

ГЕОПРОСТОРОВА ПІДТРИМКА



Стаття та будь-який пов'язаний з нею опублікований матеріал поширюється за ліцензією Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).
The article and any related published material are licensed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

УДК 528.9+004.8:623.959

DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2026.65.61-71>

Тарас ГУЦУЛ, канд. техн. наук, доц.
ORCID ID: 0000-0002-7192-3289
e-mail: t.gutsul@chnu.edu.ua

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна

ГЕОПРОСТОРОВІ ДАНІ В ГУМАНІТАРНОМУ РОЗМІНУВАННІ ТЕРИТОРІЙ: ЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ НА РІЗНИХ ЕТАПАХ

Вступ. Інформація життєво важлива для ефективного управління програмами протимінної діяльності (ПМД). Збирання даних – тривалий і відповідальний етап. Усталена практика підготовки інформації сучасними фахівцями засвідчує приблизне співвідношення витрат: 80 % часу на збирання та узгодження і лише 20 % – на аналіз даних. Повнота та точність даних підвищує успішність ПМД, оскільки її планування і проведення опираються на факти. Існує обмежена кількість літератури щодо збирання даних для польових операцій із ПМД, зокрема, деякі рекомендації наведено в Міжнародних стандартах IMAS 05.10. Тенденція останніх років – частіше використання нових інтегрованих підходів до управління інформацією і збиранням даних, а також складніші системи виявлення та дистанційного зондування (ДЗЗ). Зазвичай геопросторові дані, геоінформаційні системи (ГІС) і навіть геопортали інфраструктури геопросторових даних (ІГД) пов'язують із можливістю отримання та перегляду електронних карт. Ключове призначення і сенс ефективного використання геопросторових даних і ГІС полягає в можливості моделювання території з урахуванням взаємодії об'єктів і явищ у просторово-часовому вимірі. Отже, сектор ПМД вимагає більш технологічних рішень для уникнення ризиків при розмінуванні земель у складних умовах місцевості.

Методи. Підготовка аналітичних даних – перший етап процесу дослідження ПМД, який є основою детального аналізу вибухонебезпечних предметів (ВНП) відповідно до наявних записів про мінно-вибухові перешкоди та іншої інформації, певним чином пов'язаної з їх розміщенням. Аналітична робота охоплює низку послідовних процедур вивчення даних і випадків, аналізу, порівняння, систематизації та їх поступової інтеграції в цілісність реконструкції мінного забруднення території. Дослідження базується на аналізі нормативних документів, систематизації джерел і порівнянні їх застосування на етапах ПМД.

Результати. Наведено класифікацію джерел геопросторових даних. Розкрито особливості їх використання на різних етапах гуманітарного розмінування території. З'ясовано переваги й недоліки кожного типу даних. Проаналізовано нормативне забезпечення та рекомендації при збиранні геопросторових даних у гуманітарному розмінуванні території.

Висновки. Геопросторові дані є основоположними для гуманітарного розмінування і забезпечують основу ГІС-аналізу та моделювання – від початкового обстеження та оцінювання ризиків до оперативного планування, очищення та аналізу впливу після заходів. Такі дані дають змогу організаціям точно картографувати, визначити пріоритети й ефективно керувати небезпечною роботою з розмінування.

Ключові слова: геопросторові дані, ГІС, гуманітарне розмінування, етапи розмінування, метадані, мінне забруднення.

Вступ

На законодавчому рівні поняття "геопросторові дані" визначено (Верховна Рада України, 2020) як сукупності даних про геопросторовий об'єкт. У свою чергу, геопросторовий об'єкт має характеризуватися певним місцезнаходженням на землі й визначеними у встановленій системі просторово-часовими координатами. Поняття простору й часу належать до фундаментальних категорій філософії і природознавства, що відтворюють універсальні властивості матеріального світу, основні форми буття дійсності. Вони органічно пов'язані між собою, є невід'ємними складниками одного цілого. Розуміння сутнісних характеристик простору й часу є занадто складною, одвічною світоглядною проблемою у розвитку людського знання. Простір для математика складається з точок, місце будь-якої з них визначається трьома координатами. Час складається з моментів, він одномірний (Мороз та ін., 1997). Геопросторові дані, або сигнали, можна широко визначити як дані, де незалежними змінними є просторові виміри. Просторові дані збираються і використовуються століттями, а найдавніші прояви з'являються у вигляді карт даних, що надають інформацію про географію, форми рельєфу та погоду.

Всесвітня геодезична система координат 1984 р. (World Geodetic System 1984 – WGS84) – це глобально визначена система даних, розроблена та підтримувана Національним агентством геопросторової розвідки (National Geospatial-Intelligence Agency – NGA) США. Вона узгоджується з Міжнародною наземною системою відліку (International Terrestrial Reference Frame – ITRF) на рівні 1 см. WGS84 дає змогу пов'язати тривимірне положення з узгодженою координатою у форматі широти (Φ), довготи (λ), еліпсоїдальної висоти (H) та часу (t).

Постанова Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 р. № 1259 встановлює застосування Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при виконанні топографо-геодезичних і картографічних робіт, починаючи із 1 січня 2007 р. Система координат УСК-2000 має однозначний геодезичний зв'язок із системою ITRS/ITRF2000. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 22 грудня 1999 р. № 2359, з метою інтеграції України у світову та європейську економічні системи, участі в міжнародних наукових дослідженнях глобальних і геодинамічних процесів, вивчення фігури Землі та картографування території України із застосуванням супутникових технологій, Державна служба геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр)

© Гуцул Тарас, 2026

упроваджує використання в Україні Світової геодезичної системи координат WGS-84. Стандарти пошуку й розмінування мінних полів (підтверджені небезпечні зони) включають визначення географічних координат (широти та довготи) на основі WGS84.

До тексту Постанови Кабінету Міністрів України від 4 вересня 2013 р. № 661 "Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування" постановою Кабінету Міністрів України від 29 листопада 2022 р. № 1332 додано пункт 35-1, який дає змогу "Для потреб Збройних сил України та інших військових формувань, утворених відповідно до законів України, створювати топографічні карти у світовій геодезичній системі WGS84 та у картографічній проекції Меркатора (Universal Transverse Mercator – UTM) відповідно до вимог нормативно-технічних документів, затверджених Міноборони". Одним із основних суб'єктів ПМД є Національний орган з питань протиміної діяльності (Верховна Рада України, 2018) – міжвідомчий допоміжний орган, який діє за колегіальним принципом під головуванням Міністра оборони, утворюється з метою координації інших суб'єктів ПМД, що залучаються до проведення заходів у сфері протиміної діяльності (Кабінет Міністрів України, 2021). За такої взаємодії використання WGS84 інтегрується в нормативну базу протиміної діяльності й забезпечує уніфіковане інтероперабельне середовище обміну геопросторовими даними між національними, міжнародними та іноземними суб'єктами, що залучаються до проведення заходів у сфері ПМД.

У ДСТУ 8820:2023 "Процеси управління. Основні положення" у п. 7.7 зазначено про необхідність забезпечення системи координат, одиниць вимірів, вимог до карт і мінімально необхідних геопросторових даних для збирання інформації. Цей самий стандарт у п. 7.9.2 зазначає, що для заповнення електронних форм користувачі системи управління протиміної діяльності використовують УСК-2000, згідно із Законом України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність".

У ДСТУ 8820-3:2024 "Процеси управління. Частина 3. Система управління інформацією" у частині географічних даних зазначено, що географічні координати потрібно вносити виключно в системі WGS84 у форматі UTM XY із зазначенням номера зони, або в системі довгота/ широта у форматі десятичних градусів: г,г,гггг.

Особливість національної стандартизації в Україні надає пріоритетність додержанню вимог новіших стандартів з урахуванням усіх змін, внесених до них. Саме тому ДСТУ 8820-3:2024 слід вважати єдиним стандартом системи координат для складання звітної документації в процесах протиміної діяльності.

Мета дослідження – виявити значення геопросторових даних у гуманітарному розмінуванні території і здійснити їх класифікацію щодо можливості застосування на різних етапах протиміної діяльності.

Методи

У дослідженні застосовано теоретичний підхід до вивчення геопросторових джерел даних у сфері гуманітарного розмінування та їх потенційного використання на різних етапах процесу. За допомогою аналізу нормативних документів оцінено вимоги й рекомендації щодо використання таких джерел у ПМД. Методом систематизації було узагальнено інформацію про різні геопросторові джерела, виділено їхні специфічні й типові ознаки, а також встановлено потенційні сфери застосування. На основі проведеного аналізу здійснено теоретичну класифікацію джерел, визначено їхні переваги, обмеження та можливості практичного використання.

Результати

Інформація – це відомості про стан реалій, події та процеси, які відбуваються у природі, суспільстві, господарській діяльності людей. Над інформацією здійснюють певні операції (збирання, систематизацію, зберігання, генералізацію, передавання, перетворення тощо) для подальшого використання у будь-якій сфері людської діяльності. Особливо ретельно й вимогливо ставляться до точності інформації та її джерел у сфері розмінування. Операція з розмінування – це завдання оцінювання доказів і прийняття рішень на основі дуже обмеженої та/або неточної інформації.

Настільки ж важливо, як і локалізувати можливі небезпеки, довести їхню відсутність. Для обох процесів критично необхідно зібрати докази небезпек, визначити пріоритети зусиль із розмінування та локалізувати небезпечні й вільні від небезпеки райони з максимально можливою детальністю. Тому розвиток інформаційних технологій визначено як одне з найважливіших удосконалень для спільноти саперів. Оскільки операції з розмінування дороговартісні, то навіть просте маркування виявлених забруднених або підозрілих ділянок може бути економічно виправданим способом підвищення продуктивності суспільства (Gisslen, & Torne, 2015).

Сучасний досвід гуманітарного розмінування переконує у відсутності повної і точної інформації про міни та ВНП, що обумовлює подальшу спрямованість аналітичної діяльності на дослідження іншої інформації та/або випадків імовірності мінного забруднення. Окрім аналізу записів і вихідної інформації про мінування, підготовка аналітичних даних охоплює також аналіз даних щодо військового мінування, мінних інцидентів, даних про знайдені міни й вибухи на них, результати гуманітарного розмінування і технічного обстеження (ТО), військові карти, характеристики місцевості, зібрані дані та інформацію від членів військових частин, місцевого населення, опубліковані звіти про воєнну діяльність та інші джерела.

Джерело даних – це будь-який носій інформації (документи, реєстри, бази даних), з якого можна отримати відомості. З-поміж різних типів даних геопросторові мають відмінні особливості. По-перше, спостереження просторових даних залежать від їхнього місцезнаходження. По-друге, розмір просторових даних значний. По-третє, просторові зв'язки містяться у просторових даних. По-четверте, просторові атрибути визначаються в просторових даних так само, як і непросторові атрибути (Kim, 2009). Оскільки дані є фундаментом для ГІС, то важливо розуміти їхній тип і процес збирання, тому що не всі дані можуть взаємодіяти із програмним забезпеченням ГІС. Варто зрозуміти ймовірні джерела даних, які забезпечать їм необхідні формати. Геопросторові дані можна одержувати первинно, здійснюючи виміри, а також вторинно – шляхом перетворення наявних у середовищі ГІС або завантаження з репозитаріїв і проєктів відкритих даних.

Традиційно основними джерелами геопросторових даних (Зацерковний та ін., 2016) вважають:

- картографічні джерела;
- дані дистанційного зондування (ДЗЗ) і фотографічні дані;
- дані польових вишукувань;
- дані різноманітних кадастрів;
- Інтернет;
- дані гідрометеорологічних спостережень;
- літературні (текстові) дані;
- статистичні дані;
- метадані.

Картографічні джерела є невід'ємною частиною гуманітарного розмінування для аналізу й відображення важливої географічної інформації, необхідної для безпечних та ефективних операцій із ПМД. Карти з конкретною інформацією, що стосується різних операцій із розмінування, такою як статус розмінування або типи боєприпасів на мінному полі, потрібні для допомоги фахівцям у фактичних процесах розмінування. Через різноманітність створених карт необхідний широкий набір картографічних символів для зображення багатьох категорій мінних небезпек і ПМД для різноманітної картографічної аудиторії (Kostelnick et al., 2008).

Військова карта – це топографічна карта, що використовується для ведення військових дій і планування операцій. Така карта є різновидом географічної карти, на якій відображається інформація про підготовку та проведення бойових дій із графічними й описовими поясненнями. Військова карта – бойовий документ, що надає візуальний огляд розташування підрозділів або стану бойової обстановки за допомогою нанесених тактичних умовних позначень, скорочень і текстових пояснень. Військові карти можуть бути тактичними, оперативно-тактичними або оперативними, залежно від масштабу й деталізації, і створюватися / оновлюватися на рівні батальйонів, бригад і вищих рівнях військового управління. Командування на оперативно-тактичному й тактичному рівнях використовує карти для виконання визначених завдань. Приміром, у процесі організації інженерного захисту наноситься інформація про перешкоди, укріплення, підвирні роботи й використання інженерних підрозділів у наступально-оборонних заходах. Відображення мінно-вибухових перешкод противника містить інформацію про мінування, зібрану з різних джерел: спостереження за виготовленням мінно-вибухових об'єктів, розвідка мінно-вибухових об'єктів із метою створення проходів і розмінування мінно-вибухових об'єктів, захоплення документів та інші розвідувальні шляхи. Інформація про інженерний захист на військових картах – вагомий індикатор мінної небезпеки. Після завершення завдань такі карти, як правило, знищуються, і вкрай рідко зустрічаються як доступні документи. За відсутності оригінальної інформації про мінну небезпеку й за необхідності дослідження мінно-вибухових перешкод із використанням мінних індикаторів інформація, отримана з військових карт, має велике значення.

Карти небезпек – це тематичні карти, створені для надання підтримки компетентним особам у процесі гуманітарного розмінування, тобто експертам із ПМД, у прийнятті рішень щодо скорочення та підтвердження мінно-підозрілої зони або її розширення. Основна їх мета – зображення розташування мін і супутніх зон впливу з оцінюванням рівня небезпеки в цих зонах. Фактично вони є візуалізацією результатів системи підтримки рішень для гуманітарного розмінування, індикаторів наявності / відсутності мін, зони впливу на навколишнє середовище й достовірності результатів. Індикатори (ознаки й теми зображення) векторизуються (картографуються) на основі багатосенсорних зображень найвищої роздільної здатності та зберігаються у вигляді зображень, які можна відображати в масштабі будь-якого геодезичного документа або карти. Таким чином, карти небезпек можна формалізувати як окремі відображення (тематичні карти із власним масштабом) або похідні результати (у цьому випадку – рівень зміни референтного масштабу) (Krtalic, 2012).

На прикладі інформаційної системи PARADIS, розробленої для батальйону служби розмінування

бельгійської армії, можна з'ясувати детальну організацію планування гуманітарних кампаній із розмінування від загальнодержавного рівня до рівня польових робіт із використанням дрібномасштабних (глобальний рівень 1 : 1000000–1 : 250000), середньомасштабних (регіональний рівень 1 : 250000–1 : 50000), великомасштабних (масштаб поля – 1 : 10000–1 : 1500) карт і топографічних планів (шкала просування – 1 : 500). На всіх рівнях планово-картографічні дані застосовуються як вихідна основа, на яку накладають інші джерела просторових даних, одержаних польовими вимірюваннями або дистанційно (Lacroix, 2017). Слід зауважити, що перелік наведених в інформаційній системі PARADIS масштабів чітко узгоджується з основними масштабами топографічних карт НАТО (1 : 50000, 1 : 250000, 1 : 1000000) і додатковими (1 : 25000, 1 : 100000, 1 : 500000), що мають єдину систему координат та уніфіковані умовні знаки. Основним завданням ПМД на рівні польового масштабу є проведення нетехнічного обстеження (НТО), яке переважно ґрунтується на доступних матеріалах дистанційного зондування (мультиспектральних зображеннях SPOT (20 м), панхроматичних зображеннях (10 м), зображеннях RADARSAT (13 м) і панхроматичних даних IKONOS (1 м)).

Розроблення сучасних топографічних карт є результатом тривалого процесу військового аналізу та вивчення місцевості з метою організації і проведення польових операцій. Потреба в геопросторових даних для фактичних або потенційних військових операцій мала прямий вплив на специфікації карт, що виготовляються військовими, оскільки зображення ландшафту адаптувалося до оперативних потреб, а уроки, отримані з воєнного досвіду, ураховувалися (Svenningsen, 2016).

Утім, варто пам'ятати, що в суспільстві загалом усе ще існує тенденція розглядати топографічні карти як об'єктивне відображення фізичної поверхні Землі. Проте зі змінною масштабу відбувається виділення основних типових рис та особливостей об'єкта згідно з призначенням карти, яке називається *генералізацією*. Крім того, картографічним творам властиве явище "старіння", коли зміст карти перестає відповідати реальній місцевості. Часто рівень топографічного-геодезичного та картографічного забезпечення ще до початку бойових дій є вкрай незадовільним, а після їх завершення зміни місцевості за даними ДЗЗ на уражених територіях настільки суттєві, що доцільніше буде наново створювати топографічні карти, а не оновлювати наявні.

Хоча ефективно виявлення наземних мін із повітря поки що неможливе (за винятком розкиданих по поверхні мін і нерозірваних боєприпасів (Nikulic et al., 2018)), дані *дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)* можна вважати індикатором наявності або відсутності мінного поля. Бойові характеристики природних умов місцевості (категорія, прохідність місцевості; характеристики ландшафту; штучні артефакти тощо) мають вивчатися та оцінюватися з використанням усіх завдань аналітичної підготовки в межах організації наступально-оборонних заходів і мінно-вибухових перешкод. Місцевість оцінюється для атакуючого та захисника, щоб правильно врахувати напрямки атаки й мінно-вибухові перешкоди, які можуть бути встановлені на ймовірних напрямках атак. Для ТО різні космічні дані можуть сприяти виявленню мінних полів і забруднених ВВП територій. Такий підхід вимагатиме менше польових робіт (виявлення на відстані, можливо, краще відповідає неінвазивному визначенню НТО). Мінні поля можуть мати різну сигнатуру з космосу / повітря на різних частотах порівняно з

навколишніми полями або тими самими полями до їх мінущості. Порівняння сигнатур до та після мінущості дає змогу за історичними даними ДЗЗ виявити критичні зміни для подальших досліджень. Дані космічного спостереження Землі сприяють підвищенню загального рівня продуктивності повітряного та близького виявлення шляхом генерування рекомендацій щодо методів зондування та часу, які значною мірою залежать від сценарію, включаючи топографію, погоду, стан рослинності, а також наявні знання. Дані про вологість ґрунту й динаміку щільності рослинності, отримані з багатоспектральних інфрачервоних / оптичних датчиків, можуть дати уявлення про рівень рослинності й сезонні особливості. У поєднанні з картографуванням схилів поверхні та прогнозами погоди можна визначити раціональний вибір технології та оптимальну пору року для проведення дистанційного або близького виявлення. Зокрема, можна оптимізувати планування робіт із розмінування та ефективніше оцінити витрати.

ДЗЗ за базуванням носія, за допомогою якого отримують просторові дані, поділяється на наземне й аерокосмічне. Аерокосмічне ДЗЗ здебільшого передбачає базування носія в космічному просторі. Ефективність системи ДЗЗ великою мірою залежить від ефективності наземної інфраструктури керування супутником (наземне ДЗЗ), приймання, оброблення та розповсюдження даних. Для забезпечення збирання даних ДЗЗ знімальна апаратура встановлюється на носій, який підіймає її на потрібну висоту, переміщує відносно земної поверхні й забезпечує певне орієнтування в просторі. За типом носіїв, що використовуються для систем ДЗЗ, їх поділяють на дві основні групи: авіаційні – літаки, гелікоптери, планери, мотодельтаплани, безпілотні літальні апарати (БПЛА), аеростати (дирижаблі та повітряні кулі); космічні – штучні супутники Землі та інших планет, орбітальні станції, міжпланетні апарати (Довгий та ін., 2019). Ці платформи можуть бути як пасивними (використовують відбите сонячне світло), так і активними (використовують власні джерела випромінювання, як-от радар або лазер).

БПЛА стають справжнім сучасним проривом у сфері інтелектуальних досягнень. Отримання оптимальних результатів при розв'язанні широкого кола різних завдань, разом із розробленням композитних матеріалів, програмного забезпечення та новітнього навігаційного обладнання, роблять покладені на них завдання та очікувані результати все більш складними. БПЛА дають змогу людям не перебувати в умовах загрози життю, проводити діяльність, що виходить за межі їхніх фізіологічних і психофізіологічних можливостей. Поєднання можливості збирання геопросторових даних під час польоту в різних діапазонах дистанційного зондування з можливістю поєднання варіантів корисного обладнання (датчиків) відкриває перспективи для їх використання для розмінування територій (Hutsul et al., 2024).

Датчики в гуманітарному розмінуванні класифіковано (Baudoin et al., 2003) на чотири групи:

- 1) щупи, сейсмічні й акустичні датчики;
- 2) електромагнітні датчики (металошукач, георадар, мікрохвильовий радіометр, електроімпедансна томографія, електрографія, візуалізація за допомогою ручних датчиків);
- 3) електрооптичні датчики (видимі, інфрачервоні, мультиспектральні, гіперспектральні, LiDAR);
- 4) детектори вибухових речовин (ядерний квадрупольний резонанс, рентгенівські промені, нейтронна активація, біосенсори, виявлення слідів вибухових речовин).

Перші три категорії датчиків не здатні розрізняти вибуховий матеріал і будь-який матеріал із такими самими електромагнітними, тепловими та/або оптичними властивостями, але часто пропонують хороші можливості локалізації, а також 2D та навіть 3D можливості для деяких із них. Остання категорія спрямована на виявлення вибухових матеріалів, часто пропонує погані можливості локалізації і не має просторової роздільної здатності, а також 2D або 3D можливостей. Здебільшого ці датчики потребують тривалого часу інтеграції, що робить їх більш придатними як пристрої підтвердження. В останньому випадку вони використовуються у поєднанні з датчиками перших трьох категорій.

Технологія LiDAR особливо цінна для БПЛА, дронів і роботів, що працюють у середовищах, де лише візуальної інформації може бути недостатньо. Інструмент LiDAR виявляє численні екзоформи, що дає змогу інвентаризувати та картографувати величезний потенціал для реконструкції перебігу конфліктів різної давності. Здатність LiDAR генерувати детальні карти в режимі реального часу підвищує безпеку та надійність роботизованої навігації, роблячи її невід'ємним компонентом у підвищенні автономності й адаптивності роботизованих систем. Основний недолік LiDAR полягає у тому, що його випромінювання практично не проникає під землю, а тому використання обмежене лише наземним (поверхневим) забрудненням об'єктів, тоді як переважна їх більшість міститься в приземному шарі глибиною 0–20 см. Проникнення оптичних хвиль у непрозорі матеріали становить менше 1 мм, тому оптичними методами можна виміряти властивості поверхні ґрунту, на які впливає наявність похованих наземних мін. Видиме світло й методи виявлення та лазерний далекомір (LiDAR) є двома прикладами поширених методів оптичного виявлення (Hutsul et al., 2025).

Датчики відрізняються просторовою, спектральною, часовою та радіометричною роздільною здатністю. Просторова роздільна здатність пов'язана з роздільною здатністю, яка розрізняє спотворення зображення. У ДЗЗ прийнято визначати просторову роздільну здатність як розмір, якому кожен піксель відповідає в реальному світі. Дослідження послідовності зображень високої роздільної здатності надає відповідну інформацію та може бути використане як заміна топографічних карт. Зображення з високою роздільною здатністю потребують попередньої фотограмметричної підготовки, проте подальша інтерпретація їхнього змісту здається достатньою для саперів. Зображення дуже високої роздільної здатності корисні для польових робіт і не потребують жодної інтерпретації. Супутникові знімки дуже високої роздільної здатності (роздільна здатність 1 м) корисні для роботи на мінних полях, оскільки вони не потребують інтерпретації. Інші зображення, зокрема роздільною здатністю від 10 до 30 м, можна застосувати для створення оглядових регіональних фотосхем, необхідних у процесах планування роботи команд. Однак вони вимагають інтерпретації експертом, і цієї інтерпретації може виявитися недостатньо для саперів.

Команди НТО повинні вміти робити чіткі фото ВНП і підозрілих предметів. Ці *фотографічні дані* завжди слід одержувати з безпечного місця та з дотриманням вимог безпеки. Варто зауважити, що деякі фото супроводжуються геотегами (метаданими із широтою та довготою), які локалізують фотографію з конкретним місцем зйомки.

Дані польових вишукувань. Геодезичні вимірювання обстежених і розмінованих територій є одним із необхідних заходів збирання даних та їх коригування для

використання в системах управління мінною інформацією. Вибір методу проведення геодезичних вимірювань розміреної території переважно залежатиме від місцезнаходження розміреного полігона або конфігурації місцевості. Розташування ділянок з імовірною мінною загрозою може бути надзвичайно різноманітним – від вершин гірських хребтів до рівнинних ділянок сільськогосподарських угідь і забудованої території населених пунктів, а тому покладатися на мережу пунктів геодезичної мережі не варто, оскільки вона від моменту початку бойових дій буває переважно зруйнованою. Геодезист, який проводить геодезичне обстеження розміреного полігону, повинен бути знайомий з усіма можливими методами геодезичних робіт, знати, як користуватися доступними інструментами, знати їхні характеристики та властивості, бути фізично та психологічно готовим до виконання геодезичних робіт, щоб отримати координати точок розміреного полігону найпростішим, найшвидшим і найефективнішим способом, урахувавши той факт, що необхідно досягти заданої точності визначення координат точок. Аналогічно оператор, який обробляє надані геодезичні дані й готує геодезичну документацію для розміреного полігона, повинен бути знайомий з усіма методами оброблення даних (програмним забезпеченням), а також кінцевим контролем якості виконаних геодезичних робіт на розміреному полігоні, щоб відповідати всім умовам ведення системи управління мінною інформацією. Геодезичні роботи перед розмінуванням територій потребують максимальної камеральної підготовки, переважно за цифровими ортофотознімками (Barković et al., 2010). Основним інструментом для фіксації координат під час ТО території, ураженої мінами та ВНП, є ГНСС-пристрої (GICHD, 2025). Національні стандарти та стандартні операційні процедури мають визначати картографічний датум для роботи пристроїв ГНСС в одній єдиній системі, такий, що використовується на будь-яких фізичних або цифрових картах обстежуваної місцевості. Технологія супутникової навігації може бути застосована для однозначного й ефективного маркування небезпечних зон і позначення очищених територій, а також для зменшення дорогих непотрібних обстежень через неточну інформацію, що часто трапляється в результаті використання традиційних методів вимірювання відстані. Наземні системи відносного позиціонування, що базуються на супутниковій навігації, дають змогу забезпечувати точність позиціонування значно нижче 1 м (диференціальна GPS), а за потреби – і на сантиметровому рівні (мережа RTK). Засоби глобальних навігаційних систем опосередковано підтримують і більш точні НТО, а також аерозондування за допомогою невеликих літаків або ручних БПЛА (Kruijff et al., 2012). Майбутні навігаційні сигнали ГНСС і супутникові доповняльні системи, такі як Європейська геостационарна служба навігаційного покриття (EGNOS), можна комбінувати не тільки для підвищення точності, але й для значного поліпшення цілісності й доступності сигналу в разі перешкод, наприклад від кронани дерев або в гірських долинах.

Дані різноманітних кадастрів. Соціально-економічні зміни, спричинені війною, вимагають перегляду довоєнних підходів до управління просторовим розвитком і нового землекористування. Різні системи класифікації земель і землекористування в Україні історично розроблялися та впроваджувалися переважно для цілей ведення Державного земельного кадастру (ДЗК), підготовки проєктної документації із землеустрою, грошового оцінювання земель та інших цілей регулювання

земельних відносин. Ці класифікації не включають класифікацію забруднених територій, оскільки, згідно із Законом України "Про Державний земельний кадастр", землі обліковуються у ДЗК за кількістю та якістю земель і земельних ділянок. Облік якості земель відображає дані, що характеризують землю за природними й набутими властивостями, які впливають на її продуктивність та економічну цінність, а також ступінь техногенного забруднення ґрунтів. Поряд із цим визначенням відсутня методологія обліку забруднених територій, включаючи ґрунти. Надзвичайно важливо оновлювати дані про забруднені території. ВНП (міни, нерозірвані боєприпаси) роблять нерухомість небезпечною та непридатною для використання. Забруднені території залишаються недоступними для власників і користувачів, доки їх не обстежать і не оголосять безпечними. Інтеграція цифрових технологій є вирішальним компонентом ефективного управління розмінуванням. Реєстрація земель як складник ДЗК має, насамперед, відображати дані із забруднених унаслідок війни територій. Доведено важливість постійного обміну інформацією між інформаційною системою управління ПМД та ДЗК для визначення стану забруднених територій і сприяння застосуванню податкових пільг (Tykhenko et al., 2025). Важливим компонентом відновлювальних робіт є рекультивация земель після розмінування, відновлення ґрунтового покриву та вивчення альтернативних варіантів використання земель із тривалим забрудненням (Martyn, & Kolosa, 2024).

Інтернет стає технічним засобом одержання доступу до геопросторової інформації та надає суспільству інструменти для оброблення географічної інформації без обмежень за місцем розташування. Аналітики визначають поточну війну як першу, що відбувається в умовах цифрової трансформації, розвитку широкомережового інтернету, існування соціальних мереж, стрімкого розвитку штучного інтелекту (ШІ). Не менш важливими стають набори даних, які надходять до баз даних із соціальних мереж (Twitter, Telegram і Facebook та ін.) та інформаційних агентств, перевіряються на причетність до сектору ПМД і доповнюють імовірні небезпеки на інтелектуальних інтерактивних картах (Lanclos, & Cottray, 2022). Добре структуроване дослідження з відкритих джерел, засноване на соціальних мережах, стає дедалі важливішою частиною етапу оцінювання документації та контекстної інформації, необхідної для НТО (Mathewson, 2022).

Дані гідрометеорологічних спостережень. Під час збройних протистоянь водотоки часто стають природними кордонами або лінією розмежування, а тому зазнають високого ступеня мінного ураження з обох воюючих сторін, що згодом значною мірою обмежує основні види діяльності з управління водними ресурсами (повеннями, системами водопостачання та судноплавства), безпосередньо впливаючи на безпеку й, водночас, обмежуючи ефективний економічний розвиток. Аспекти діяльності з управління водними ресурсами переважно полягають у неможливості підходу до споруд, які потребують регулярного обслуговування для безпеки машин і фахівців. Більшість споруд водних ресурсів є надзвичайно великими, тому неможливість обслуговувати навіть невелику частину споруди може призвести до порушення функціонування всієї системи, що поставить під загрозу безпеку людей і майна в межах цілого району. Крім того, відсутність регулярних робіт із технічного обслуговування водотоків може змінити умови течії в руслі річки, що робить практично неможливим

передбачення, де, зрештою, опиняться міни. Тому всі водотоки нижче за течією, береги й затоплення можна вважати потенційно забрудненими мінами територіями. Соціологічний аспект проблеми забруднених мінами водотоків полягає в тому, що більшість видів діяльності (транспорт, торгівля, рекреація, риболовля тощо) у поселеннях поблизу річок відбувається на берегах річок (Mladineo, & Knezic, 2003). Гідрологічні дані, окрім визначення міграції мін і ВВП, викликані надзвичайними явищами (ерозією, повеннями), можуть застосовуватися і в задачах визначення пріоритетності розмінування територій. Зокрема, у багатьох публікаціях автори рекомендують гідрологічний набір даних HydroSHEDS, отриманий у результаті місії Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Цей набір даних містить векторні й растрові дані, такі як річкові мережі, межі водозборів, напрямки стоку й накопичення потоку. Набір даних HydroSHEDS охоплює майже всю земну кулю, але вимагає ручного завантаження по регіонах. Його можна застосовувати в некомерційних цілях. Для цього дослідження використовувалася річкова мережа, надана у вигляді ліній річок, що зберігаються у *.shp-файлах. Роздільна здатність даних становить 15 кутових секунд.

Літературні (текстові дані). Інформація з опублікованих історичних та інших джерел становить цінність для з'ясування мінного забруднення. Аналіз і моніторинг опублікованих текстів виявляє додаткову інформацію, яку можна як пов'язати з наявними даними, так і заявити як нову при виявленні невідомих зон імовірної мінної загрози. За відсутності оригінальної інформації щодо мін аналітичний інтерес становить текстова інформація стосовно: хронології військових дій із динамікою зміни оборонних ліній; розташування підрозділів і бойових позицій; місць мінних інцидентів під час військових дій; членів військових формувань, спроможних надати цінні свідчення щодо мінної ситуації та інших передумов, що можуть виявити мінування територій.

Статистичні дані. Організація гуманітарного розмінування спирається на різноманітні статистичні дані та інформацію, необхідні для оцінювання потреб, пріоритетності завдань, розподілу ресурсів і моніторингу ефективності операцій. Ключові статистичні дані, що використовуються в цьому процесі, включають: дані про забруднені території (площа потенційно та підтверджено замінованих територій, тип забруднення, географічні дані, характеристики навколишнього середовища); дані про постраждалих і потреби населення (статистика жертв; кількість населення, яке потребує допомоги; соціально-економічний вплив); операційні й ресурсні дані (локалізація операторів ПМД, методи роботи, продуктивність, фінансування). Супроводження статистичної інформації координатами, адресами тощо дає змогу шляхом геокодування перетворити їх на повноцінну геопросторову інформацію.

Метадані – це дані про дані (їхній склад, зміст, статус, походження, місцезнаходження, якість, формати, обсяг, умови доступу, авторські права тощо). Розглянемо їх окремо для кожного з вищезазначених джерел даних. У випадку паперових картографічних джерел метадані розміщено в елементах зарамкового оформлення, з яких користувач може дізнатися описову інформацію про картографічний твір: номенклатуру листа карти, назву місцевості, масштаб, дані про систему координат і картографічну проекцію, рік видання карти, рік зйомки і складання карти, джерела вихідних даних, відомості про підприємства, які виконували підготовку й видання карти, гриф карти тощо. Ця інформація надає

користувачеві можливість оцінити якість картографічних даних (точність, актуальність, повноту тощо) і дійти висновку щодо відповідності матеріалів до вимог певної сфери застосування.

Стандарт ISO 19115 застосовний для опису метаданих для наборів геопросторових даних, комплексів наборів даних, геоінформаційних сервісів, датчиків, інструментальних геоінформаційних ресурсів, платформ тощо. Початкова версія ISO 19115 стосувалася, перш за все, векторних даних. Цей стандарт зі змінами тепер перейменовано на ISO 19115-1 "Метадані – Частина 1: Основи". Додатковий стандарт ISO 19115-2 "Метадані – Частина 2: Розширення для зображень і сіткових даних" є доповненням для даних растрового типу. Отже, ISO 19115-1 визначає два рівні метаданих – основні, або мінімально потрібні, елементи метаданих і повний перелік метаданих, які називають також *комплексними*, або *всеохоплюючими*, елементами метаданих (Карпінський та ін., 2021).

У випадку топографічних планів метадані топографічної зйомки містять відомості про: виконавця робіт, сертифікованого інженера-геодезиста, технологічну схему й точність зйомки, дату зйомки, прийнятну систему координат і висот та інші довідкові дані.

У БПЛА дані телеметрії (датчиків, що вимірюють параметри польоту: висоту, швидкість, координати; стан систем: рівень заряду, напругу, температуру та інші показники) і є метаданими. Часто вони транслюються оператору, накладаючись на зображення з камери. Метадані фотографічних зображень можуть містити назву файлу й відомості про: шлях збереження; розмір кадру після кадрування; дату й час зйомки; витримку та діафрагму; фокусну відстань; значення експокорекції; світлочутливість; використання спалаху; виробника камери; модель камери, об'єктива; географічні координати (геолокація); висоту та місце зйомки над рівнем моря. *Геолокація* – це ідентифікація географічного розташування об'єкта на зображенні за допомогою різноманітних механізмів збирання даних, таких як супутникові знімки й метадані ГНСС.

Метадані під час роботи ГНСС містяться в навігаційному повідомленні, яке включає дату й час, статус супутників, а також ефемериди (дані про орбіту) та альманах (дані про всі супутники). Ця інформація дає змогу приймачу визначити свою точну позицію за допомогою трилатерації, обчисливши відстані до супутників на основі часу затримки сигналу. Метадані тахеометра – це структуровані дані, які описують результати вимірювань, зроблені приладом. Вони включають інформацію про координати вимірюваних точок (планові й висотні), кути, відстані, перевищення, а також часові та просторові характеристики (дата, час, місцезнаходження), що допомагають ідентифікувати, обробляти й аналізувати отримані дані.

Метадані публічної кадастрової карти України включають географічні дані про земельні ділянки, такі як їх місцезнаходження, межі й кадастровий номер, а також цільове призначення та обмеження у використанні.

Метадані соціальних мереж – це дані, що описують активність користувачів і контент, а не сам контент. Вони містять інформацію про те, коли, де і як користувач взаємодіє з платформою, включаючи час публікації, місцезнаходження, уподобання, пошукові запити, а також технічні характеристики пристрою та файлів.

Класифікація методів збирання геопросторових даних для топографічного картографування (Карпінський, & Лазоренко-Гевель, 2018) складається з картографічних,

наземних, дистанційних технологій і технологій збирання геопросторових даних crowdsourcing та opensource. Відмінність від вищезазначеного переліку джерел даних полягає лише в появі opensource та crowdsourcing, тому розглянемо їх детальніше.

Джерела opensource та crowdsourcing. Рівень розвитку й використання відкритих даних став настільки значним, що вже не можна з ним не рахуватися. Це відносно новий інструмент для сектору ПМД, але з давньою історією використання правоохоронними органами й організаціями національної безпеки (Riza, & Mathewson, 2024). *Дослідження з відкритими джерелами* – це процес збирання та аналізу легально зібраної інформації виключно із загальнодоступних джерел, без використання методів таємного збирання та без урахування інформації з приватних або засекречених джерел. Частина таких даних створюються з використанням функції геолокації у смартфонах і мобільних картографічних системах, тому кожен користувач смартфона, під'єданого до мережі "Інтернет", може стати добровільним збирачем даних (волонтером) для вищеперахованих проєктів відкритих даних. До відкритих геопросторових даних, які можуть бути використані для розв'язання топографічних завдань і збираються або оновлюються методом crowdsourcing (краудсорсинг), належать такі відомі проєкти, як OpenStreetMap, GeoNames, Geowiki, Ushahidi, Waze та ін. Дослідження з відкритими джерелами можуть проводитися різними способами залежно від сценарію, бажаної інформації та її доступності. Залежно від ситуації, результати аналізу можуть бути використані для інформування громадськості з важливої теми, консультування щодо державної та національної політики або заклику до дії. Багато глобальних організацій використовують інформацію з відкритих джерел, включаючи Організацію Об'єднаних Націй, для підтримки миротворчих операцій і планування доставки допомоги під час криз або стихійних лих.

Війна в Україні є найактивнішим конфліктом, що дає змогу міжнародному оператору з гуманітарного розмінування HALO Trust використовувати великий обсяг інформації з відкритих джерел для збирання та аналізу даних про забруднення ВВП в Україні (Torbet, & Thompson, 2017). Це, у свою чергу, відкриває можливості HALO Trust для оптимального планування і проведення операцій, а також більш ефективної і результативної діяльності з розмінування і ліквідації наслідків вибухів. Це включає визначення пріоритетів для розгортання НТО та груп розмінування, а також інформування про закупівлю найбільш відповідного обладнання для очікуваної загрози.

Джерела геопросторових даних за способом одержання умовно можна поділити на первинне (безпосередньо з джерел шляхом прямого вимірювання або зондування) і вторинне збирання даних (використання наявних даних і перетворення їх на зручний геопросторовий формат). До первинних джерел віднесемо польові інструментальні дослідження за допомогою спеціалізованого топографо-геодезичного обладнання і наземних датчиків (збирання даних про навколишнє середовище в режимі реального часу, таких як якість повітря, температура, вологість ґрунту) та дистанційне зондування (спутникові знімки, аерофотозйомка й дані БПЛА, LiDAR, ГНСС), до вторинних – результати, пов'язані з виконанням операцій оброблення геопросторових даних, зокрема оцифровування, геокодування, дешифрування, краудсорсингу, сканування тощо (табл. 1). Досягнення в інформаційних технологіях збільшили попит на оброблення, аналіз і візуалізацію просторово-часових великих даних, що вимагає розвитку ІС-технологій для розв'язання цих завдань. Програмне забезпечення для ДЗЗ використовує інструменти й методи ШІ, такі як машинне і глибоке навчання, для оброблення та аналізу супутникових знімків (напр. класифікація і сегментація зображень, виявлення об'єктів) (Selmy et al., 2024).

Таблиця 1

Обґрунтування доцільності застосування джерел даних для інформаційного забезпечення планування виконання завдань і заходів із ПМД, зазначених у СОП 07.10/ДСНС (розроблено автором)

№	Завдання та заходи ПМД	Джерела даних									
		первинні					вторинні				
		Польові вишукування	ДЗЗ і картографічні	Гідро-метеорологічні	Літературні (текстові) дані	Статистичні дані	Метадані	Картографічні	Мережа "Інтернет"	Кадастрова інформація	Opensource та crowdsourcing
1	Визначення підготовчих завдань і заходів для реалізації напрямів ПМД				+		+	+			
2	Збирання та аналіз інформації щодо територій імовірно (підтверджено) забруднених ВВП	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Визначення оптимальних шляхів і термінів виконання завдань та заходів	+	+			+	+	+			
4	Визначення для виконання спланованих завдань і заходів, необхідних сил і засобів, забезпечення максимально ефективного їх залучення		+	+	+	+	+	+		+	+
5	Проведення орієнтовних розрахунків щодо матеріально-технічного, фінансового та інших видів забезпечення спланованих заходів	+	+	+		+	+	+	+	+	
6	Визначення відповідальних виконавців і доведення до них спланованих завдань і заходів		+		+		+	+	+		+

Збирання геопросторових даних може включати збирання польових даних, оброблення даних ДЗЗ і

внутрішнє перетворення даних у ІС. Збирання даних зазвичай здійснюється операторами, які виконують

діяльність за програмою ПМД. Регулярна співпраця між організаціями, які є постачальниками геопросторових даних, важлива для забезпечення послідовного й точного запису даних і їх своєчасного звітування. Організація має забезпечити, щоб виконувалося таке:

- процеси збирання даних визначені й задокументовані відповідно до принципів документування процесів, описаних вище;
- усі відповідні джерела даних визначені і задокументовані, включаючи те, які дані вони мають надавати та з якою періодичністю;
- розроблені стандартні форми, які містять усі вхідні дані, визначені як необхідні під час складання специфікації вимог до інформації;
- зібрані дані сортовані за віком, статтю та іншими аспектами різноманітності;
- узгоджені дані збираються шляхом забезпечення дотримання визначених стандартів для ключових термінів;
- вимоги до запису даних (які дані потрібно збирати, їхньої періодичності та формату запису на носій) зазначені;
- контроль якості для забезпечення відповідності даних, що повідомляються до Національного управління з питань ПМД, до вимог якості.

У серії стандартів IMAS зазначено низку вимог до збирання даних. Зокрема, IMAS 07.11 для "Вивільнення земель", IMAS 08.10 для "Нетехнічного обстеження", IMAS 08.20 для "Технічного обстеження", IMAS 09.10 для "Вимог до очищення", IMAS 09.11 для "Очищення району бойових дій", IMAS 08.30 для "Документації після очищення", IMAS 07.40 для "Моніторингу організації, що займаються ПМД", IMAS 12.10 для "Навчання щодо ризику ВНП" та IMAS 10.60 для "Розслідування та звітування про інциденти розмінування" (United Nations Mine Action Service [UNMAS], 2019).

НТО зазвичай є першим кроком у процесі розблокування земель, а тому кожна подальша ПМД базується на точності доказів, зібраних під час НТО.

Планування та проектування атрибутивних даних є основою будь-якого процесу збирання польових даних, тому дуже важливо враховувати це перед початком польових робіт. Геопросторова наука про дані зосереджується на унікальних властивостях просторових даних і використовує моделювання для виявлення, розуміння та пояснення місцезнаходження і причин виникнення просторових об'єктів.

Спільне зберігання геопросторових даних стосується домовленості, за якої низка зберігачів працюють разом для створення інтегрованих наборів даних для ІГД. Наприклад, місцеві органи влади надають дані про адреси або вулиці до національного набору даних ІГД. Спільне хмарне картографування дає змогу створювати повсюдне, зручне, налаштоване та індивідуальне картографування на вимогу з ресурсами, що спільно використовуються різними організаціями, які співпрацюють над конкретною ініціативою, такою як ІГД або ліквідація наслідків стихійних лих. Основними рушійними силами для застосування цієї методології є потоки даних спостереження Землі, інтеграція даних у різних тематичних областях і питання підвищення якості даних. За майже тридцять років, відколи було сформульовано концепцію, структуру та методологію створення ІГД, у більшості країн світу реалізовано програми розбудови ІГД на національному, регіональному та місцевому рівнях. Сучасні ІГД перетворюються на платформи інтегрування усіх ланок виробництва, постачання і використання геоінформаційних ресурсів для прийняття управлінських рішень у різних сферах (Карпінський та ін., 2023).

ІГД стають системами, що вдало поєднують різні джерела збирання, зберігання та аналізу геопросторових даних, які необхідні, у тому числі, і для гуманітарного розмінування. Вони спроможні забезпечити точне картографування мінних полів, організацію та планування робіт, моніторинг і документування результатів. За допомогою таких ІГД уповноважені органи й оператори розмінування одержують ефективне керування процесами ПМД щодо очищення територій і захисту населення від мін та ВНП.

Українські розробники створили платформу GRIT, яка інтегрує понад 100 наборів даних із 26 різних джерел і використовує ШІ для автоматизованої пріоритетності територій для гуманітарного розмінування. У платформу інтегровано геопросторову інформацію, зокрема про ґрунти, економічну активність у регіоні, стан об'єктів соціальної інфраструктури, кількість людей, що мешкають у громадах, тощо.

В Україні триває розбудова національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД), яка має на меті об'єднати інформацію про землю, об'єкти інженерної інфраструктури та комунікації на єдиній картографічній основі, що є фундаментальним для подальшого відновлення країни та повернення переміщеного населення.

Дискусія і висновки

Мінні поля, відомі як "приховані вбивці", щороку забирають тисячі життів, переважно серед цивільного населення. Вони часто залишаються невиявленими в землі ще довго після завершення конфлікту, завдаючи масових страждань цивільному населенню протягом багатьох років після настання миру. Більшість мінних полів не нанесено на карту й не зареєстровано, а тих, хто їх заклав, можливо, більше не існує. Ці обставини обумовлюють складність, непередбачуваність і небезпеку протипіхотних мін. У масштабі історії людства історія сучасних мін нетривала й заледве охоплює два століття. Досі поширені випадки, коли випадково знаходять нерозірвані боєприпаси або міни періоду Першої світової війни, які, попри понад сторічний термін, усе ще становлять небезпеку. Отже, будь-які джерела даних за відсутності альтернатив можна розглядати як актуальні.

Перші спроби залучення ГІС-засобів і навігаційного обладнання ГНСС для оброблення та аналізу просторової інформації у протимінній діяльності датуються початком 2000-х рр. Відтоді процеси прийняття рішень у ПМД у всьому світі дедалі більше залежать від інформації, що включає геопросторові дані. Використання ГІС у протимінній діяльності оптимізує процес вивільнення земель шляхом ефективного картографування та визначення пріоритетів зон ризиків, пов'язаних із мінами та ВНП.

Джерела геопросторових даних доволі різноманітні. Кожне з них відрізняється за способом одержання, детальністю, інформативністю, але, тим не менш, знаходить застосування на певних етапах або протягом усіх заходів ПМД.

Поява картографічних творів обумовлена передусім навігацією та дослідженнями. Проте вплив військових цілей (стратегії, логістики, розвідки) і військового застосування залишив вагомий слід у їхньому подальшому змістовному наповненні. *Карта* – традиційна форма опису географічних даних із двовимірним плоским зображенням точок, ліній і поверхонь та спільною опорною системою координат. Вона багата на зміст, просторові зв'язки між об'єктами на карті інтуїтивно зрозумілі, а категорії або атрибути об'єктів можна ідентифікувати й зобразити різними символами. Карта є важливим джерелом даних ГІС.

ДЗЗ безпосередньо не замінює традиційне ручне розмінування, а, радше, удосконалює етапи НТО та планування, допомагаючи картографувати великі території та визначати місця імовірної небезпеки. Дані ДЗЗ можуть оперативнo надавати просторову інформацію про одну й ту саму часову фазу, один і той самий діапазон, один і той самий масштаб і однакову точність у широкій області часу, а зондування з використанням БПЛА може швидко отримувати детальну інформацію на невеликій площі. Оснащення платформ ДЗЗ різними датчиками суттєво збільшує обсяг збирання геопросторових даних, що в поєднанні з методами геостатистики дає змогу моделювати мінні ризики й доповнювати відсутні дані для розмінування.

Збиранню даних польових вишукувань передують три етапи: камеральна підготовка за даними, одержаними переважно з джерел ДЗЗ (ортофотоплани, супутникові знімки тощо). Використання інструментальних польових вишукувань мінімізується у зв'язку з підвищеними ризиками, а також низькою економічною ефективністю і доволі обмеженою продуктивністю. Технологія ГНСС переміщує свій акцент на засоби дистанційного зондування і доповнює їх RTK-датчиками (напр. LiDAR або БПЛА загалом).

Дані різноманітних кадастрів станом на сьогодні в переважній більшості країн переведено в електронну форму, хоча в деяких аспектах повнота й актуальність таких даних доволі дискусійні, особливо якщо йдеться про віддалені й малозаселені постраждалі райони.

Інтернет може бути і джерелом інформації, і, водночас, інструментом для трансляції просторових даних. Зокрема, доступ і поширення кадастрових даних, а також створення open-source- та crowdsourcing-джерел важко уявити в режимі офлайн. До контенту, поширюваного в соціальних мережах, слід ставитися з особливою обережністю та піддавати його тривалій верифікації, адже засоби ШІ спроможні генерувати доволі якісні фотографічні зображення і тексти.

Одержання даних гідрометеорологічних спостережень можна організувати дистанційно шляхом вилучення актуальних даних із цифрових топографічних карт і планів або джерел глобальних моделей висот. Такі дані можна вважати похідними від аналізу цифрових моделей рельєфу. Спеціалізовані гідрологічні модулі в сучасних ГІС-засобах спроможні визначити низку гідрологічних параметрів (конфігурацію басейну, напрямок потоку, відстань стоку, довжину потоку, порядок водотоків, водозбірну площу тощо). Низка вебсервісів, реалізованих як геопортали, у режимі реального часу пропонують відкритий доступ до кліматичних параметрів у глобальному та локальному масштабах.

Літературні (текстові) дані. Документування встановлення мін – критично важливий процес, регульований військовими настановами й міжнародним гуманітарним правом. Нині добре задокументованим фактом є те, що регулярні армії рідко дотримуються власних стандартів встановлення мін. Мінування найчастіше відбувається хаотично, під тиском. В останні десятиліття переважні збройні угруповання були найбільш поширеними користувачами наземних мін. Логіка полягає в тому, що ці групи, стикаючись із сильнішим військовим супротивником, щоб подолати цю асиметрію, вдаються до нетрадиційних засобів і методів ведення війни, зокрема мінування. Для обох сторін дистанційна доставка наземних мін дає змогу їх розкидати в межах або за територією противника. Існує цілий спектр систем доставки, що використовують міномет, артилерію, гелікоптер або літак. За цих обставин маркування або картографування

неможливі, принаймні не з такою точністю, яка б надала їм будь-якої практичної цінності з погляду захисту цивільного населення або полегшення розмінування. Отже, наявність текстових записів украй рідкісна і дає змогу з'ясувати ситуацію виключно фрагментарно.

Статистичні дані. Неналежне звітування про інциденти призводить до суперечливої статистики, що перешкоджає кращому розумінню масштабів мінної проблеми та її постійного впливу. Державна звітність щодо жертв серед цивільного населення, пов'язаних із ПМД, активно ведеться як частина програм ПМД, але звітність залишається неповною через неможливість охоплення або одержання доступу до всіх районів країни. У деяких випадках звітність є неповною через характер процедур збирання даних і занадто велику "свободу" для авторів, які фіксують інциденти. Ця проблема більш детально проілюстрована в тематичних дослідженнях, де персонал із ПМД може вводити низку довільних термінів і пояснень до звіту про жертву або інцидент, що ускладнює подальше виділення агрегованої статистики щодо протимінної діяльності з національної бази даних.

Метадані важливі з огляду на забезпечення контексту і структури будь-яких даних, що полегшує їх пошук, керування та розуміння. Це має вирішальне значення для якості даних, управління, безпеки та інтеграції, а також допомагає забезпечити їхню доступність, сумісність і повторне використання. З огляду на відсутність універсального методу розмінування, який зі 100 %-ю гарантією задовольняв би вимоги гуманітарного розмінування, поєднання різних за результативністю методів може наблизити до задовільного рівня розмінування територій, а метадані мають полегшити та пришвидшити процес взаємної інтеграції технологічних рішень.

Інфраструктури просторових даних системно об'єднують технології, правила, інституційні угоди, дані та фахівців для забезпечення спільного й ефективного застосування геопросторових даних. Вони стандартизують формати та протоколи доступу, роблячи геопросторові дані доступнішими та знижуючи витрати на їхнє створення і використання. Процеси прийняття рішень в усьому світі дедалі більше залежать від інформації, яка включає геопросторові дані, що охоплюють будь-які відомості щодо місцезнаходження або просторовий компонент. Масове поширення ШІ в останні роки демонструє пошук закономірностей і взаємозв'язків там, де людина навіть не припускала, що можуть бути нові знання. Поєднання можливостей ШІ та геопросторових даних, належно організованих в ІГД, полегшить розуміння складних наборів даних, тим самим допомагаючи розв'язати найгостріші проблеми людства, однією з яких є мінне забруднення територій.

Джерела фінансування. Це дослідження не отримало жодного гранту від фінансової установи в державному, комерційному або некомерційному секторах.

Список використаних джерел

- Верховна Рада України. (2018). *Про протимінну діяльність в Україні*. Закон України від 06.12.2018 № 2642-VIII. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2642-19#Text>
- Верховна Рада України. (2020). *Про національну інфраструктуру геопросторових даних*. Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>
- Довгий, С., Лялько, В., Бабійчук, С., Кучма, Т., Томченко, О., & Юрків, Л. (2019). *Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування*. Інститут обдарованої дитини НАПН України.
- Зацерковний, В., Тішаєв, І., Віршило, І., & Демидов, В. (2016). *Геоінформаційні системи в науках про Землю*. НДУ ім. М. Гоголя.
- Кабінет Міністрів України. (2021). *Про утворення Національного органу з питань протимінної діяльності*. Постанова від 10.11.2021 № 1207. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1207-2021-п#Text>

- Карпінський, Ю. О., & Лазоренко-Гевель, Н. Ю. (2018) Методи збору геопросторових даних для топографічного картографування. *Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва*, 1(35), 204–211. <http://gki.com.ua/ua/metodi-zbirannja-geoprostorovih-danih-dlja-topograficnogo-kartografuvannja>
- Карпінський, Ю., Лященко, А., & Лазоренко-Гевель, Н. (2021). *Стандартизація географічної інформації*. КНУБА. https://library.knuba.edu.ua/books/15_1_21_3.pdf
- Карпінський, Ю., Лященко, А., Лазоренко, Н., & Кін, Д. (2023). *Основи створення інтегрованих геопросторових даних*. КНУБА. https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/maket_r1-5_25_05_2023.pdf
- Мороз, С., Онопрієнко, В., & Бортник, С. (1997). *Методологія географічної науки*. Заповіт.
- Barković, Đ., Zrinjski, M., & Žerjav, S. (2010). Geodetic works in demining procedure. In *10-th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM* (Vol. 10). Curran Associates, Inc. <https://www.proceedings.com/content/019/019960webtoc.pdf>
- Baudoin, Y., Acheroy, M., & Colon, E. (2003). Humanitarian demining: Sensor systems, mechanical and robotic systems. In *Int. Conf. Climbing and Walking Robots (CLAWAR)*. https://mecatron.rma.ac.be/pub/2003/CLAWAR03_Baudoin.pdf
- Gisslen, L., & Torne, A. (2015). A Semantic Approach to Information Management and Decision Support: An Application to Humanitarian Demining Operations. In *2015 European Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/eisic.2015.34>
- Hutsul, T., Khobzei, M., & Tkach, V. (2025). Optical methods for soil parameter analysis: a step forward in humanitarian demining. In C. Zenkova, & O. Angelsky (Eds.). *Correlation Optics (COR 2025)* (p. 32). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.3091678>
- Hutsul, T., Khobzei, M., Tkach, V., Krulikovskiy, O., Moisiuk, O., Ivashko, V., & Samila, A. (2024). Review of approaches to the use of unmanned aerial vehicles, remote sensing and geographic information systems in humanitarian demining: Ukrainian case. *Heliyon*, 10(7), e29142. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29142>
- Karpinsky, Yu. O., & Lazorenko-Hevel, N. Yu. (2018) Methods of Geospatial Data Collection for Topographic Mapping. *Modern Advances in Geodetic Science and Production*, 1(35), 204–211 [in Ukrainian]. <http://gki.com.ua/ua/metodi-zbirannja-geoprostorovih-danih-dlja-topograficnogo-kartografuvannja>
- Karpinsky, Yu., Lyashchenko, A., & Lazorenko-Hevel, N. (2021). *Standardization of geographic information*. КНУБА [in Ukrainian]. https://library.knuba.edu.ua/books/15_1_21_3.pdf
- Karpinsky, Yu., Lyashchenko, A., Lazorenko, N., & Kin, D. (2023). *Fundamentals of creating interoperable geospatial data*. КНУБА [in Ukrainian]. https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/maket_r1-5_25_05_2023.pdf
- Kim, C. (2009). Spatial data mining, geovisualization. In *Elsevier eBooks* (pp. 332–336). <https://doi.org/10.1016/b978-008044910-4.00526-5>
- Kostelnick, J. C., Dobson, J. E., Egbert, S. L., & Dunbar, M. D. (2008). Cartographic symbols for humanitarian demining. *The Cartographic Journal*, 45(1), 18–31. <https://doi.org/10.1179/000870408x276585>
- Krtalić, A. (2012, June 30). *Tematske karte u humanitarnom razminiranju*. <https://hrcak.srce.hr/85962>
- Kruijff, M., Eriksson, D., Bouvet, T., Griffiths, A., Craig, M., Sahli, H., González-Rosón, F. V., Willekens, P., & Ginati, A. (2012). Space assets for demining assistance. *Acta Astronautica*, 83, 239–259. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2012.08.016>
- Lacroix, V. (2017). PARADIS: Information Management for Mine Action. In *Tech eBooks*. <https://doi.org/10.5772/65781>
- Lanclos, R., & Cottray, O. (2022, April 12). Ukraine: The HALO Trust Maps Landmines and Explosive Remnants of War. *ESRI Blog*. <https://www.esri.com/about/newsroom/blog/halo-trust-maps-ukraine-explosive-remnants>
- Martyn, A., & Kolosa, L. (2024). Assessing the impact of wartime conditions on the land surveying industry in Ukraine: Adaptation, challenges, and recovery strategies. *Baltic Surveying*, 53–60. <https://doi.org/10.22616/j.balticsurveying.2024.19.007>
- Mathewson, A. (2022). Open-Source research and mapping of explosive ordnance contamination in Ukraine. *JMU Scholarly Commons*, 26(1), 3. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/3>
- Mladineo, N., & Knezic, S. (2003). Decision support system for demining waterways. *JMU Scholarly Commons*, 7(3), 18. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol7/iss3/18>
- Nikulin, A., De Smet, T. S., Baur, J., Frazer, W. D., & Abramowitz, J. C. (2018). Detection and Identification of Remnant PFM-1 'Butterfly Mines' with a UAV-Based Thermal-Imaging Protocol. *Remote Sensing*, 10(11), 1672. <https://doi.org/10.3390/rs10111672>
- Riza, A., & Mathewson, A. (2024). The prioritization of survey through Open-Source research in Ukraine. *JMU Scholarly Commons*, 28(2), 5. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol28/iss2/5/>
- Selmy, S. A., Kuche, D. E., & Yang, Y. (2024). Geospatial Data: acquisition, applications, and challenges. In *IntechOpen eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1006635>
- Svenningsen, S. R. (2016). Mapping the Nation for War: Landscape in Danish military cartography 1800–2000. *Imago Mundi*, 68(2), 196–211. <https://doi.org/10.1080/03085694.2016.1171487>
- Torbet, N., & Thompson, P. (2017). 21-st Century Survey in Eastern Ukraine and the Use of Technology in Insecure Environments. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 21(2), Article 6. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/6/>
- Tykhenko, O., Martyn, A., Tykhenko, R., & Openko, I. (2025). Cadastral accounting of land polluted as a result of military operations in Ukraine. *Engineering for Rural Development*, 24. <https://doi.org/10.22616/erdev.2025.24.tf057>
- United Nations Mine Action Service (UNMAS). (2019). *Information management in mine action* (IMAS 05.10).
- References**
- Barković, Đ., Zrinjski, M., & Žerjav, S. (2010). Geodetic works in demining procedure. In *10-th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM* (Vol. 10). Curran Associates, Inc. <https://www.proceedings.com/content/019/019960webtoc.pdf>
- Baudoin, Y., Acheroy, M., & Colon, E. (2003). Humanitarian demining: Sensor systems, mechanical and robotic systems. In *Int. Conf. Climbing and Walking Robots (CLAWAR)*. https://mecatron.rma.ac.be/pub/2003/CLAWAR03_Baudoin.pdf
- Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021). *On the Establishment of the National Mine Action Authority*. Resolution dated 10.11.2021 No. 1207 [in Ukrainian]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1207-2021-#Text>
- Dovgy, S., Lyalko, V., Babiychuk, S., Kuchma, T., Tomchenko, O., & Yurkiv, L. (2019). *Fundamentals of Remote Sensing of the Earth: History and Practical Application*. Institute of Gifted Children of the National Academy of Sciences of Ukraine [in Ukrainian].
- Gisslen, L., & Torne, A. (2015). A Semantic Approach to Information Management and Decision Support: An Application to Humanitarian Demining Operations. In *2015 European Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/eisic.2015.34>
- Hutsul, T., Khobzei, M., & Tkach, V. (2025). Optical methods for soil parameter analysis: a step forward in humanitarian demining. In C. Zenkova, & O. Angelsky (Eds.). *Correlation Optics (COR 2025)* (p. 32). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.3091678>
- Hutsul, T., Khobzei, M., Tkach, V., Krulikovskiy, O., Moisiuk, O., Ivashko, V., & Samila, A. (2024). Review of approaches to the use of unmanned aerial vehicles, remote sensing and geographic information systems in humanitarian demining: Ukrainian case. *Heliyon*, 10(7), e29142. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29142>
- Karpinsky, Yu. O., & Lazorenko-Hevel, N. Yu. (2018) Methods of Geospatial Data Collection for Topographic Mapping. *Modern Advances in Geodetic Science and Production*, 1(35), 204–211 [in Ukrainian]. <http://gki.com.ua/ua/metodi-zbirannja-geoprostorovih-danih-dlja-topograficnogo-kartografuvannja>
- Karpinsky, Yu., Lyashchenko, A., & Lazorenko-Hevel, N. (2021). *Standardization of geographic information*. КНУБА [in Ukrainian]. https://library.knuba.edu.ua/books/15_1_21_3.pdf
- Karpinsky, Yu., Lyashchenko, A., Lazorenko, N., & Kin, D. (2023). *Fundamentals of creating interoperable geospatial data*. КНУБА [in Ukrainian]. https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/maket_r1-5_25_05_2023.pdf
- Kim, C. (2009). Spatial data mining, geovisualization. In *Elsevier eBooks* (pp. 332–336). <https://doi.org/10.1016/b978-008044910-4.00526-5>
- Kostelnick, J. C., Dobson, J. E., Egbert, S. L., & Dunbar, M. D. (2008). Cartographic symbols for humanitarian demining. *The Cartographic Journal*, 45(1), 18–31. <https://doi.org/10.1179/000870408x276585>
- Krtalić, A. (2012, June 30). *Tematske karte u humanitarnom razminiranju*. <https://hrcak.srce.hr/85962>
- Kruijff, M., Eriksson, D., Bouvet, T., Griffiths, A., Craig, M., Sahli, H., González-Rosón, F. V., Willekens, P., & Ginati, A. (2012). Space assets for demining assistance. *Acta Astronautica*, 83, 239–259. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2012.08.016>
- Lacroix, V. (2017). PARADIS: Information Management for Mine Action. In *Tech eBooks*. <https://doi.org/10.5772/65781>
- Lanclos, R., & Cottray, O. (2022, April 12). Ukraine: The HALO Trust Maps Landmines and Explosive Remnants of War. *ESRI Blog*. <https://www.esri.com/about/newsroom/blog/halo-trust-maps-ukraine-explosive-remnants>
- Martyn, A., & Kolosa, L. (2024). Assessing the impact of wartime conditions on the land surveying industry in Ukraine: Adaptation, challenges, and recovery strategies. *Baltic Surveying*, 53–60. <https://doi.org/10.22616/j.balticsurveying.2024.19.007>
- Mathewson, A. (2022). Open-Source research and mapping of explosive ordnance contamination in Ukraine. *JMU Scholarly Commons*, 26(1), 3. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/3>
- Mladineo, N., & Knezic, S. (2003). Decision support system for demining waterways. *JMU Scholarly Commons*, 7(3), 18. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol7/iss3/18>
- Nikulin, A., De Smet, T. S., Baur, J., Frazer, W. D., & Abramowitz, J. C. (2018). Detection and Identification of Remnant PFM-1 'Butterfly Mines' with a UAV-Based Thermal-Imaging Protocol. *Remote Sensing*, 10(11), 1672. <https://doi.org/10.3390/rs10111672>
- Riza, A., & Mathewson, A. (2024). The prioritization of survey through Open-Source research in Ukraine. *JMU Scholarly Commons*, 28(2), 5. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol28/iss2/5/>
- Selmy, S. A., Kuche, D. E., & Yang, Y. (2024). Geospatial Data: acquisition, applications, and challenges. In *IntechOpen eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1006635>
- Svenningsen, S. R. (2016). Mapping the Nation for War: Landscape in Danish military cartography 1800–2000. *Imago Mundi*, 68(2), 196–211. <https://doi.org/10.1080/03085694.2016.1171487>
- Torbet, N., & Thompson, P. (2017). 21-st Century Survey in Eastern Ukraine and the Use of Technology in Insecure Environments. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 21(2), Article 6. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/6/>
- Tykhenko, O., Martyn, A., Tykhenko, R., & Openko, I. (2025). Cadastral accounting of land polluted as a result of military operations in Ukraine. *Engineering for Rural Development*, 24. <https://doi.org/10.22616/erdev.2025.24.tf057>

United Nations Mine Action Service (UNMAS). (2019). *Information management in mine action* (IMAS 05.10).

Verkhovna Rada of Ukraine. (2018). *On Mine Action in Ukraine*. Law of Ukraine dated 06.12.2018 No. 2642-VIII [in Ukrainian]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2642-19#Text>

Verkhovna Rada of Ukraine. (2020). *On the National Geospatial Data Infrastructure*. Law of Ukraine dated 13.04.2020 No. 554-IX [in Ukrainian]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text>

Taras HUTSUL, PhD (Engin.), Assoc. Prof.

ORCID ID: 0000-0002-7192-3289

e-mail: t.gutsul@chnu.edu.ua

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Zatserkovny, V., Tishayev, I., Virshylo, I., & Demidov, V. (2016). *Geoinformation Systems in Earth Sciences*. M. Gogol National State University [in Ukrainian].

Отримано редакцією журналу / Received: 03.12.25

Прорецензовано / Revised: 16.12.25

Схвалено до друку / Accepted: 19.02.26

Опубліковано / Published: 30.03.26

GEOSPATIAL DATA IN HUMANITARIAN TERRITORY CLEARANCE: SIGNIFICANCE, CLASSIFICATION AND POSSIBLE APPLICATION AT DIFFERENT STAGES

Background. Information is vital for effective management of mine action programmes (MAPs). Data collection is lengthy and responsible stage. The established practice of preparing information by modern specialists indicates an approximate ratio of 80 % of time spent on collecting and coordinating data and only 20 % on analysing it. Completeness and accuracy of data will increase the success of MAPs, as its planning and implementation will be based on facts. There is limited amount of literature on data collection for field MAPs operations, with some recommendations provided in the IMAS 05.10 International Standards. The trend in recent years has been towards the increased use of new integrated approaches to information management and data collection, as well as more sophisticated detection and remote sensing (RS) systems. Geospatial data, geographic information systems (GIS), and even geospatial data infrastructure (GDI) geoportals are usually associated with the ability to obtain and view electronic maps. The key purpose and meaning of the effective use of geospatial data and GIS lies in the ability to model the territory, taking into account the interaction of objects and phenomena in the space-time dimension. Thus, the MAPs sector is acquiring more technological solutions to avoid risks when clearing land mines in difficult terrain conditions.

Methods. Preparation of analytical data is the first stage of the MAPs research process, which forms the basis for a detailed analysis of explosive objects (EOs) in accordance with existing records of mine and explosive obstacles and with the help of other information related to their location in a certain way. Analytical work involves a series of sequential procedures for studying data and cases, analysing, comparing, systematising and gradually integrating them into a comprehensive reconstruction of the mine contamination of the territory. The study is based on the analysis of regulatory documents, systematization of sources, and comparison of their application at the stages of MAPs.

Results. The classification of geospatial data sources is presented. The peculiarities of their use at different stages of humanitarian demining of territories are revealed. The advantages and disadvantages of each data type are identified. Regulatory support and recommendations for collecting geospatial data in humanitarian demining of territories are analysed.

Conclusions. Geospatial data is fundamental to humanitarian demining and provides the basis for GIS analysis and modelling: from initial survey and risk assessment to operational planning, clearance and post-action impact analysis. Such data enables organisations to accurately map, prioritise and effectively manage hazardous demining work.

Keywords: geospatial data, GIS, humanitarian demining, stages of demining, metadata, mine contamination.

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у збиранні, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The author declares no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.