйновані – пошкодження будівлі складають більше 50%, руйнація будівлі до її фундаменту. Ці об'єкти вимагають повного зносу або перебудови.
	<ul style="list-style-type: none"> • Значно пошкоджені – пошкодження будівлі до 50%. Суттєві видимі пошкодження будівлі та її конструкції, що включають: обвалення частини даху; серйозні руйнування та пошкодження стін. Ці об'єкти вимагають великих ремонтних робіт для повернення до безпечного стану та придатності для використання.
	<ul style="list-style-type: none"> • Легкі пошкодження – невеликі пошкодження даху; вибиті шибки; обвалені димарі; велика кількість уламків навколо будівлі. Ці об'єкти можуть бути відновлені за допомогою невеликих ремонтних робіт, але які

	не впливають на загальну структурну цілісність споруди.
	<ul style="list-style-type: none"> • Немає видимих пошкоджень – пошкоджень за допомогою знімку не знайдено. Ці будівлі можуть продовжувати функціонувати без додаткових втручань.

Ці критерії дозволять нам точно визначити стан кожного об'єкту та забезпечити адекватну оцінку ступеня пошкоджень для подальшого аналізу та розробки стратегій відновлення.

Для пошуку пошкоджень ми можемо самотушки почати їх шукати на мапі та фіксувати дані в атрибутивній таблиці за допомогою Qgis, але ми скористаємося допомогою AI (нейромережі).

Я корситувався нейромережю, що використовує компанія UADamage, а саме *MetaDamageNet*. Нажаль, я не маю права розголошувати інформацію з приводу детальної роботи цієї нейронної мережі, але дещо розповісти все таки можу.

Для початку нам потрібен супутниковий знімок або знімок з БПЛА після бойових дій (дивлячись на чому натренована нейромережа), так звана підложка (знімок до бойових дій, зазвичай це супутникові знімки з Bing/Google) та footprint населеного пункту – полігони будівель, які штучний інтелект повинен буде класифікувати.

На цих даних AI натреноується і в подальшому може використовуватись для класифікації пошкоджень.

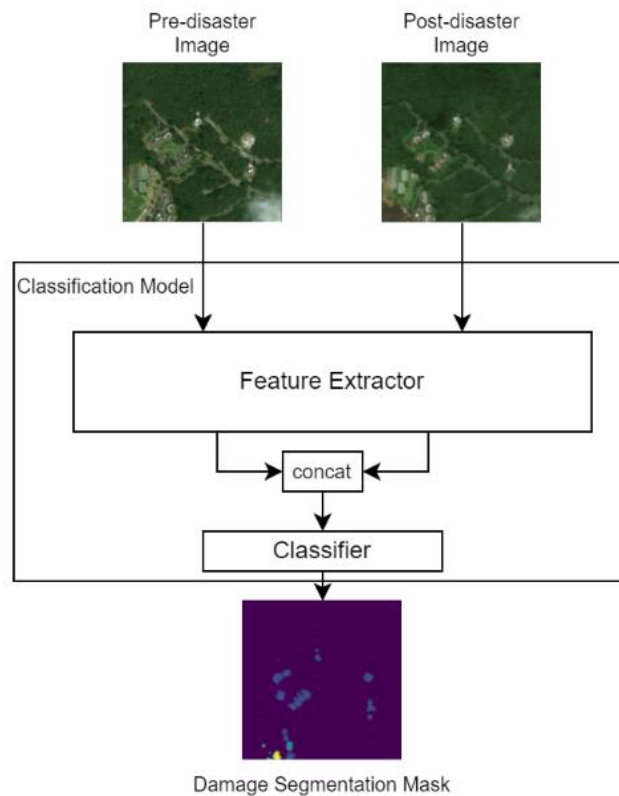


Рис. 3.7 - Приклад процесу обробки зображень нейронною мережею

В нашому випадку я використовую знімки, які ми отримали після зйомки з дрону та підложку з GoogleMaps. Підложка отримується після вирізання її з GoogleMaps в Qgis наступним чином:

- Обираємо мапу GoogleMaps, натискаємо на неї правою кнопкою миші/Export/Зберегти як...
- У відкритій перед нами панелі обираємо тип файли geojson, обираємо куди збережемо сам файл, визначаємо систему координат.
- У вікні Екстент ставимо галочку та після натискання кнопки Шар обираємо наш знімок з дрону.
- У вікні Роздільна здатність в рядках Горизонтально та Вертикально вписуємо значення 0.4, тим самим ми визначаємо просторову розрізненність знімку.

- Після, натискаємо Ок та чекаємо обробки вирізання зображення.



Рис. 3.8 - Шматок мапи з GoogleMaps, що буде використовуватись для обробки зображення

Об'єднавши всі три файли, зображення до, після та footprint віддаємо їх на обробку неймережі. Через деякий час отримуємо провалідовані полігони будівель в форматі geojson, які розділені на 4 класи пошкоджень.

Для візуалізації я використовую Qgis, рис. 3.9:

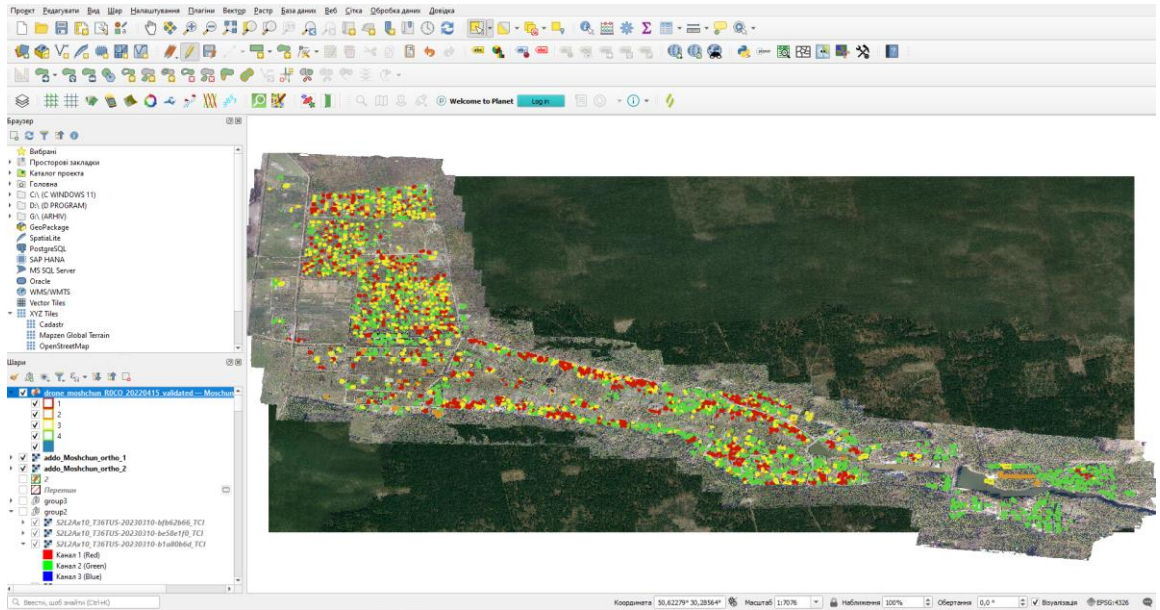


Рис. 3.9 - Візуалізація мапи пошкоджень в Qgis

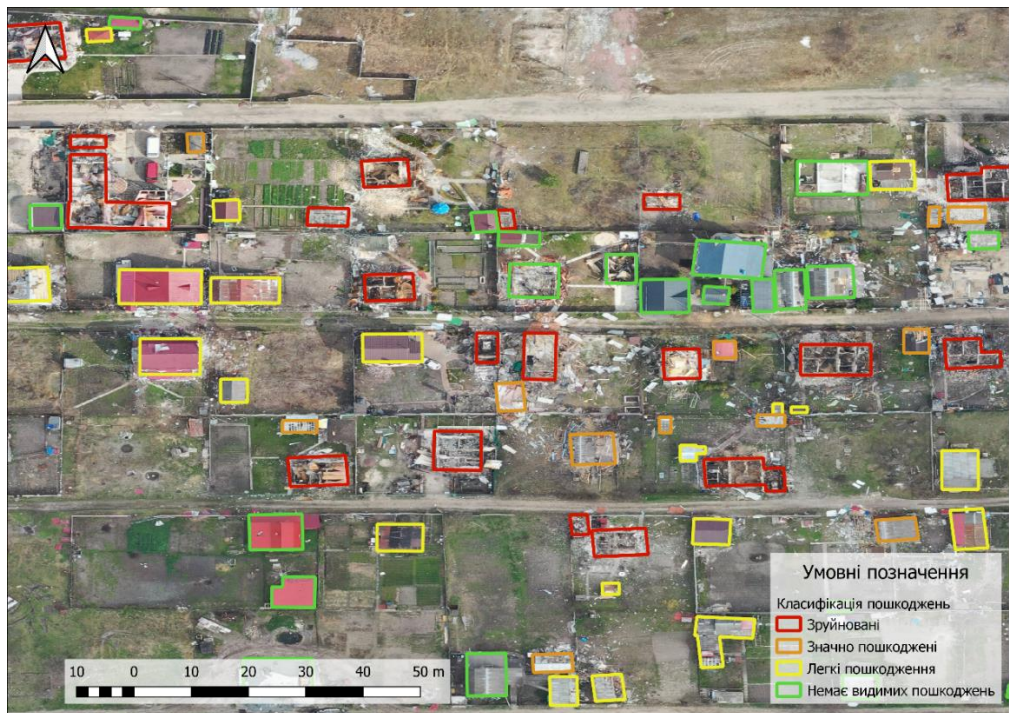


Рис. 3.10 - Класифікація пошкоджень сел Мощун при більшому масштабі

Завдяки можливостям Qgis також була створена теплова мапа пошкоджень будівель селища Мощун, рис 3.11.

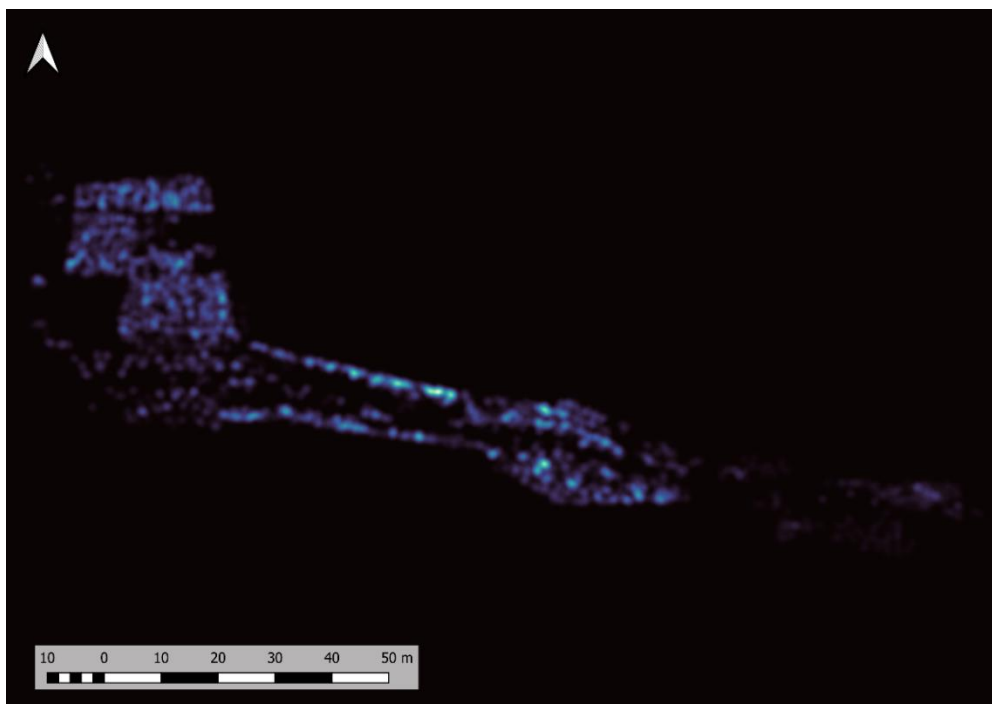


Рис. 3.11 Теплова мапа пошкоджень будівель селища Мощун

Також перед нами була поставлена задача з пошуку та ідентифікації вирв від снарядів, що і було зроблено. Знайдені кратери були нанесені на мапу в Qgis, рис. 3.12.

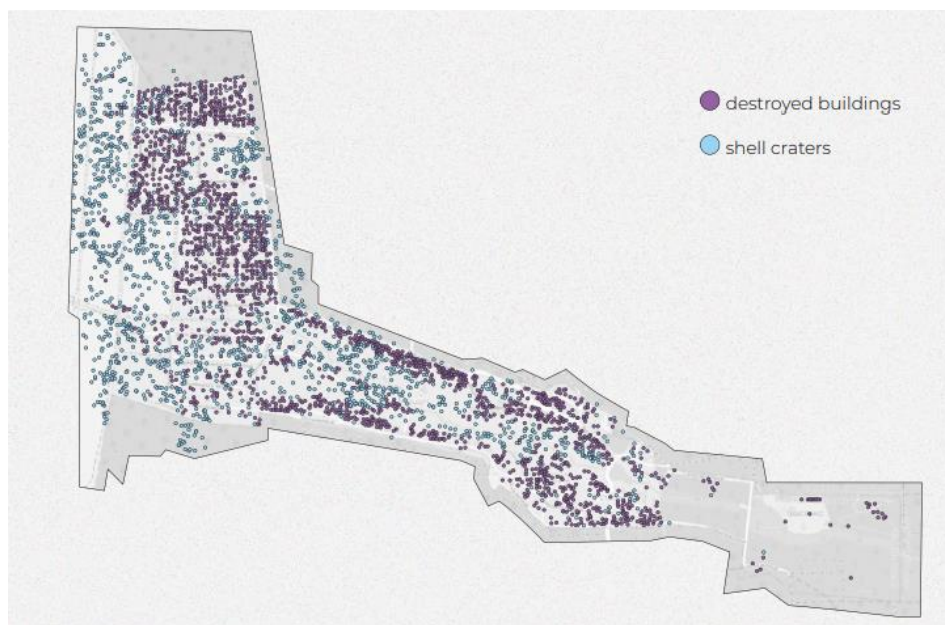
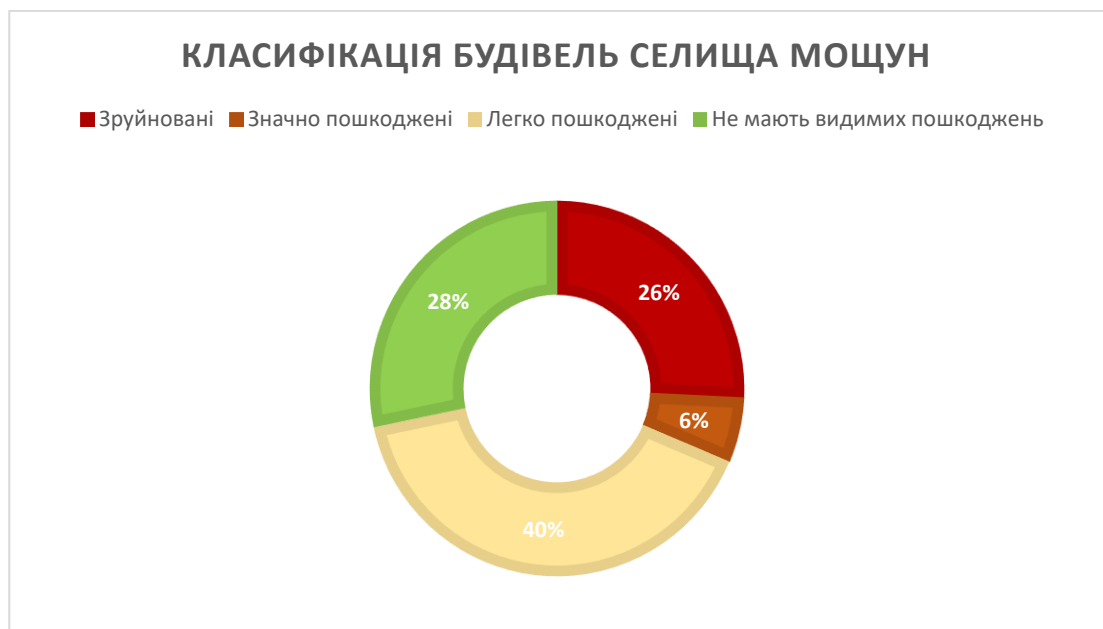


Рис. 3.12 Мапа вирв від снарядів та зруйнованих будівель сел. Мощун

З рис. 3.11 та 3.12 можемо спостерігати, що найбільше постраждали Західна та центральна частини селища, адже саме ці частини населеного пункту знаходились ближче до ворога і були під постійним артилерійським вогнем. Східна частина Мощуна практично не зазнала пошкоджень, про що свідчать лише декілька пошкоджених будинків.

Можна зауважити, що під час проведення моніторингу оброблено та класифіковано 2789 будівель з яких 2000 пошкоджені та зруйновані.



Якщо розбирати кількість пошкоджених будівель населеного пункту на типізацію, то має наступну картину, таб 3.2:

Таблиця 3.2

Тип будівель	Загальна кількість	Кількість пошкоджених будівель
Житлові та присадибні будівлі	2714	1964

Промислові будівлі та недобудови	60	24
Соціальна інфраструктура	13	11
Адміністративна інфраструктура	2	1

Також, на основі даних про кількість вирв залишених від снарядів в селищі можемо зробити висновок, що в майбутньому силами ДСНС потрібно буде провести розмінування приблизно 40 000 м². В цю територію не враховуються міни, що можуть бути розсіяні в лісах, полях та будинках довколо населеного пункту.

ВИСНОВКИ

Під час роботи використовувались знімки з дрону надані компанією UADamage, що дозволило якісно оцифрувати та класифікувати рівень пошкоджень забудови села Мощун, Київської області.

Використання нейронної мережі пришвидшило процес валідації будівель та зменшило час обробки даних.

Всі допоміжні роботи з geojson, такі як створення теплової мапи, візуалізація на мапі, вирізка підкладки виконувались в програмному забезпеченні Qgis.

На основі даних отриманих з виконання даної роботи можна провести наступні висновки:

- Більша частина забудови населеного пункту була пошкоджена або зруйнована взагалі;
- Найбільше постраждала Західна та Центральна частина міста, так як знаходились найближче до окупантів;

За час проведення роботи було знайдено 2000 пошкоджених та зруйнованих будівель, з них:

- 26% - зруйновані повністю;
- 6% - значно пошкоджені;
- 40% - легко пошкоджені;
- 28% - не мають видимих пошкоджень;

Також під час роботи було виявлено близько 1597 кратерів від снарядів. Частина з цих боєприпасів може бути не розірвана і тому має бути обслідувана

так як за моїми підрахунками, тільки територія вирв, що були знайдені під час роботи складає 40000 м². Плюс, треба брати до уваги боеприпаси, що могли не розірватись і бути незамічені.

Підводячи підсумки, можна наголосити, що село Мощун, Київської області було пошкоджено на 72 відсотки, з яких 36 відсотків не підлягають відновленню, а тільки новій забудові. Також було знайдено 1597 кратерів, приблизна загальна площа яких становить 40 000 м².

В подальшому, ці дані можуть допомогти місцевим органам для розуміння загальної картини руйнації та подальшому відновленню регіону. Дані з приводу кратерів допоможуть в розмінуванні населеного пункту та зроблять цей процес більш прозорішим та безпечнішим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

<https://blog.maxar.com/for-a-better-world/2022/aviation-week-names-maxar-a-2022-laureate-award-winner>

<https://zaxid.net/news/>

https://radiotrek.rv.ua/news/tragediya-kremlya-yaka-vryatuvala-kiyiv---bitva-za-moshchun-istoriya-rozgromu-ELITnih-viysk-rf-video_304237.html

<https://armyinform.com.ua/2023/02/24/hronologiya-rosijsko-ukrayinskoyi-vijny-etapy-vidsichi-vtorgnennya-rf/>

Koch M, El-Baz F. 1998. Identifying the Effects of the Gulf War on the Geomorphic Features of Kuwait by Remote Sensing and GIS

El-Baz, F., D. Al-Ajmi, A.A. Al-Shamlan. 1994. Remote sensing of the geologic effects of the Gulf War on the desert surface of Kuwait

Abuelgasim, A.A., F. El-Baz, and M. Koch, 1998. Change detection of war-related damage to Kuwait's desert surface using Landsat images, Proceedings, The International Conference on Desert Development in the Arab Gulf Countries, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait, 23-26 March 1996 (in press)

Al-Sulaimi, J., M. Viswanathan, and F. Szekely, 1993. Effect of oil pollution on fresh groundwater in Kuwait, Environmental Geology

Casana J, Laugier EJ (2017) Satellite imagery-based monitoring of archaeological site damage in the Syrian civil war. PLoS ONE 12(11): e0188589. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188589>

Danti MD. Ground-Based Observations of Cultural Heritage Incidents in Syria and Iraq. Near Eastern Archaeology. 2015;

Cunliffe EL. Satellites and site destruction: an analysis of modern impacts on the archaeological resource of the ancient Near East. [Internet]. Ph.D. Dissertation, Durham University. 2013. Available: <http://etheses.dur.ac.uk/8472/>

Burns R. The monuments of Syria: a guide. London: I.B. Tauris; 2009.

Casana J. Beyond Survey Boundaries: Satellite Remote Sensing-based Classification and Dating of Archaeological Sites in the Northern Fertile Crescent. In: Lawrence D, Altaweel M, Philip G, editors. New Agendas in Remote Sensing and Landscape Archaeology in the Near East. University of Chicago Press; 2017.

Bassem W. Iraq steps up efforts to restore lost heritage at ancient Nimrud. Al-Monitor. 7 Aug 2017. Available: <http://www.al-monitor.com/pulse/originals/2017/08/iraq-nimrud-archaeology-isisreconstruction.html>. Accessed 4 Oct 2017.

Griffin J. New satellite photos reveal extent of Harvey flooding in Houston. PBS NewsHour. 1 Sep 2017. Available: <https://www.pbs.org/newshour/science/new-satellite-photos-reveal-extent-harvey-floodinghouston>. Accessed 4 Oct 2017.

Pecanha S, White J. Satellite Images Show More Than 200 Rohingya Villages Burned in Myanmar. The New York Times. 18 Sep 2017. Available: <https://www.nytimes.com/interactive/2017/09/18/world/asia/rohingya-villages.html>. Accessed 4 Oct 2017.

Worden, C.B. ShakeMap Manual 2016; U. S. Geological Survey: Reston, Virginia, 2016.

Wang, N.; Hu, Y.; Li, X.M.; Kang, C.; Yan, L. AOD Derivation from SDGSAT-1/GLI Dataset in Mega-City Area. Remote Sens. 2023.

Tang, Y.; Dou, C.; Li, X.; Liu, J. SDGSAT-1 Data Users Handbook (Draft); International Research Center of Big Data for Sustainable Development Goals: Beijing, China, 2022.