

DOI: 10.32347/2076-815X.2023.83.74-87

УДК 528.854

к.т.н., доцент **Гончаренко О.С.**,
ou5us@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0353-2470,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Денисюк Б.І.,
gis-knuba@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1692-8551,
Київський національний університет будівництва і архітектури
Онищук Т.В.,
tetianaonehuk@gmail.com, ORCID: 0009-0009-1361-2640,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВІДНОВЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ОЦИФРОВАНИХ ДАНИХ

Оцифрування зруйнованої інфраструктури є важливою задачею в геодезії та картографії, яка має значний практичний потенціал в різних сферах, таких як відновлення після природних катастроф, планування містобудування, проектування транспортних мереж та інфраструктури.

Нажаль, дана тема сьогодні має надзвичайно високу актуальність для України. Внаслідок повномасштабного вторгнення російської федерації зруйновано тисячі об'єктів інфраструктури. В оцінці KSE Institute [6], йдеться про те, що на грудень 2022 року прямі збитки сягають близько 137,8 млрд дол.

Оцифрування зруйнованої інфраструктури дозволяє зменшити час та витрати на збір та аналіз даних, а також дозволяє отримати більш точну інформацію про стан інфраструктури, що є важливим при плануванні та реалізації проектів з відновлення та розвитку територій.

Завданням даного дослідження є вивчення можливостей діджиталізації зруйнованої інфраструктури, а також визначення ключових викликів та розробка стратегій для відновлення та розвитку інфраструктури на основі використання опрацьованих оцифрованих даних.

Ключові слова: оцифрування; діджиталізація; векторизація; зруйнована інфраструктура; 3D модель місцевості.

Постановка проблеми. Зруйнована інфраструктура складається з інженерних споруд і комунікацій, які були побудовані раніше, але втратили свою функціональність через техногенні або природні катастрофи, такі як землетрус, повінь, терористична атака або війна. Серед таких споруд можуть бути дороги, мости, аеропорти, залізниці, тунелі, енергетичні мережі, водопостачання, каналізація та інші інфраструктурні об'єкти.

У 2000-х роках в США з'явився термін "руйнування" ("ruin porn"), який походить від активних досліджень та фотографування залишків занедбаних, закритих або знищених будівель та споруд у різних містах країни, зокрема у Детройті, журналістами та фотографами. Головною метою було продемонструвати наслідки економічної кризи, деіндустріалізації та недостатньої інвестиції в місцеву інфраструктуру. Згодом термін "руйнування" почали використовувати для опису подібних явищ у різних країнах та контекстах.

Інфраструктура, яка не виконує свого функціонального призначення, може викликати серйозні проблеми для місцевих жителів, підприємств і економіки. Це може обмежувати доступ до ресурсів та послуг, заважати економічному розвитку регіону, знижувати якість життя і призводити до соціально-економічної нерівності. Будівлі та споруди, які не функціонують, можуть становити загрозу життю і здоров'ю людей, тому що вони можуть провокувати аварії та нещасні випадки. Насамперед, не функціонуюча інфраструктура також може мати негативний вплив на довкілля, наприклад, через витік шкідливих речовин з пошкоджених споруд. Наприклад, в Україні, внаслідок ракетних ударів російського агресора, було пошкоджено дуже багато об'єктів, які забезпечували функціонування міста, зокрема електропостачання, водопостачання, газопостачання та постачання теплової енергії. Також, було зруйновано велику кількість житлових будинків, лікарень та освітніх закладів.



Рис. 1. Зруйнована інфраструктура у м. Дніпро, внаслідок російської ракетної атаки.

Мета роботи. Дослідити методи діджиталізації зруйнованої інфраструктури та виконати їх порівняльний аналіз шляхом практичної реалізації.

Однією з основних цілей діджиталізації або векторизації пошкодженої інфраструктури є відновлення її функціональності та експлуатації зі зменшенням витрат, забезпечення доступу до ресурсів та послуг, а також підтримка економічного розвитку регіону. Оцифрування також дозволяє швидко отримувати інформацію про стан інфраструктури для оперативного прийняття рішень у випадку надзвичайних ситуацій. Більш точні та ефективні роботи з відновлення інфраструктури можуть бути досягнуті завдяки сучасним геодезичним технологіям, таким як: космічне - та аерофотознімання, лазерне сканування та географічні інформаційні системи (ГІС), що дозволяють точно відтворити геометрію пошкодженої інфраструктури та оновити проектну документацію.

Аналіз сучасних методів діджиталізації зруйнованої інфраструктури. Різні ініціативи та проекти з оцифрування зруйнованих об'єктів функціонують в ряді країн. Результати досліджень допомагають ознайомитися широкому загалу із особливостями методик оцифрування зруйнованої інфраструктури. Наприклад, проект "Syrian Heritage Archive Project" [1] допомагає зберегти культурну спадщину Сирії, включаючи створення 3D-моделей зруйнованих архітектурних споруд. Також функціонують проекти присвячені збереженню спадщини в Іраку, Афганістані та інших країнах, що стали жертвами війни та конфліктів.

В результаті діджиталізації зруйнованої інфраструктури може бути створено детальну 3D-модель об'єкта, яка надає можливість візуалізувати його стан та розміри, або можуть бути створені карти, якщо роботи ведуться на території сіл, міст тощо. Це може бути використано для подальшого проектування реконструкції або відновлення об'єкта. Крім того, оцифровані дані можуть бути використані для аналізу структурних особливостей об'єкта та оцінки ступеня пошкодження. Ці дані можуть бути зручні для взаємодії між різними фахівцями та організаціями, що займаються відновленням інфраструктури.

Діджиталізація може бути здійснено наступними основними методами:

- *Фотограмметричний* - є процесом створення точних геометричних моделей об'єктів за допомогою метричних або не метричних фотографічних зображень (знімків), знятих за допомогою дронів або літаків [2]. Цей підхід дозволяє створювати детальні 3D-моделі з високою точністю. При дешифруванні з наступним векторизуванням зруйнованої інфраструктури використання фотограмметрії має свої переваги, зокрема високу точність та швидкість

визначення розмірів об'єктів на зображеннях, можливість отримання високоякісних даних без прямого доступу до об'єкта, високу роздільну здатність і можливості доповненої реальності. Ці особливості можуть бути корисними для оцінки пошкоджень та розрахунку вартості відновлення в разі аварій або для вивчення деталей інфраструктури у небезпечних районах.

- *Лазерне сканування* - є технологією, яка використовує лазер (лідар) для отримання точних даних про геометрію об'єктів [2]. Цей метод є особливо ефективним для діджиталізації зруйнованої інфраструктури. Він має ряд особливостей: високу точність, швидкість сканування, можливість сканування на великих відстанях та вимірювання висот об'єктів. Лазерне сканування також дозволяє отримувати дані про зруйновану інфраструктуру з місць, до яких важко дістатись. Отже, ця технологія є незамінною для створення детальних 3D-моделей об'єктів, які можуть бути відтворені у реальному часі.

- *Метод використання супутникових знімків* для створення 3D-моделей зруйнованої інфраструктури дозволяє охоплювати великі території, навіть у важкодоступних місцях [2]. Проте він має меншу точність порівняно з фотограмметричним методом і лазерним скануванням, і може бути спотворений атмосферними умовами. Крім того, обробка супутникових знімків вимагає спеціального програмного забезпечення та певної кваліфікації. Загалом, вибір конкретного методу обробки інформації залежить від ситуації та потреб користувача.

Сучасні методи діджиталізації зруйнованої інфраструктури використовують літаки з фотокамерами та лідаром для сканування земної поверхні [2].

До технологій, які використовуються для діджиталізації зруйнованої інфраструктури, також відносять:

- використання дронів з камерами та лідаром для отримання високоточних знімків та цифрових моделей територій;
- використання 3D сканерів, що дозволяють отримувати точні 3D моделі зруйнованих будівель та споруд [9];
- супутникові знімки високої роздільної здатності з використанням технологій обробки зображень та 3D моделей (рис. 2) [4].

Існують спеціалізовані програми, для обробки та аналізу геоданих та візуалізації результатів, серед них: ArcGIS, QGIS, Global Mapper, ENVI, Agisoft Metashape, Pix4Dmapper, Bentley ContextCapture, AutoCAD Civil 3D, Trimble Business Center, Google Earth Pro.

Ці засоби та технології дозволяють ефективно векторизувати зруйновану інфраструктуру, аналізувати отримані дані та отримувати точну та детальну інформацію про стан об'єктів, що потребують відновлення.



Рис. 2. Супутниковий знімок зруйнованого Бахмута оприлюднений Махар [4]

Загалом процес діджиталізації зруйнованої інфраструктури містить кілька етапів, яких необхідно дотримуватись [5].

Перший етап – це виконання оцінки стану зруйнованої інфраструктури. На цьому етапі необхідний огляд інфраструктури, оцінка стану та визначення елементів, які потребують оцифрування.

Другий етап – це вибір методу, яким буде виконуватися діджиталізація. На даному етапі необхідно визначити яким методом оцифрування буде зручно користуватися для різних типів елементів інфраструктури, які були визначені на першому етапі.

Третій етап – це виконання оцінки точності оцифрованих даних. Після того, як дані були оцифровані, необхідно перевірити їх точність. Це можна зробити шляхом порівняння оцифрованих даних з вихідними даними [3], які були отримані в ході оцінки стану зруйнованої інфраструктури.

Четвертий етап – це порівняння результатів з реальним станом зруйнованої інфраструктури. На цьому етапі порівнюються результати оцифрування з реальним станом інфраструктури, щоб визначити, наскільки точно були діджиталізовані дані та виявити можливі помилки.

Після завершення усіх етапів підготовки до діджиталізації зруйнованої інфраструктури, дані готові до подальшого використання в аналізі стану інфраструктури та плануванні реконструкції.

Оцінка стану зруйнованої інфраструктури - це важливий етап процесу, який допомагає визначити, які елементи інфраструктури потребують оцифрування [7].

Перший крок полягає в тому, щоб детально оглянути зруйновану інфраструктуру та визначити, які елементи потребують оцифрування. Варто звернути увагу на те, які елементи інфраструктури є ключовими для функціонування системи, які елементи є найбільш пошкодженими та складними для оцифрування.

Другий крок – необхідно визначити метод оцінки стану зруйнованої інфраструктури. Для цього можна використовувати різні методи, наприклад, візуальну оцінку, геодезичну зйомку, дистанційне зондування тощо. Важливо вибрати метод, який найбільш підходить для конкретної інфраструктури.

Після визначення методу оцінки стану необхідно безпосередньо розпочати процес оцінювання. Використовуючи вибраний метод, оцінюють стан кожного елемента інфраструктури. Важливо враховувати різні параметри, такі як розмір, форма, ступінь пошкодження та ін.

На основі проведеної оцінки стану зруйнованої інфраструктури створюють шар цифрової карти, на якій відображують всі елементи, що потребують оцифрування.

Важливо документувати результати оцінки стану зруйнованої інфраструктури, наприклад, у формі таблиць, звітів або фотографій. Це допоможе зберегти інформацію та зробити правильні висновки.

Після визначення усіх елементів оцифрування, складають технологічний план, що містить вибір методів діджиталізації, розробку графіків роботи та планування бюджету.

Після завершення робіт з оцифрування необхідно провести контроль та оцінку точності даних. Для цього можна використовувати спеціальні програми, які дозволяють порівняти цифрові дані з реальним станом інфраструктури.

Після контролю та оцінки точності можуть виявитись неточності або помилки в даних. Важливо внести відповідні зміни та оновити дані. Також важливо забезпечити регулярне оновлення даних для збереження їх актуальності.

Практична реалізація діджиталізації зруйнованої інфраструктури.

Вибір методу оцифрування залежить від типу інфраструктури та її стану.

Для різних типів інфраструктури, таких як дороги, мости, будівлі тощо, можуть бути використані різні методи оцифрування. Наприклад, для оцифрування дороги може використовуватись метод лазерного сканування, а для будівлі - фотограмметрія. Якщо інфраструктура має високу ступінь пошкоджень, можуть знадобитись спеціальні методи діджиталізації, матеріалом для яких можуть бути як відео з дронів так і технічна документація на споруди та будівлі. Для оцифрування можуть знадобитись спеціальне обладнання та програмне забезпечення. Варто визначитись з наявними ресурсами та відповідністю

вимогам методу діджиталізації. Різні методи оцифрування мають різну вартість. Варто визначитись з бюджетом та вибрати метод, який відповідає доступним коштам. Для визначення найкращого методу необхідно провести дослідження з порівняння їх на найкращий результат.

Важливо враховувати всі вищезазначені фактори та залежно від них вибрати метод діджиталізації, який найкраще відповідає потребам проекту.

Оцінка точності цифрових даних - це процес перевірки та оцінки того, наскільки вірно були зібрані та оброблені ці дані під час оцифрування. Це дозволяє перевірити, наскільки відповідають отримані результати реальному стану інфраструктури.

Оцінка точності може включати різні методи, такі як порівняння з реальними даними, перевірку на відповідність геодезичним вимірам, перевірку на наявність помилок, та інші.

Результати оцінки точності можуть бути представлені у вигляді числових показників, таких як середня абсолютна похибка, середня квадратична похибка, максимальна похибка або візуалізовані на мапах чи в 3D моделях [3, 10].

Оцінка точності оцифрованих даних дуже важлива для багатьох проектів, зокрема для інженерних та геодезичних робіт, архітектурного проектування та планування міських територій. Вона дозволяє забезпечити високу якість та достовірність результатів, що є ключовим фактором успішного виконання проектів.

Якщо оцінка точності показує, що результати оцифрування мають низьку точність, можуть бути запропоновані додаткові заходи для поліпшення якості даних. Наприклад, можуть бути використані інші методи оцифрування, проведено додаткову підготовку даних або внесено корективи у процес діджиталізації.

Є декілька програмних продуктів, які можна використовувати для виконання даної роботи: Pix4D (для обробки знімків, дозволяє створювати точні 3D-моделі з різних джерел даних, таких як аерофотознімки, що зроблені з дронів, можна використовувати для порівняння знімків до та після катастрофи, щоб визначити пошкодження) [8], Agisoft Metashape (програмний продукт для фотограмметрії, дозволяє обробляти знімки, отримані з різних джерел, щоб створювати 3D-моделі, може використовуватись для порівняння знімків до та після катастрофи, щоб визначити наслідки руйнування) [10], ESRI ArcGIS (програмне забезпечення географічної інформаційної системи (ГІС), яке дозволяє аналізувати географічні дані) [11], ERDAS IMAGINE (дозволяє обробити зображення, аналізувати та порівнювати “до” та “після”) [12].

Для порівняння інфраструктури міста Ірпінь до та після руйнації нами використовувалось програмне забезпечення ESRI ArcGIS (ArcMap).

Першим етапом є вибір ділянок для порівняння: важливо визначити ділянку міста, яка буде порівнюватися до та після руйнації. Цю ділянку можна вибрати в залежності від основних типів інфраструктури міста, таких як дороги, будівлі, парки, спортивні майданчики тощо.

Для порівняння було обрано ділянку міста у Ірпіні, Бучанського району, Київської області. Основним типом інфраструктури є приватні будинки, характерною ознакою – міський стадіон.

Аерофотознімок (рис. 3), що представляє ситуацію на місцевості після руйнації, отриманий зі звіту, який було опубліковано на сайті проекту RebuildUA [13].



Рис. 3. Аерофотознімок центрального міського стадіону «Чемпіон» після руйнації інфраструктури міста [13]

Дані, що надають інформацію про місцевість до руйнації, можуть бути отримані з програмного забезпечення Google Earth Pro (рис. 4), або завантаживши базову карту в ArcMap. Ми використали другий спосіб, щоб виконати прив'язку знімка у визначеній системі координат.



Рис.4. Центральний міський стадіон «Чемпіон» до руйнації інфраструктури міста у програмному продукті Google Earth Pro

Після проведення геоприв'язки (рис.5), шляхом накладання аерофотознімка на картографічний матеріал зі встановленням прозорості, було проаналізовано масштаб руйнації окремих об'єктів інфраструктури та ситуації загалом.

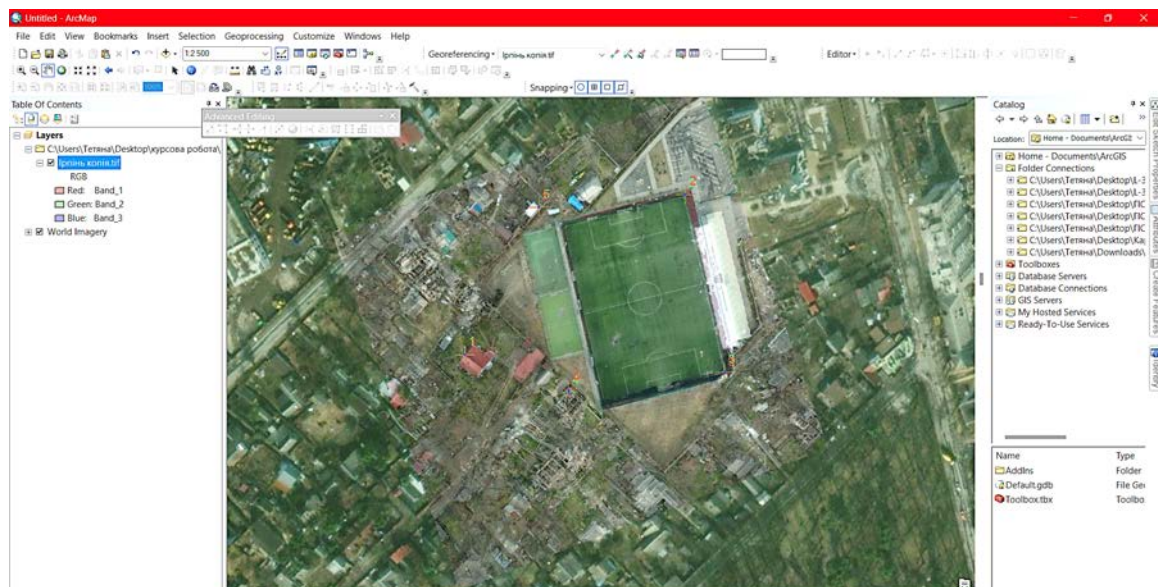


Рис. 5. Геоприв'язка знімка до карти світу в ArcGis

Спочатку було виконано візуальний аналіз шляхом перегляду аерознімків, які відображають ситуацію до та після руйнування з метою визначення очевидних різниць, таких як зруйновані будівлі та уражені території.

Навколо міського стадіону розташовані приватні будинки, рівень руйнації яких можна розділити на чотири типи [13]:

- Повне руйнування;
- Сильне руйнування;
- Слабке руйнування;
- Ймовірне руйнування.

Повне руйнування характерне для будинків, які практично знищені (більше ніж на 50%) та вже не піддаються відновленню (рис. 6).

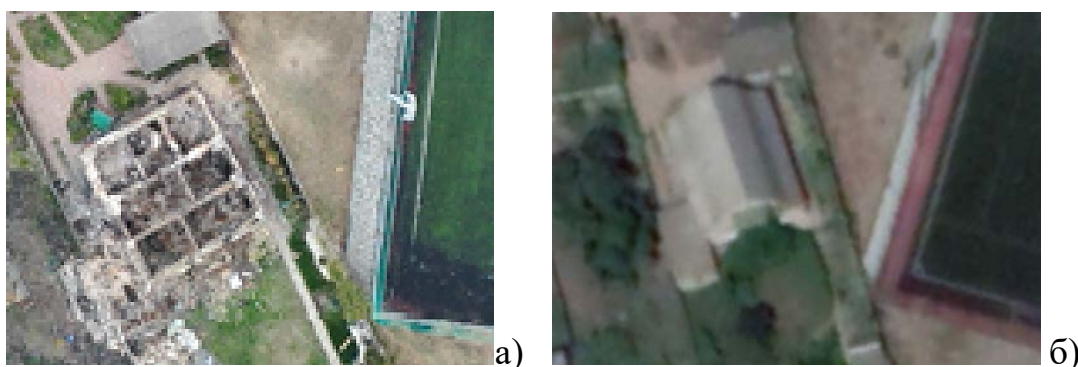


Рис.6. а) повністю зруйнований будинок; б) будинок до руйнації

Сильне руйнування передбачає значні видимі пошкодження будинка, наприклад, обвалені покрівлі, серйозні руйнування стін (рис. 6. а).

Слабке руйнування характерне для будинків, які зазнали незначних (часткових) пошкоджень, наприклад, легкі пошкодження даху, димоходів, пошкодження фасаду, для території притаманна наявність уламків та сміття (рис. 6. б).

Серед візуальних ознак ймовірного руйнування є можлива наявність невеликого сміття на території, піску чи щебню навколо будинку (рис. 7 в).



Рис.7. а) сильне руйнування; б) слабке руйнування; в) ймовірне руйнування.

Виконавши підрахунки вцілих, пошкоджених та повністю знищених будівель по аерознімку можна виділити наступну статистику:

Ймовірні руйнування – 50%; Слабке – 10%; Сильне – 5%; Повне – 35%.

Вимірювання площі зруйнованих ділянок дає загальне уявлення про розмір збитку та можливі витрати на відновлення.

Загалом житлові будинки розраховуються через середньостатистичну площу, вартість квадратного метра (номінальна собівартість, вартість косметичного ремонту та вартість демонтажу).

На рис. 8 представлено заміри по знімку для одного з повністю зруйнованих житлових будинків.

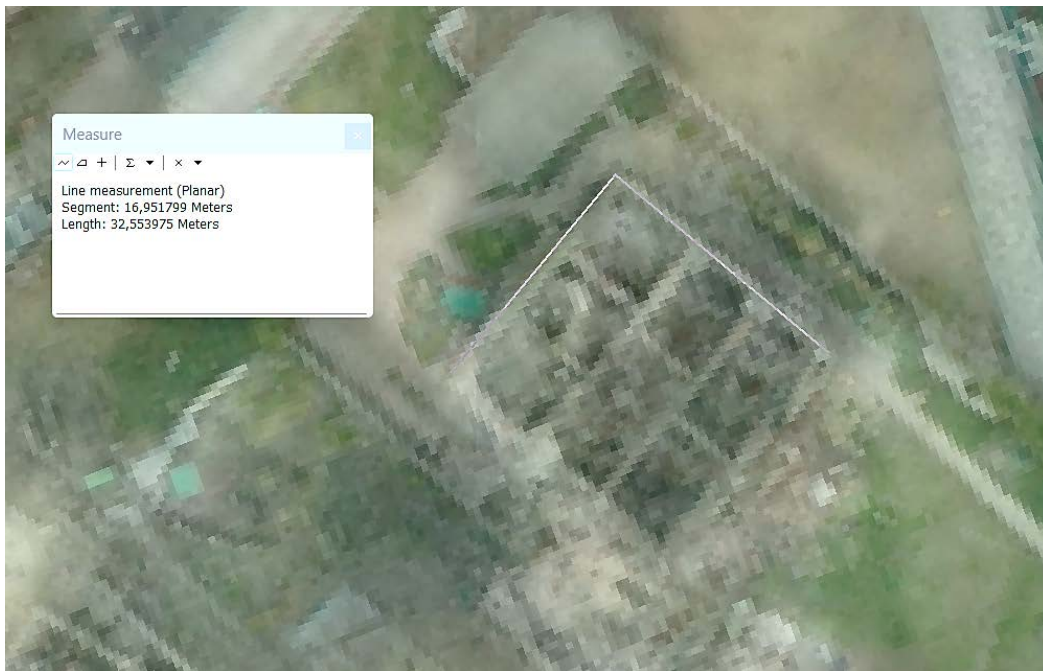


Рис.8. Приблизні заміри по знімку для середнього за розміром зруйнованого будинку у м. Ірпінь

Для оцінки повного відновлення будинку необхідно враховувати багато факторів, таких як ступінь пошкодження, структуру будинку, матеріали, регіон, де знаходиться будинок та інше.

Якщо прийняти середню вартість відновлення будинку в Україні на рівні 1000 доларів за квадратний метр, то мінімальна сума, необхідна для повного відновлення приватного будинку площею 15 м², близько 15000 доларів США [6].

Враховуючи, що в будівництві можуть бути неочікувані витрати, а також що вартість відновлення може бути значно вищою або нижчою залежно від конкретних умов, дана сума є приблизною.

Співставимо складні структури. Для знімка характерним об'єктом є міський стадіон (рис.3). Стадіон не зазнав сильних пошкоджень, загалом ми бачимо уламки та кілька слідів від влучань (площею від 10-15 м²).

Серед будівель соціальної інфраструктури в цілому у м. Ірпінь пошкоджено 13 із 25 церков, 9 із 12 спортивних закладів та споруд та 3 із 3 закладів культури [12].

Загалом за підрахунками, виконаними фахівцями в межах проекту відбудови міста Ірпінь, грошова оцінка збитків сягає близько 25 млрд грн [12].

Висновки. Оцифрування зруйнованої інфраструктури є важливою задачею в геодезії та картографії, і має значний практичний потенціал в різних сферах, таких як відновлення після природних катастроф, планування містобудування, проектування транспортних мереж та інфраструктури. В даній роботі розглянуто можливості та переваги оцифрування зруйнованої інфраструктури, визначені основні методи проведення векторизації зруйнованих об'єктів, а також на основі порівняльного аналізу знімків визначено масштаби руйнувань та відновлення інфраструктури міста Ірпінь.

Результати оцифрування зруйнованої інфраструктури можуть бути корисними для різних галузей, пов'язаних з плануванням, відновленням та розвитком інфраструктури, і можуть допомогти зменшити час та витрати на збір та аналіз даних, а також можуть бути представлені як докази завданих збитків країною-агресором.

Список використаних джерел

1. Digital Heritage Age. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.digitalheritageage.com>
2. Воздушное лазерное сканирование. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://sibniigim.ru/news/vozdushnoe-lazernoe-skanirovanie/>
3. Гончаренко О.С., Денисюк Б.І., Експериментальні дослідження точності навігаційних ГНСС – приймачів в умовах забудованої території // *Містобудування та територіальне планування*: Наук.-техн. збірник / Головн. ред. М.М. Дьомін. – К.: КНУБА. – 2021. Вип. 77. С 148-159. DOI: www.doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.148-159
4. Ukrinform. Махар оприлюднила супутникові знімки зруйнованого Бахмута. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3647420-maxar-opriludnila-suputnikovi-znimki-zrujnovanogo-bahmuta.html>
5. Kuny, J.A. (2017). "Digital Preservation for Libraries, Archives, and Museums." Rowman & Littlefield Publishers.
6. Науково-дослідницький KSE Institute [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://kse.ua/ua/kse-department/kse-institute/>
7. "International Economic Aid as a Stimulus for the Revival of the Ukrainian Economy in the Post-War Period." (n.d.). Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Contemporary Management: Issues and Prospects," 58-61. Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://confmanagement.kpi.ua/proc/article/view/272136>
8. "Geo-Information Portal of Ukraine." (n.d.). Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://gisinfo.net.ua/content/view/1027/127/Pix4D>
9. Goncharenko O., Denysiuk B. Analysis of the main trends in the development of laser scanning in Ukraine // *Innovations technologies in science and practice. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference*. Haifa, Israel. 2022. Pp. 17-20. Available at : DOI: 10.46299/ISG.2022.I.VI

10. Official website of Agisoft Metashape [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.agisoft.com/>
11. Official website of ESRI ArcGIS [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview>
12. Official website of ERDAS IMAGINE [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.hexagongeospatial.com/products/power-portfolio/erdas-imagine>
13. Website of the RebuildUA project [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://rebuildua.net/#about-us>

PhD, associate professor **Honcharenko Oleksandr**,
Taras Shevchenko National University,
Senior Lecturer **Denysiuk Bohdan**,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Onyshchuk Tetiana, Taras Shevchenko National University

RESTORATION OF THE DESTROYED INFRASTRUCTURE BASED ON THE USE OF DIGITAL DATA

Digitization of destroyed infrastructure is an important task in geodesy and cartography. It has significant practical potential in various areas, such as recovery after natural disasters, urban planning, design of transport networks and infrastructure.

Digitization of the destroyed infrastructure allows reducing the time and costs of data collection and analysis, and it allow obtaining more accurate information about the state of the infrastructure. This is important when planning and implementing projects for the restoration and development of territories.

Studying the possibilities of digitization of the destroyed infrastructure, as well as identifying key challenges and developing strategies for the restoration and development of infrastructure based on the use of processed digitized data is the task of this research. Possibilities and advantages of digitization of destroyed infrastructure in this article were considered. The main methods of vectorization of destroyed objects based on the comparative analysis of images investigated. The scale of the destruction and restoration of the infrastructure of the city of Irpin was determined.

The results of the digitization of destroyed infrastructure can be useful for various industries related to infrastructure planning, rehabilitation and development. They can help reduce the time and cost of data collection and analysis. The results can be presented as evidence of damage caused by an aggressor country.

Keywords: digitization; vectorization; destroyed infrastructure; 3D terrain model

REFERENCES:

1. Digital Heritage Age. [online], [Viewed 12.02.2023]. Available from: <https://www.digitalheritageage.com> {in English}

2. *Vozdushnoe lazernoe skanyrovanye* [online], [Viewed 12.02.2023]. Available from: <https://sibniigim.ru/news/vozdushnoe-lazernoe-skanirovanie/> {in Russian}
3. Honcharenko O.S. & Denysiuk B.I. (2021) Eksperymentalni doslidzhennia tochnosti navihatsiinykh HNSS – pryimachiv v umovakh zabudovanoi terytorii [experimental research of the accuracy of navigation GNSS - receivers in conditions of the constructed territory] // *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: Nauk.-tekhn. zbirnyk / Holovn. red. M.M. Domin. – Kyiv.: KNUBA. Vyp. 77. S 148-159*. DOI: www.doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.148-159 {in Ukrainian}
4. Ukrinform. Махар оприлюднила супутникові знімки зруйнованого Бахмута. [online], [Viewed 12.02.2023]. Available from: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3647420-maxar-opriludnila-suputnikovii-znimki-zrujnovanogo-bahmuta.html> {in Ukrainian}
5. Kuny, J.A. (2017). "Digital Preservation for Libraries, Archives, and Museums." Rowman & Littlefield Publishers. {in English}
6. Науково-дослідницький KSE Institute [online], [Viewed 12.02.2023]. Available from: <https://kse.ua/ua/kse-department/kse-institute/> {in Ukrainian}
7. "International Economic Aid as a Stimulus for the Revival of the Ukrainian Economy in the Post-War Period." (n.d.). Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Contemporary Management: Issues and Prospects," 58-61. [online], [Viewed 12.02.2023]. Available from: <http://confmanagement.kpi.ua/proc/article/view/272136> {in Ukrainian}
8. "Geo-Information Portal of Ukraine." (n.d.). [online]. Available from: <http://gisinfo.net.ua/content/view/1027/127/Pix4D> {in Ukrainian}
9. Goncharenko O. & Denysiuk B. (2022) Analysis of the main trends in the development of laser scanning in Ukraine. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference: *Innovations technologies in science and practice*. (Pp. 17-20). Haifa, Israel. Available at: DOI: 10.46299/ISG.2022.I.VI {in English}
10. Official website of Agisoft Metashape [online]. [Viewed 12.02.2023]. Available from: <https://www.agisoft.com/> {in English}
11. Official website of ESRI ArcGIS [online]. [Viewed 12.02.2023]. Available from: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview> {in English}
12. Official website of ERDAS IMAGINE [online]. [Viewed 12.02.2023]. Available from: <https://www.hexagongeospatial.com/products/power-portfolio/erdas-imagine> {in English}
13. Website of the RebuildUA project [online]. [Viewed 12.02.2023]. Available from: <https://rebuildua.net/#about-us> {in Ukrainian}