

М.Л. Мироненко, С.Г. Нестеренко, А.В. Рай, О.В. Фролов

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА РОЗМІНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Поствоєнне розмінування критично важливих об'єктів інфраструктури потребує чітких даних про мінні поля та вибухонебезпечні предмети (ВНП). Дослідження описує роль геоінформаційних систем (ГІС) та баз даних (БД) у процесі розмінування, пропонуючи БД для обліку ВНП на прикладі Харківської області. Розроблена база даних оптимізує розмінування, роблячи його більш ефективним та безпечним.

Ключові слова: геоінформаційні системи, база даних, вибухонебезпечні предмети, розмінування, безпека, відновлення.

Постановка проблеми

У сучасному світі конфлікти та військові дії неодмінно супроводжуються серйозними наслідками для життя людей та функціонування інфраструктури. Після завершення воєнних дій виникає нагальна потреба відновлення критичної інфраструктури, зокрема електростанцій, водозаборів, транспортних вузлів та інших об'єктів, що мають вирішальне значення для життєдіяльності населення.

Одним із головних завдань у процесі відновлення після воєнних дій є розмінування територій, на яких розташовані критичні об'єкти інфраструктури. Проте цей процес ускладнений не лише самою наявністю вибухонебезпечних предметів (ВНП), а й необхідністю ефективного та точного обліку геопросторових даних, що стосуються мінних полів та потенційно небезпечних зон.

Зв'язок цієї проблеми з важливими науковими та практичними завданнями полягає в необхідності розробки та впровадження ефективних методів та технологій, які дозволять забезпечити безпеку персоналу, що здійснює розмінування, та ефективно відновити функціонування критичної інфраструктури. Використання геоінформаційних систем (ГІС) є одним із перспективних напрямків у розв'язанні цієї проблеми, оскільки вони забезпечують можливість інтеграції та аналізу різноманітних геопросторових даних для прийняття обґрунтованих та оперативних рішень під час операцій з розмінування.

Отже, у нашій роботі ми будемо досліджувати можливості використання геоінформаційних систем для обліку даних у процесі розмінування об'єктів критичної інфраструктури після воєнних дій та їх значення для розв'язання актуальної проблеми безпеки та відновлення життєво важливих комунікацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Існує багато прикладів успішного використання ГІС у проєктах розмінування по всьому світу. Наприклад, у Камбоджі організація The HALO Trust [1] використовувала комбінацію супутникових зображень високої роздільної здатності, даних LiDAR та ГІС для картографування підозрілих мінних полів та планування безпечних маршрутів розмінування. Цей підхід значно підвищив ефективність та зменшив кількість жертв.

В іншому прикладі Служба Організації Об'єднаних Націй з протимінної діяльності (UNMAS) [2] реалізувала проєкт з використанням мобільної ГІС для збору даних у режимі реального часу під час операцій з розмінування в Колумбії. Це дозволило ефективно записувати очищені території, виявляти потенційні небезпеки та покращити комунікацію між саперами та керівниками.

Організація з розмінування The HALO Trust використовує інноваційний підхід до збереження історичних даних та покращення своїх зусиль з розмінування. Завдяки сканерам великого формату та геоінформаційним системам HALO оцифровує та геоприв'язує ескізи мінних полів, створюючи цінні ресурси для планування, проведення та документування операцій з розмінування.

Автори статті [3] використовують ГІС для збереження та оцифрування ескізів мінних полів, створення веб-карт з даними про міни, аналізу розташування та типу мін, покращення планування та проведення операцій з розмінування. Перевагами такого підходу є доступність та візуалізація даних про міни, краще розуміння мінної загрози, підвищення ефективності розмінування.

У статті [4] досліджуються проблеми при проведенні обстеження мін та вибухових боєприпасів

на Сході України. Описуються обмеження доступу та інноваційні рішення, які HALO розробила, використовуючи мобільні технології та геоінформаційні системи для збору важливих даних, незважаючи на ці обмеження. У дослідженні зазначається, що вся інформація записується на єдиній платформі для легкого доступу та аналізу. Це покращує прийняття рішень, оскільки дані допомагають пріоритизувати обстеження та визначити цільові райони для майбутніх зусиль з розмінування. Також забезпечується послідовний збір та звітність даних.

У наступній статті обстежуються поля битв, що відбувались на Соломонових островах близько вісімдесяти років тому [5]. Зазначається, що обстеження мінних полів модернізується за допомогою цифрових технологій, а саме відмови від ескізних карт на користь цифрового збору даних та картографування, використання планшетів з програмним забезпеченням ArcGIS Survey123 та GNSS-приймачів з високою точністю (до 30 см). Застосовуються приймачі Trimble, які є простими у налаштуванні та використанні, для прискорення обстеження. Під час польових робіт заповнюються чотири типи звітів, що проходять трирівневий контроль якості для забезпечення точності та надійності даних. Інформація з польових звітів буде інтегрована з інформаційною системою управління протимінною діяльністю (IMSMA) та перенесена в цифровому форматі в національну базу даних Соломонових островів, щойно вона стане доступною у 2024 році.

Досвід застосування ГІС в місіях розмінування у різних країнах також подано в роботах [6–9]. Питання посиленого гуманітарного розмінування території України розглянуто в звіті GLOBSEC [10].

До того ж в Україні вже діють інтерактивні мапи забруднених мінами територій. До офіційних ресурсів відноситься інтерактивна карта замінованих територій України, розроблена ДСНС України. На карті нанесено зони, потенційно забруднені мінами та вибухонебезпечними пристроями. Користувачі можуть додати інформацію про знайдені підозрілі предмети.

Мобільний додаток «Розмінування України» розроблений ДСНС України та дозволяє повідомляти про знайдені вибухонебезпечні та підозрілі предмети, переглядати актуальну інформацію про заміновані території.

Отже, дослідження та публікації демонструють успішне застосування ГІС, супутникових зображень, мобільних технологій та ГІС в проєктах розмінування по всьому світу.

Мета статті

Стаття має надати розуміння ролі геоінформаційних систем та баз даних у процесі розмінування та ознайомити з ГІС-технологіями та інструментами, що використовуються у цій сфері.

Виклад основного матеріалу

Цей розділ описує структуру та функціонування бази даних (БД) для обліку ВНП, знайдених на території Харківської області. БД має допомогти оптимізувати процес розмінування, підвищити його ефективність та безпечність.

Мобільні групи виконують обстеження території за допомогою візуального огляду, використання металолучачів, спеціально навчених собак. У деяких випадках можуть використовуватися й інші методи пошуку: георадар, тепловізори або дрони з камерами.

Інформація про ВНП надходить від різних джерел, зокрема мобільних груп ДСНС, національної поліції та інших підрозділів. Найпоширенішим засобом фіксації координат ВНП є GPS-пристрої. Сучасні GPS-пристрої мають високу точність (до декількох сантиметрів) та можуть зберігати додаткову інформацію. Також використовується спеціалізований програмний комплекс «Кропива».

Фіксують дані про ВНП, що включають (рис. 1):

- координати місцезнаходження ВНП;
- тип ВНП;
- стан ВНП (знешкоджено чи ні);
- група, яка виявила ВНП тощо.

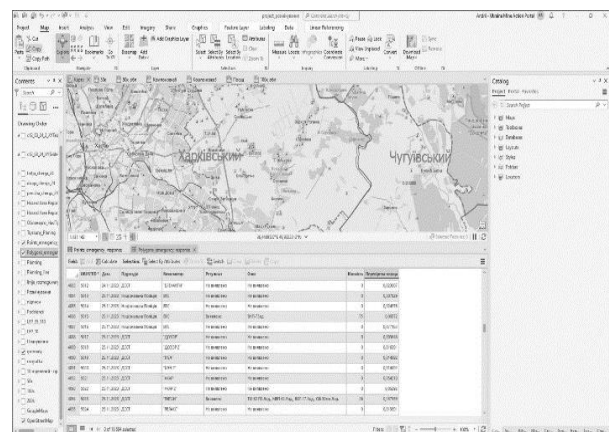


Рис. 1. Поля БД з внесеними даними

Структура бази даних. База даних може містити такі поля (рис. 1):

- унікальний ідентифікатор: для кожного ВНП;
- дата знахідки: дата, коли ВНП було виявлено;
- координати (широта, довгота): місцезнаходження ВНП;
- тип ВНП: наприклад, снаряд, міна, боєприпас;
- стан ВНП: знешкоджено, потребує знешкодження;
- група, яка виявила ВНП: ДСНС, Нацполіція, ДССТ;
- фото: (за бажанням) фото ВНП;
- примітки: додаткова інформація про ВНП;
- дата знешкодження: дата, коли ВНП було знешкоджено (за наявності);

- метод знешкодження: опис методу, яким було знешкоджено ВНП (за наявності);
- статус: відкритий, закритий (залежно від того, чи потребує ВНП знешкодження).

Функціонування бази даних:

- оператор на базі IMSMA отримує дані про ВВП від польових груп;
- оператор вносить дані про ВВП до БД;
- БД автоматично генерує ID для кожного ВВП;
- БД дозволяє здійснювати пошук та фільтрацію ВВП за різними критеріями, наприклад, за типом, станом, датою знахідки, групою, яка виявила;
- БД може генерувати звіти про кількість та типи ВВП, знайдені в різних районах області;
- дані з БД можуть бути візуалізовані на картах для кращого розуміння розподілу ВВП;
- БД може бути інтегрована з іншими системами, наприклад, з GPS-навігаторами, для забезпечення саперів актуальною інформацією про місцезнаходження ВВП.

Використання бази даних. База даних може бути використана для:

- планування та координації робіт із розмінування (рис. 2, 3);
- відстеження прогресу розмінування (рис. 4);
- оцінки ресурсів, необхідних для розмінування;
- попередження цивільного населення про небезпеку;
- аналізу ризиків;
- статистичного аналізу;
- звітності перед органами влади;
- навчання саперів.

Переваги використання бази даних:

- підвищення ефективності та безпечності розмінування;
- економія часу та ресурсів;
- краще розуміння масштабів проблеми забруднення ВВП (рис. 5);
- покращення координації між різними організаціями, залученими до розмінування.

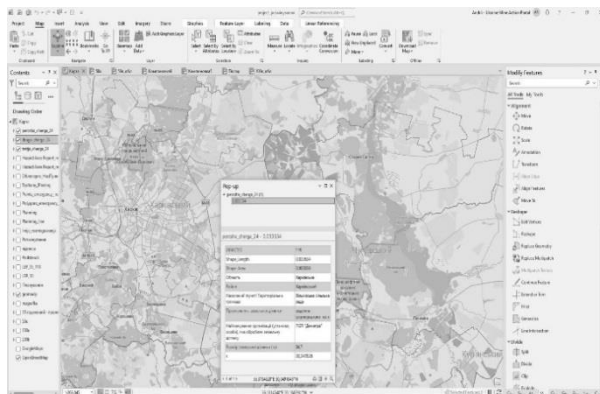


Рис. 2. Планування розмінування земель сільськогосподарського призначення

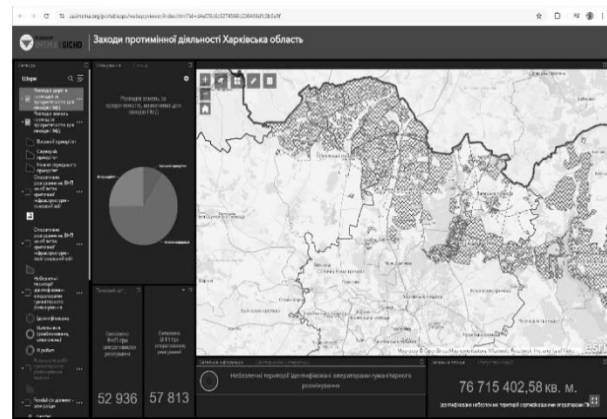


Рис. 3. Планування пріоритетності розмінування земельних ділянок



Рис. 4. Залучення піротехнічних підрозділів

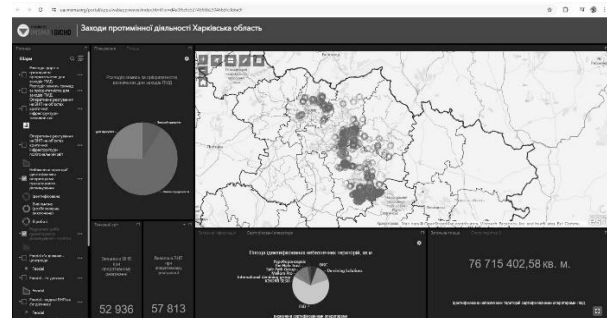


Рис. 5. Відстеження прогресу розмінування

Додаткові вимоги до бази даних:

- безпека даних. БД повинна відповідати високим стандартам безпеки кіберпростору для захисту конфіденційної інформації;
- доступ до даних. Рівень доступу до даних має бути визначений залежно від ролі користувача. Наприклад, сапери повинні мати повний доступ до інформації про ВВП, тоді як громадськості може бути надано лише загальну картину забруднення регіону;
- резервне копіювання даних. Регулярне резерв-

не копіювання бази даних є критично важливим для запобігання втраті даних у разі збою системи;

– навчання користувачів. Користувачі БД повинні пройти навчання щодо правильного введення та використання даних.

Створення та використання ефективної бази даних вибухонебезпечних предметів є важливим кроком для успішного розмінування територій, постраждалих від конфліктів. Запровадження такої БД дозволить оптимізувати планування розмінування, підвищити безпеку саперів та пришвидшити відновлення безпечного життя населення.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Отже, створення та використання ефективної бази даних вибухонебезпечних предметів є важливим кроком для успішного розмінування територій, постраждалих від конфліктів. Запровадження такої БД дозволяє оптимізувати планування розмінування, підвищити безпеку саперів та пришвидшити відновлення безпечного життя населення.

Передбачається вивчити досвід інших країн, які стикалися з подібними проблемами забруднення ВВП, та адаптувати їхні кращі практики до контексту Харківської області.

Література

1. The HALO Trust Partners with Esri in Ukraine [Електронний ресурс] // The HALO Trust USA. – Режим доступу: <https://www.halousa.org/latest/halo-updates/news/the-halo-trust-partners-with-esri-in-ukraine/> (дата звернення: 12.05.2024). – Назва з екрана.
2. UNMAS [Електронний ресурс] // UNMAS. – Режим доступу: <https://www.unmas.org/en> (дата звернення: 12.05.2024). – Назва з екрана.
3. Hamlin J. Minefield sketch maps in humanitarian mine action [Електронний ресурс] / Jesse Hamlin, Luan Jaupi // The journal of conventional weapons destruction. – 2018. – Vol. 22, Iss. 1. – С. 34–39. – Режим доступу: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol22/iss1/5>. – Назва з екрана.
4. Torbet N. 21st century survey in eastern Ukraine and the use of technology in insecure environments [Електронний ресурс] / Nick Torbet, Patrick Thompson // The journal of conventional weapons destruction. – 2017. – Vol. 21, Iss. 2. – С. 20–27. – Режим доступу: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/6>. – Назва з екрана.
5. Conway S. Surveying Eighty-Year-Old Battlefields in Solomon Islands [Електронний ресурс] / Simon Conway // The Journal of Conventional Weapons Destruction. – 2024. – Iss. 1, Article 4, Vol. 28. – С. 18–23. – Режим доступу: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol28/iss1/4>. – Назва з екрана.
6. Katherine J. How UAV LIDAR Imaging Can Locate and Map Minefield Features: Cuito Cuanavale, Angola [Електронний ресурс] / James Katherine, Riemersma Gert, Pedro Pacheco // The Journal of Conventional Weapons Destruction. – 2023. – Iss. 2, Vol. 27. – С. 40–51. – Режим доступу: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol27/iss2/7>. – Назва з екрана.

7. Rittenhouse P. Using Mobile Geographic Information Systems to Improve Operational Efficiency, Data Reliability, and Access in Mine Action [Електронний ресурс] / Paul Rittenhouse, Lindsay Aldrich // The Journal of Conventional Weapons Destruction. – 2017. – Vol. 21, Iss. 2. – С. 17–19. – Режим доступу: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/5>. – Назва з екрана.
8. Rittenhouse P. Using Mobile Geographic Information Systems to Improve Operational Efficiency, Data Reliability, and Access in Mine Action [Електронний ресурс] / Paul Rittenhouse, Lindsay Aldrich // The Journal of Conventional Weapons Destruction. – 2017. – Vol. 21, Iss. 2. – С. 17–19. – Режим доступу: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/5>. – Назва з екрана.
9. Bold M. Data-Driven Decision-Making in Southeast Asia [Електронний ресурс] / Mikael Bold, David Avenell // The Journal of Conventional Weapons Destruction. – 2021. – Iss. 1, Vol. 25. – С. 85–91. – Режим доступу: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss1/18>. – Назва з екрана.
10. Osmolovska I. Cleaning the Augean Stables: Humanitarian Demining in Ukraine [Електронний ресурс] / Iuliia Osmolovska, Nataliia Bilyk. – Slovak Republic : GLOBSEC, 2024. – 41 с. – Режим доступу: <https://www.globsec.org/sites/default/files/2024-01/Cleaning%20the%20Augean%20Stables%20Demining%20Ukraine.pdf>. – Назва з екрана.

References

1. The HALO Trust Partners with Esri in Ukraine. (n.d.). Retrieved from <https://www.halousa.org/latest/halo-updates/news/the-halo-trust-partners-with-esri-in-ukraine/>
2. UNMAS. (n.d.). Retrieved from <https://www.unmas.org/en>
3. Hamlin, J., & Jaupi, L. (2018). Minefield sketch maps in humanitarian mine action. *The journal of conventional weapons destruction*, Vol. 22(Iss. 1), 34–39. Retrieved from <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol22/iss1/5>
4. Torbet, N., & Thompson, P. (2017). 21st century survey in eastern Ukraine and the use of technology in insecure environments. *The journal of conventional weapons destruction*, Vol. 21(Iss. 2), 20–27. Retrieved from <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/6>
5. Conway, S. (2024). Surveying Eighty-Year-Old Battlefields in Solomon Islands. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, Iss. 1, Article 4(Vol. 28), 18–23. Retrieved from <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol28/iss1/4>
6. Katherine, J., Gert, R., & Pacheco, P. (2023). How UAV LIDAR Imaging Can Locate and Map Minefield Features: Cuito Cuanavale, Angola. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, Iss. 2(Vol. 27), 40–51. Retrieved from <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol27/iss2/7>
7. Rittenhouse, P., & Aldrich, L. (2017). Using Mobile Geographic Information Systems to Improve Operational Efficiency, Data Reliability, and Access in Mine Action. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, Vol. 21(Iss. 2), 17–19. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/5>
8. Steyn, M., & Claassens, A. (2020). Operationalized Management Information Systems in Iraq's DMA. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, Iss. 2(Vol. 24), 12–14. Retrieved from <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol24/iss2/5>
9. Bold, M., & Avenell, D. (2021). Data-Driven Decision-Making in Southeast Asia. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, Iss. 1(Vol. 25), 85–91. Retrieved from <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss1/18>
10. Osmolovska, I., & Bilyk, N. (2024). *Cleaning the Augean*

Stables: Humanitarian Demining in Ukraine (GLOBSEC reports on humanitarian demining (HD) in Ukraine). GLOBSEC. <https://www.globsec.org/sites/default/files/2024-01/Cleaning%20the%20Augean%20Stables%20Demining%20Ukraine.pdf>

Рецензент: д-р екон. наук, проф. К.А. Мамонов, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: МИРОНЕНКО Марія Леонідівна
асистент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – mariamyronenko87@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0266-4463>

Автор: НЕСТЕРЕНКО Сергій Григорович
кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – nesterenosq34@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5124-9728>

Автор: РАЙ Андрій Васильович
магістрант кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – raj.andreji@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6809-0815>

Автор: ФРОЛОВ Олександр В'ячеславович
аспірант кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – frolgis@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6968-5714>

GEOINFORMATION SUPPORT FOR DEMINING THE TERRITORIES OF THE KHARKIV REGION

M. Myronenko, S. Nesterenko, A. Rai, O. Frolov

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Modern conflicts and military actions result in massive landmine laying, making them dangerous for civilians. After the completion of hostilities, there is an urgent need to clear these areas to restore human life and infrastructure.

The article presents the application of geographic information systems (GIS) and databases for the inventory and management of explosive ordnance data in post-conflict areas using the example of the Kharkiv region. The paper explains the structure and functioning of the explosive ordnance database, designed to optimise the demining process and increase its efficiency and safety.

The explosive object database receives information from various sources, including mobile groups of the State Emergency Service of Ukraine, the National Police, and other units. The primary tool for fixing the coordinates of explosive objects is GPS devices. The database contains information about the coordinates of unexploded ordnance, their type, condition, date of discovery, the group that discovered it, and other information. The database allows searching and filtering of explosive objects by various criteria, generating reports on the number and types of explosives found in different areas of the region. Also, it is possible to visualise the data from the database on maps to enhance understanding of the distribution of explosive objects.

Using the database can significantly improve the planning and coordination of demining work, track the progress of demining, assess the resources required for demining, warn the civilian population about the danger, analyse risks, conduct statistical analysis, report to the authorities, and train sappers. Implementing such a database will allow optimising demining planning, increasing the safety of sappers, and accelerating the restoration of a safe life for the population. The technology's adaptability also means it can be utilised in other post-conflict regions, highlighting its potential for broader application. This system underscores the importance of integrating modern technological solutions in addressing the challenges of post-conflict reconstruction and safety.

Keywords: geographic information systems, database, explosive ordnance, demining, security, recovery.