

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОБОТИ З ТОПОГРАФІЧНИМИ КАРТАМИ НА ОСНОВІ ГЕОПОРТАЛУ ЗСУ

Обґрунтовано важливість автоматизації процесів роботи з топографічними картами для підвищення ефективності та оперативності планування військових та оперативних цілей Збройних Сил України. У статті розглянуто функціональні можливості Геопорталу ЗСУ щодо інтеграції, актуалізації та використання цифрових картографічних матеріалів. Особлива увага приділяється методологічним аспектам застосування геоінформаційних систем (ГІС), супутникових знімків та даних з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для створення та оновлення топографічної інформації в умовах сучасних викликів.

Ключові слова: Геопортал ЗСУ, топографічні карти, геоінформаційні системи (ГІС), автоматизація, військова картографія, цифрова картографія.

Abstract:

Taras KRAVETS. AUTOMATION OF TOPOGRAPHIC MAP PROCESSING BASED ON THE AFU GEO-PORTAL

The purpose The purpose of this article is to analyze the possibilities of automating work with topographic maps using the AFU Geo-Portal. The study examines the functional capabilities of the Geo-Portal for integrating, updating, and utilizing digital cartographic materials in military and operational applications. The main objectives include studying algorithms for automating cartographic analysis, the use of geographic information systems (GIS), satellite imagery, and unmanned aerial vehicle (UAV) data for the creation and updating of topographic materials. The impact of modern technologies on increasing the accuracy and efficiency of decision-making in military operations is also analyzed.

Methodology. The research is based on the analysis of the technical capabilities of the AFU Geo-Portal, an overview of modern GIS solutions, and satellite technologies. The legislative and regulatory framework governing the creation and use of digital topographic data is reviewed. A comparison of traditional cartographic methods and automated approaches implemented through the Geo-Portal is conducted. The study explores the integration of cartographic data, the development of digital terrain models, visibility field calculations, and directional angle computations. GIS systems, including ArcGIS, are analyzed for their role in generating digital terrain models that significantly improve the accuracy of military cartographic analysis.

Results. The study confirms the effectiveness of the AFU Geo-Portal in automating work with topographic maps. The use of digital GIS solutions reduces errors that occur in manual updates of cartographic materials. It was found that combining satellite imagery, aerial photography, and UAV data enhances data accuracy. The functional capabilities of the AFU Geo-Portal enable the rapid generation of digital terrain models, the calculation of key cartographic analysis parameters, and the integration of information from various sources into a unified cartographic space. The implementation of automated tools significantly shortens the preparation time for topographic data and improves the accuracy of military planning. The research confirms that the AFU Geo-Portal can generate seamless digital topographic maps, facilitating the timely updating of cartographic information for military units. The integration of satellite data ensures continuous terrain monitoring. The use of advanced image processing algorithms allows automatic detection of terrain changes and their integration into digital terrain models. This improves tactical decision-making and optimizes troop deployment in real combat conditions.

The scientific novelty of this study lies in the justification of the effectiveness of the AFU Geo-Portal for automated cartographic analysis. For the first time, a comprehensive study of the integration of various sources of geospatial data for military applications has been conducted. Key methods for automating work with cartographic materials and their future development prospects are identified. The study proposes approaches to the use of digital maps with machine learning algorithms for analyzing terrain changes.

Practical Significance. The study results can be used by military units for the rapid processing and updating of cartographic data in real time. The AFU Geo-Portal enables: Automation of the cartographic data update process. Use of satellite and aerial imagery to improve data quality. Calculation of visibility fields and other critical parameters of topographic analysis. Optimization of military planning processes through the integration of up-to-date cartographic data. Integration of cartographic data with other military information systems, enhancing situational awareness for military units. Thus, the automation of topographic map processing using the AFU Geo-Portal significantly improves the accuracy, speed, and efficiency of cartographic analysis. Further research may focus on enhancing the functional capabilities of the Geo-Portal and integrating it with other military information systems. The proposed approach will contribute to the further development of military cartography and the effective management of territorial data in real combat scenarios.

Key words: AFU Geo-Portal, geographic information systems (GIS), digital terrain models, satellite imagery, cartographic process automation, military cartography, seamless digital maps, geospatial data integration

Постановка науково-практичної проблеми. Автоматизація роботи з топографічними картами у військовому контексті має низку ва-

жливих аспектів, що потребують уваги та вдосконалення. По-перше, точність топографічних карт відіграє ключову роль у плануванні та ви-

конанні військових операцій. Розбіжності в даних або їх застарілість можуть призводити до помилок у визначенні місцеположення об'єктів, спотворення рельєфу місцевості та похибок у розрахунках відстаней. Це ускладнює ухвалення тактичних рішень, особливо при топогеодезичній прив'язці пунктів, спостережних постів і бойових позицій, а також визначенні координат цілей у динамічних бойових умовах.

По-друге, сучасні виклики війни, зокрема швидкі зміни місцевості через бойові дії, вимагають оперативного оновлення картографічних матеріалів. Відсутність комплексного підходу до оновлення даних із використанням супутникових знімків, даних із дронів і ГІС призводить до уповільнення реакції військових підрозділів на зміни в бойовій обстановці. Оновлення в реальному часі є критично важливим для забезпечення ситуаційної обізнаності та ефективності управління військами.

По-третє, автоматизація процесу створення та корекції карт із використанням сучасних технологій залишається складним завданням. Традиційні методи не завжди відповідають потребам оперативного оновлення карт у реальному часі, що є критично необхідним у сучасних умовах війни. Відсутність автоматизованої обробки геопросторових даних призводить до застарілих або неповних карт, які не відображають актуального стану місцевості.

По-четверте, зручність використання топографічних карт військовими підрозділами залишається нагальною проблемою. Застарілі форми карт і відсутність цифрових моделей рельєфу ускладнюють інтерактивну роботу з ними. Військовослужбовці потребують доступу до інтегрованих геопорталів, що дозволяють виконувати аналіз місцевості, розраховувати зони видимості та планувати маршрути. Без цих можливостей ефективність тактичних операцій може значно знижуватися.

Таким чином, автоматизація роботи з топографічними картами потребує комплексного підходу, що включає застосування сучасних геоінформаційних технологій, інтеграцію даних із дронів і супутників, а також автоматизацію оновлення картографічних матеріалів. Розробка інструментів для їх ефективного використання у військових операціях сприятиме підвищенню точності та швидкості прийняття рішень, що є критично важливим у бойових умовах. Вирішення цих завдань через Геопортал ЗСУ забезпечить вищий рівень геопросторової розвідки та оперативної ефективності військових підрозділів у умовах.

Актуальність і новизна дослідження.
Мета статті. Метою цієї статті є аналіз можли-

востей автоматизації роботи з топографічними картами за допомогою Геопорталу ЗСУ та оцінка ефективності його використання для підвищення точності та актуальності картографічних матеріалів. Основна увага приділяється дослідженню методів інтеграції даних із супутників, дронів та інших цифрових джерел у єдину геоінформаційну систему, що сприяє швидкому оновленню топографічної інформації. Досліджуються технологічні аспекти автоматизованого оброблення картографічних даних, зокрема створення цифрових моделей рельєфу, розрахунок полів видимості та оптимізація маршрутів у військовому середовищі. Крім того, стаття спрямована на визначення переваг використання Геопорталу ЗСУ для оперативного доступу до картографічних ресурсів, що підвищує ефективність прийняття рішень у бойових умовах та забезпечує інтеграцію сучасних картографічних інструментів у військову практику. Використання автоматизованих систем дозволяє значно покращити точність, оперативність і зручність роботи з топографічними картами в умовах ведення бойових дій.

Зв'язок теми статті з важливими науково-практичними завданнями. Стаття безпосередньо пов'язана з актуальними науково-практичними завданнями в рамках розвитку сучасної військової картографії, геоінформаційних систем та забезпечення потреб оборони України. В умовах швидкоплинних бойових дій та гібридних загроз, що зумовлені сучасними геополітичними викликами, автоматизація процесів роботи з топографічними картами є критично важливим процесом для забезпечення національної безпеки та ефективної обороноздатності держави.

Застосування геоінформаційних систем та розробка Геопорталу ЗСУ, що розглядається в дослідженні, дозволяє комплексно вирішити проблему оперативного отримання, оновлення та використання просторових даних. Зокрема, аналіз функціональних можливостей Геопорталу щодо інтеграції супутникових знімків, даних з БПЛА та цифрових моделей рельєфу допомагає оптимізувати процес картографічного забезпечення військ і забезпечити більш ефективне реагування на оперативні та тактичні завдання. Крім того, цей підхід сприяє розвитку інструментів для наукового обґрунтування заходів щодо підвищення ситуаційної обізнаності та адаптації військових структур до нових реалій сучасних геопросторових умов.

Наукова значущість дослідження полягає у вдосконаленні методів автоматизації створення та оновлення топографічних карт через призму сучасних ГІС-технологій, що сприяє точні-

шому плануванню операцій та забезпеченню практичної готовності до них. Практична цінність статті полягає у створенні основ для розробки нових концептуальних і методологічних підходів до управління геопросторовими даними у військовій сфері, що дозволяє враховувати не лише військові, але й географічні та технологічні реалії, необхідні для забезпечення ефективного захисту країни в умовах швидко змінюваного середовища та високої інтенсивності бойових дій.

Таким чином, дослідження можливостей автоматизації роботи з топографічними картами за допомогою Геопорталу ЗСУ є важливим науково-практичним завданням, яке дозволяє зробити значний внесок у розвиток сучасної військової стратегії та безпеки, забезпечуючи війська актуальною та точною геопросторовою інформацією.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на наявні дослідження та значний прогрес у розвитку геоінформаційних систем, присвячені аналізу територіального розподілу військових об'єктів та їхнього стратегічного значення, багато аспектів автоматизації роботи з топографічними картами залишаються недостатньо вирішеними. Однією з таких проблем є інтеграція та оперативне оновлення різнорідних геопросторових даних, які дозволяють оцінювати не лише статичні територіальні характеристики, а й динамічні зміни на місцевості, що впливають на планування та хід військових операцій. Актуальність застосування комплексних методів збору, обробки та візуалізації географічної інформації зростає, оскільки необхідно враховувати як природні, так і антропогенні чинники, які визначають ефективність дій підрозділів.

Іншою невирішеною частиною проблеми є недостатня увага до забезпечення безперервної актуалізації топографічних матеріалів в умовах сучасних безпекових викликів. В умовах постійної загрози з боку збройного конфлікту та швидкої зміни тактичної обстановки військова сфера потребує оперативної адаптації до нових умов. Існуючі традиційні методи картографічного забезпечення часто не враховують необхідність миттєвої перебудови системи збору та обробки даних з урахуванням динаміки бойових дій, що ускладнює планування і зменшує ефективність стратегічного та тактичного розміщення сил.

Крім того, бракує комплексних досліджень та практичних рішень, які б об'єднували різні рівні аналізу геопросторових даних – від національного до локального тактичного рівня. Більшість наявних інструментів зосереджені на

загальних стратегічних аспектах або, навпаки, на вузьких тактичних задачах, тоді як інтегроване використання даних з різних джерел (супутникові знімки, БПЛА, наземні дані) для створення єдиного, актуального та доступного картографічного простору залишається викликом. Відтак, існує потреба у створенні нових підходів, які б дозволили ефективно автоматизувати всі етапи роботи з топографічними картами, інтегруючи геопросторовий аналіз та інформацію з усіх доступних джерел.

Таким чином, актуальним є розробка комплексної методики, яка б поєднувала автоматизацію процесів роботи з топографічними картами із сучасними інструментами геоінформаційного моделювання та геопортальних технологій. Така методика дозволить не лише здійснити аналіз поточного стану картографічного забезпечення, але й запропонувати оптимальні сценарії його розвитку з урахуванням сучасних викликів і потреб оборонної стратегії України.

Аналіз останніх досліджень за темою дослідження. Проблема автоматизації роботи з топографічними картами активно досліджується у вітчизняних і зарубіжних джерелах. Основи топографо-геодезичних робіт регламентовані у Законі України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» [1], проте в ньому не враховано сучасні виклики, зокрема необхідність цифровізації та автоматизації роботи з картографічними матеріалами у військовій сфері.

Значний внесок у дослідження автоматизації картографічних процесів зроблено у працях, присвячених геоінформаційним системам та дистанційному зондуванню [2]. У цих роботах розглянуто можливості ГІС для аналізу територій, проте аспекти інтеграції різних джерел даних, зокрема супутникових знімків та БПЛА, залишаються недостатньо висвітленими.

У підручниках із військової топографії [3] викладено основи створення та використання карт у бойових умовах, однак вони не містять аналізу сучасних цифрових методів оновлення картографічної інформації. У той же час дослідження іноземних авторів [4] висвітлюють питання автоматизації топографічних процесів на основі машинного навчання та 3D-моделювання рельєфу. Проте ці дослідження здебільшого орієнтовані на цивільне використання і не враховують специфіку військових потреб.

Деякі аспекти автоматизації оновлення карт розглянуто в роботах [5], однак у них бракує комплексного підходу, що включав би інтеграцію ГІС, супутникових даних та інструментів Геопорталу для військових підрозділів.

Wolf, Paul R. у праці "Elements of Photog-

rammetry with Applications in GIS" аналізує методи фотограмметрії та їх інтеграцію з ГІС для забезпечення точного картографування, що має безпосереднє застосування у військовій сфері [6].

Ghilani, Charles D. у праці "Adjustment Computations: Spatial Data Analysis" досліджує методи обробки геодезичних даних, включаючи розрахунки в різних координатних системах, що є важливим для автоматизованого оновлення картографічних матеріалів [7].

Campbell, James B. у книзі "Introduction to Remote Sensing" розглядає технології дистанційного зондування та їхній вплив на оновлення топографічних карт, що актуально для автоматизації роботи з картами у військовому середовищі [8]. Не винятком є і інші закордонні вчені [9, 10], проте про аналог геопорталу в їх дослідженнях не обгрунтовано.

На законодавчому рівні автоматизація роботи з картографічними матеріалами регулюється Порядком загальнодержавного топографічного і тематичного картографування [11], який визначає основи створення та підтримки картографічної інформації. Водночас Порядок створення та функціонування бази топографічних даних [12] передбачає впровадження цифрових методів оновлення та інтеграції геопросторових даних. Це забезпечує підвищення точності картографічних матеріалів та їх оперативне використання в умовах військових операцій.

Отже, незважаючи на значну кількість досліджень, питання автоматизації роботи з топографічними картами, їх оновлення та інтеграції з сучасними геоінформаційними технологіями у військовому контексті залишаються недостатньо вивченими. Необхідно розробити комплексні підходи, які б забезпечили точність, оперативність та ефективність використання картографічних матеріалів у військових операціях через Геопортал ЗСУ.

Виклад основного матеріалу. Автоматизація роботи з топографічними картами є важливим напрямом розвитку військової картографії, оскільки забезпечує підвищення точності, оперативності та зручності використання картографічних матеріалів у бойових умовах. Геопортал ЗСУ є сучасним інструментом для інтеграції, оновлення та аналізу геопросторових даних, що дозволяє значно оптимізувати процеси картографічного забезпечення військових підрозділів.

Традиційні методи роботи з топографічними картами, зокрема паперові носії, мають низку недоліків, серед яких тривалий процес оновлення, фізичне зношення та складність інтеграції з іншими даними. Використання Гео-

порталу ЗСУ дозволяє автоматизувати ці процеси завдяки цифровому формату збереження даних, швидкому оновленню картографічної інформації та інтеграції різних джерел даних, включаючи супутникові знімки, дані БПЛА та геодезичні виміри.

Геопортал ЗСУ надає військовим користувачам широкий спектр інструментів для автоматизації роботи з картами, серед яких: генерування топографічних карт на основі запиту користувача, що дозволяє створювати актуальні карти необхідних ділянок місцевості без необхідності роботи з кількома аркушами паперових карт; інтеграція даних з різних джерел – об'єднання супутникових знімків, лазерного сканування та інформації з безпілотних літальних апаратів для підвищення точності картографічних матеріалів; розрахунок аналітичних параметрів – визначення зон видимості, оцінка рельєфу та розрахунок оптимальних маршрутів для підрозділів; автоматизоване оновлення картографічних даних – забезпечення оперативного реагування на зміни місцевості, що є критично важливим у військових операціях; цифрові моделі рельєфу – створення високоточних 3D-моделей місцевості, що дає змогу проводити детальний аналіз бойового середовища.

Використання Геопорталу ЗСУ для роботи з топографічними картами забезпечує низку переваг: підвищення точності картографічних матеріалів за рахунок інтеграції даних з високоточних цифрових джерел; швидкість оновлення – можливість оперативного внесення змін і оновлення карт без необхідності друку нових версій; доступність інформації – можливість швидкого доступу до актуальних карт для військових підрозділів у польових умовах; зручність використання – відсутність необхідності фізичного склеювання окремих аркушів карт, що спрощує навігацію та планування; зниження ризику помилок – автоматизація процесів усуває людський фактор у підготовці та оновленні картографічних матеріалів.

Отже, автоматизація роботи з топографічними картами на основі Геопорталу ЗСУ є важливим кроком у модернізації військової картографії. Це сприяє підвищенню ефективності військового планування, точності навігації та оперативному оновленню картографічних даних, що в цілому покращує бойову готовність і можливості управління військами в умовах конфліктів.

Сучасні підходи до вирішення проблеми полягають у використанні географічних інформаційних систем, що дозволяють об'єднувати дані з різних джерел, виконувати аналіз даних та створювати інтерактивні карти. Використан-

ня супутникових знімків дозволяє отримувати актуальну інформацію про місцевість та уточнювати дані, що містяться на картах. Дрони можуть використовуватися для створення високодетальних цифрових моделей місцевості, що дозволяє виявляти та виправляти неточності на

картах.

Важливо розуміти, що проблема стику карт є складною і вимагає комплексного підходу. Постійне вдосконалення технологій та методик дозволяє досягати все більшої точності картографічних матеріалів.

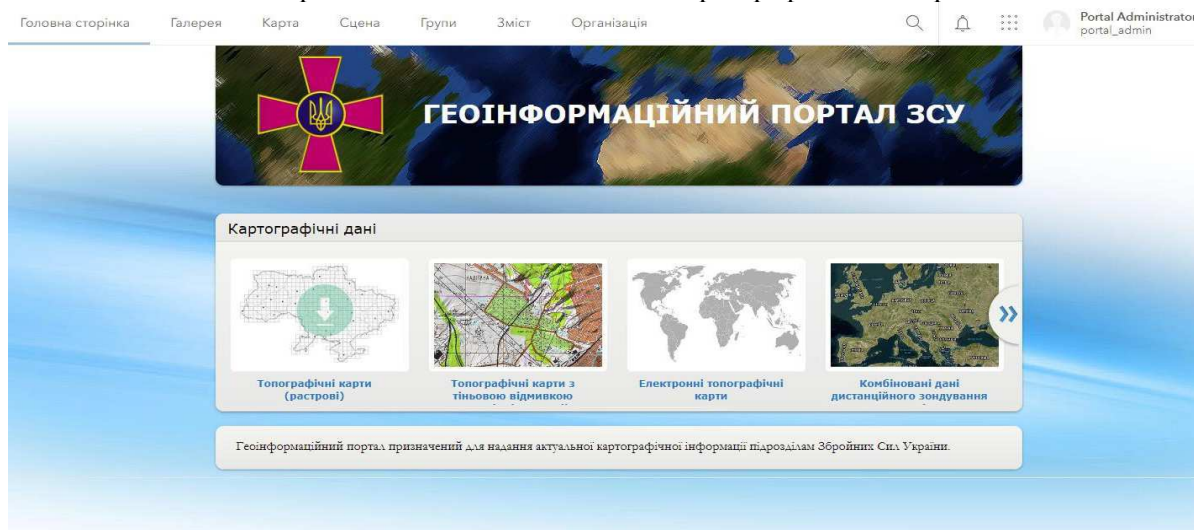


Рисунок 1. Геоінформаційний портал для надання актуальної картографічної інформації підрозділам Збройних Сил України

Одним з найперспективніших напрямків для уникнення цієї проблеми є використання програмного забезпечення ArcGIS, яке знаходиться на озброєнні військових частин ТС ЗС України, а саме одного з компонентів ArcGIS for Server.

Portal for ArcGIS, який забезпечує доступ до карт, сцен, додатків та іншої геопросторової інформації для різних користувачів, дало можливість розгорнути Геоінформаційний портал ТС ЗСУ (далі - геопортал), використання якого дозволяє вирішувати завдання зі своєчасного доведення геопросторової інформації до кінцевого споживача при мінімальних витратах часу. Тобто кінцевий споживач має доступ до актуальної інформації, яка викладена на геопорталі, в будь-який час та забезпечує користувачів засобами та сервісами зберігання, пошуку, візуалізації, завантаження географічних даних (Рис. 1).

На геопорталі розміщуються бази даних як із векторною, так і з растровою інформацією. За допомогою portalу, будь-який користувач має можливість без спеціалізованого програмного забезпечення не лише переглядати, але й завантажувати геопросторову інформацію. На геопорталі розміщені найсвіжіші готові до видання номенклатурні аркуші топографічної карти у вигляді набору мозаїки. Користувач, який буде мати доступ до даного сервісу, зможе з легкістю завантажити всі номенклатурні листи на потрібну йому територію за декілька секунд; зможе оглянути будь-яку необхідну йому тери-

торію, яка буде покрита масивом ортотрансформованих космічних знімків, а також розрахувати місцезнаходження об'єктів, відстані та дирекційні кути, зробити фотосхему, визначити профіль місцевості або прорахувати поля видимості на завдану територію.

Інтерфейс portalу являє собою сторінку веб-сайту. Відкрити геопортал можливо як за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення ArcMap, так і за допомогою звичайного веб-браузера

На сьогоднішній день на геопорталі розміщені 7 веб-додатків з векторною і з растровою інформацією:

- Топографічні карти (растрові).
- Топографічні карти з тіньовою відмінкою рельєфу (растрові).
- Електронні топографічні карти.
- Комбіновані дані дистанційного зондування Землі.
- Мультимасштабна географічна модель.
- 3D-моделі місцевості.
- Навігаційні дані.

Веб-додаток Топографічні карти (растрові) дозволяє викачувати весь масштабний ряд (від 1:1 000 000 до 1:25 000) електронних та растрових топографічних карт та плани міст в потрібних форматах (TIF, pdf, jpeg) (Рис. 2).

За допомогою колеса прокручування миші можна змінювати масштабні ряди та обрати необхідну номенклатуру. Після того як користувач побачив бажану номенклатуру, необхідно натиснути на неї лівою кнопкою миші та в

спливаючому вікну викачати прикріплений файл на свій комп'ютер (Рис. 2).

Інший веб-додаток Топографічні карти з тіньовою відмивкою рельєфу (растрові) дозволяє викачувати аркуші карт з відмивкою рельєфу різного масштабу. Веб-додаток Електронні топографічні карти дозволяє використовувати картографічний сервіс, створений з набору векторних даних різних масштабів (починаючи з масштабу 1:10 000 000 та закінчуючи планами міст). Він також надає можливість вимірювання відстані, площі, дирекційних кутів на карті,

створювати профіль місцевості та обчислювати області видимості (по тому ж принципу, що й на веб-додатку Комбіновані дані дистанційного зондування Землі). Також, у даному веб-додатку можливо виконувати сервіс Друк, використовуючи інструкцію з сервісу Комбіновані дані дистанційного зондування Землі.

Веб-додаток Комбіновані дані дистанційного зондування Землі містить в собі ряд космічних знімків та матеріалів аерофотознімання на які накладено допоміжні векторні шари, такі як дороги, підписи населених пунктів і т.д.

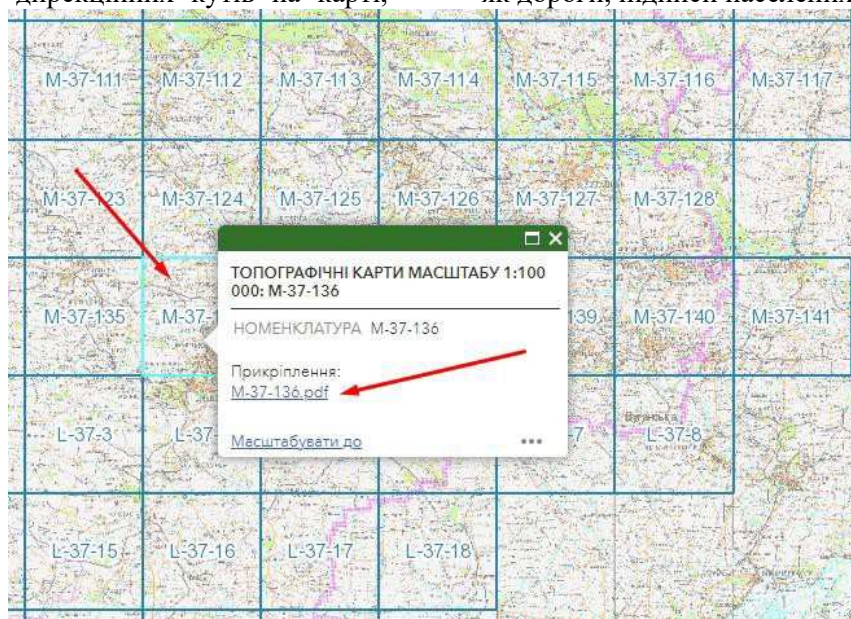


Рисунок 2. Скачування топографічних карт за вказаною номенклатурою

Для запуску інструменту Вимірювання необхідно натиснути на віджет в нижній частині екрану. Завершення вимірювання вико-

нується подвійним кліком миші. Даний веб-додаток дозволяє вимірювати площу (Рис. 3).

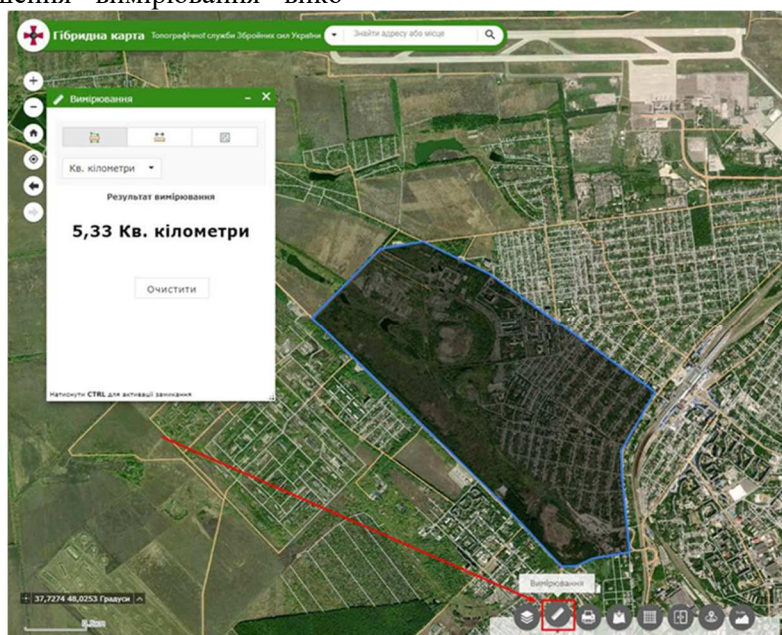


Рисунок 3. Вимірювання площі у Геопорталі

Також за допомогою веб-додатку Комбіновані дані дистанційного зондування Землі можна інтерактивно створювати профіль місце-

вості, побудувавши лінію на карті. Для цього необхідно запустити віджет Профіль в нижній частині екрану (Рис. 4). Після цього необхідно

позначити дві точки на карті і по лінії, яка їх сполучає, буде побудовано профіль рельєфу (Рис. 4).

Наступний віджет має назву Видимість. Він розташований також в нижній частині екрану. Даний віджет обчислює області видимості, враховуючи висоту спостерігача та відстань, на яку потрібно виконати аналіз. У допоміжному вікні необхідно поставити точку, від якої

буде робитися аналіз. Після цього необхідно задати необхідні параметри та натиснути на кнопку Створити і через деякий час ми отримаємо результат.

Віджет Друк дозволяє створювати фото-схеми на необхідні ділянки місцевості. Для цього необхідно наблизитися до потрібної ділянки місцевості і натиснути на кнопку віджету Друк (Рис. 5).

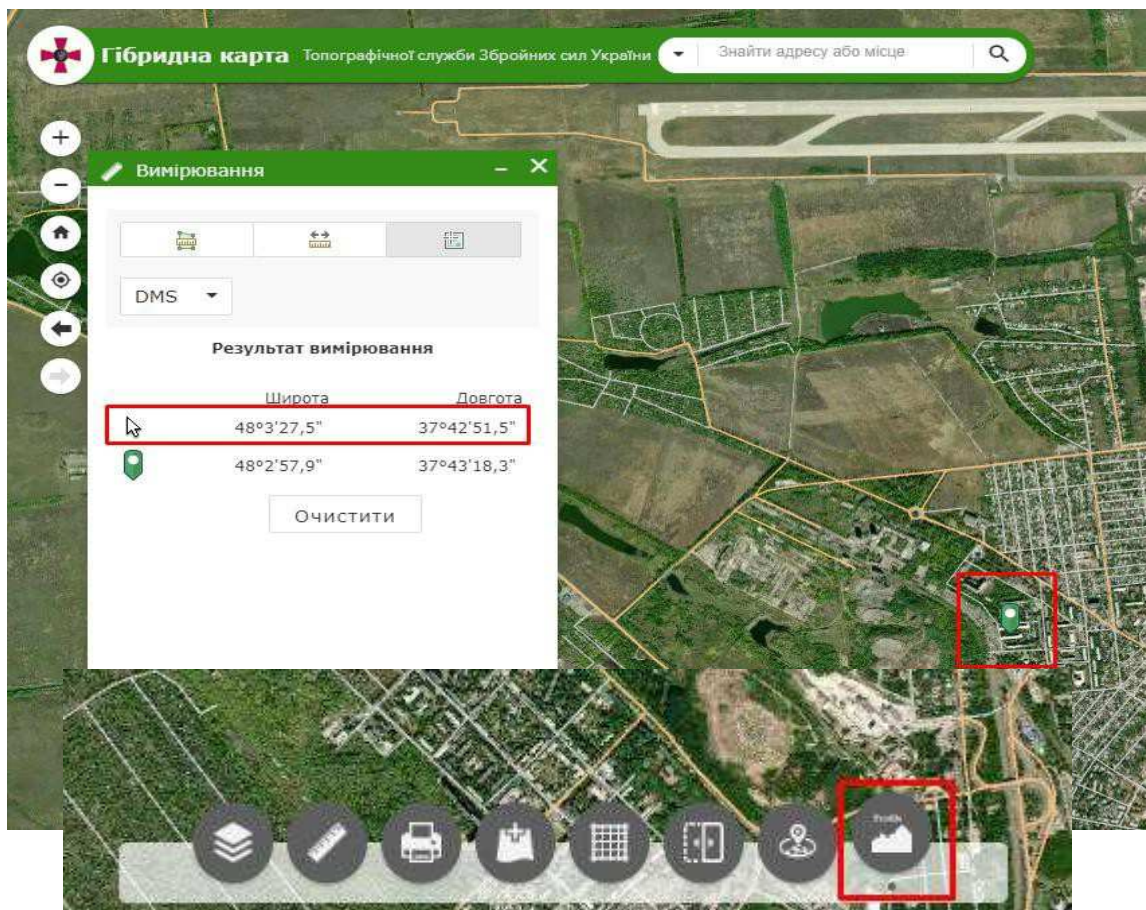


Рисунок 4. Визначення координат та побудова профілю місцевості



Рисунок 5. Сформована фотосхема в межах Геопорталу

Далі необхідно у вікні Друк у вкладці Компонування вибрати потрібну зону. (Рис. 6). У вкладці Формат вибрати, наприклад, *.pdf. Натиснувши на кнопку Розширені можна задати необхідні параметри:

- фіксований масштаб виставити 10000;
- задати просторову прив'язку виведення

WKID (ідентифікатор системи координат). Для системи координат.

Також, у веб-додатку Комбіновані дані дистанційного зондування Землі можна включити сітку MGRS, натиснувши на віджет Накладення сітки на нижній панелі.

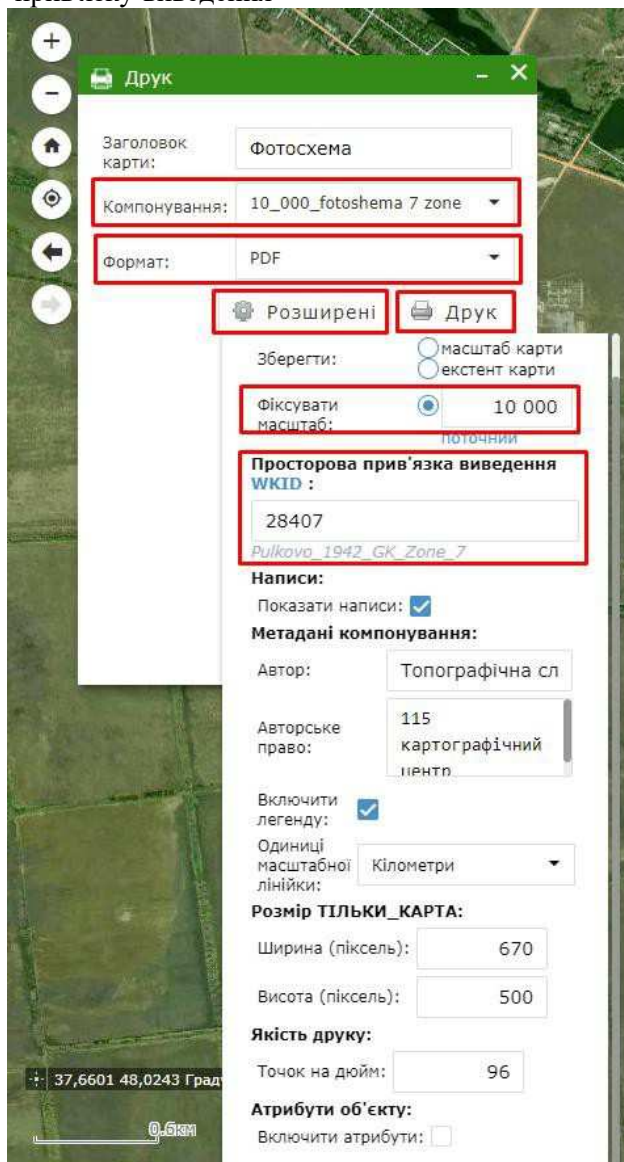


Рисунок 6. Формування фотосхеми для друку

З веб-додатка Електронні топографічні карти можна згенерувати топографічну карту певного масштабу з відповідним рамковим оформленням навіть на стику окремих аркушів карт. Наприклад м. Львів, відповідно до системи розграфлення, відображене на топографічних картах масштабу 1:50000 4-ьох номенклатур: М-34-84-Б, М-34-84-Г, М-35-73-А, М-35-73-В. (Рис. 7).

У веб-додатку Електронні топографічні карти можна відобразити територію м.Львів цілним нерозривним зображенням рис. (Рис. 7).

Далі можна згенерувати топографічну карту за вибраним шаблоном та зберегти чи надрукувати її.

Геопортали є потужними інструментами, що дозволяють автоматизувати процес формування карт і забезпечити безшовність топографічних матеріалів. Завдяки інтеграції цифрових технологій, геопортали, як-от геопортал ЗСУ, надають можливість формування єдиної цифрової моделі місцевості, яка враховує особливості стиків між аркушами.

Геопортал об'єднує дані з кількох номенклатурних аркушів у єдину цифрову модель без розбіжностей. Використання алгоритмів автоматичного зшивання стиків забезпечує точність і безшовність карт. Завдяки інтеграції з дронами та супутниковими знімками геопортал дозволяє регулярно оновлювати картогра-

фічний матеріал, забезпечуючи актуальність даних. Користувачі можуть створювати профілі

місцевості, аналізувати поля видимості та визначати оптимальні маршрути.

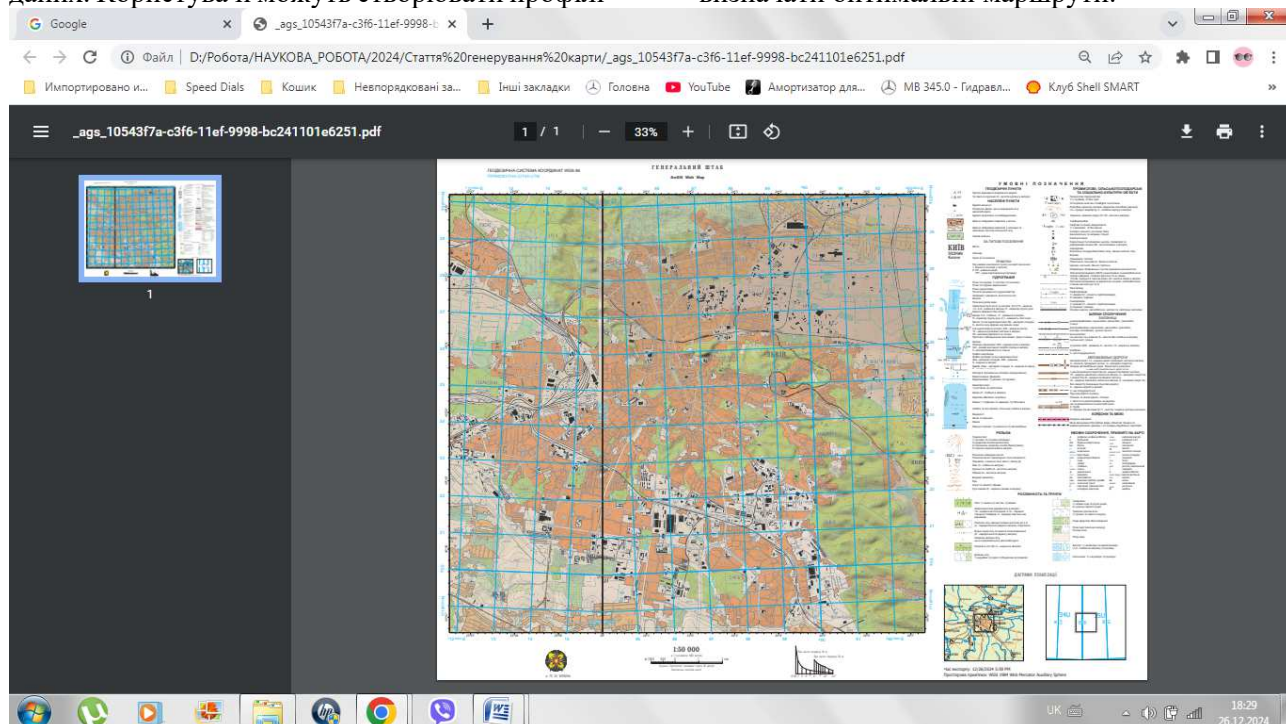


Рисунок 7. Сформована топографічна карта на стику номенклатурного ряду

Геопортал забезпечує доступ до даних із будь-якого пристрою, що значно полегшує роботу військових підрозділів у польових умовах. Однією з ключових функцій геопорталів є можливість формування карт на стиках номенклатурних рядів. Цей процес включає: Геопортал автоматично визначає зони потенційних розбіжностей між аркушами. Алгоритми корекції враховують геодезичні похибки, зміщення координат та інші фактори.

Зшивання аркушів здійснюється за допомогою спеціалізованих алгоритмів, які забезпечують плавний перехід між аркушами. В результаті створюється єдина безшовна карта, зручна для аналізу та роботи.

У разі необхідності користувач може створити нові аркуші на стиках, які враховують особливості місцевості та корекцію координат.

Перехід до використання геопорталів і цифрових карт забезпечує низку переваг у порівнянні з традиційними паперовими картами: цифрові карти не мають стикових розбіжностей, характерних для паперових аркушів. Дані в геопорталі регулярно оновлюються, що забезпечує актуальність інформації. Користувач може оперативно отримувати доступ до картографічних матеріалів, виконувати пошук, аналіз і генерувати звіти. Потреба у фізичних паперових копіях відсутня, що спрощує логістику. Геопортали доступні з будь-якого пристрою, що має доступ до мережі Інтернет та спеціальний доступ. Це особливо важливо для військо-

вих підрозділів, які працюють у динамічних умовах.

Інструменти геопорталу дозволяють виконувати складні аналітичні операції, включаючи розрахунки полів видимості, профілів місцевості та дирекційних кутів. Відсутність потреби у друці великих обсягів паперових карт економить фінансові та матеріальні ресурси. В умовах сучасних військових операцій використання геопорталів значно підвищує ефективність планування та виконання бойових завдань. Зокрема, цифрові карти, створені в геопорталі, дозволяють: оперативно визначати координати об'єктів та планувати маршрути; аналізувати можливі поля обстрілу та зони видимості для артилерійських підрозділів; інтегрувати дані з дронів і супутників у реальному часі для оновлення картографічних матеріалів.

Перехід від паперових карт до використання геопорталів для формування карт на стиках номенклатурних рядів є важливим кроком у розвитку сучасної картографії. Цифрові карти забезпечують високу точність, зручність і оперативність роботи, що особливо важливо у військових умовах. Геопортали, такі як платформи ЗСУ, є інструментами нового покоління, які здатні повністю вирішити проблему стиків карт і підвищити ефективність планування бойових дій.

Висновки. У даному дослідженні детально розглянуто питання автоматизації роботи з топографічними картами, можливості інтегра-

ції цифрових даних та застосування Геопорталу ЗСУ для вдосконалення картографічного забезпечення військових підрозділів. Особливу увагу приділено аналізу функціональних можливостей геопорталу, його здатності до оновлення картографічних матеріалів та інтеграції з сучасними геоінформаційними системами.

Доведено, що використання Геопорталу ЗСУ значно підвищує ефективність роботи з картографічними матеріалами, дозволяючи автоматизувати процес генерації цифрових карт, інтегрувати дані з супутникових знімків та БПЛА, а також здійснювати оперативне оновлення картографічних ресурсів. Аналіз підтвердив, що цифрові моделі рельєфу, створені на основі геоінформаційних технологій, є ефективним інструментом для аналізу місцевості, планування маршрутів і визначення зон видимості.

Запропоновано комплексний підхід до використання Геопорталу ЗСУ як основного засобу картографічного забезпечення військових підрозділів. Визначено, що інтеграція сучасних цифрових технологій дозволяє не лише підвищити точність картографічних даних, а й суттєво оптимізувати процес їх використання в реальному часі.

Також досліджено можливості геопорталу для автоматизації картографічного аналізу. Підтверджено, що функціонал Геопорталу ЗСУ, зокрема створення цифрових карт, розрахунок полів видимості та профілів місцевості, значно покращує процес військового планування та забезпечує швидкий доступ до актуальних картографічних ресурсів.

Дослідження довело, що інтеграція Геопорталу ЗСУ у військову картографічну практику забезпечує високу точність, оперативність та зручність роботи з топографічними матеріа-

лами, що є критично важливим у бойових умовах. Отримані результати мають значний потенціал для подальшого вдосконалення систем геоінформаційної підтримки військових операцій та інших картографічних проєктів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення функціональних можливостей Геопорталу ЗСУ, інтеграцію штучного інтелекту для аналізу змін місцевості та розробку алгоритмів автоматичного оновлення цифрових карт у реальному часі.

Перспективи використання результатів дослідження Результати дослідження мають значний потенціал для подальшого впровадження та використання у практиці картографічного забезпечення та управління військовими операціями. Зокрема, аналіз можливостей автоматизації роботи з топографічними картами за допомогою Геопорталу ЗСУ дозволить військовим планувальникам та командирам оперативно отримувати актуальні геопросторові дані та створювати довгострокові стратегії щодо ефективного застосування військ.

Це може стати основою для підготовки сценаріїв розвитку картографічного забезпечення в різних умовах ведення бойових дій, забезпечуючи гнучкість і точність у прийнятті рішень. Результати дослідження також можуть бути використані в освітніх програмах для підготовки військових спеціалістів у галузі топогеодезичного забезпечення, геоінформаційних систем, розвідки та оперативного планування. Навчання з використанням сучасних геопортальних технологій та методики автоматизованого аналізу геопросторових даних сприятиме підготовці фахівців, здатних застосовувати комплексний підхід до збору, обробки та використання топографічної інформації в умовах швидко змінюваної обстановки.

Література:

1. Закон України № 352-XIV від 1998-12-23 (зі змінами) «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність».
2. Гребенюк Т.М., Макаревич В.Д., Тревого В.М., Корольов В.М., Глотов В.М., Полець О.П., Жидков В.Ю. (2011) Військова топографія: підручник / за редакцією проф. Ткачука П.П. і Тревого І.С. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. - 416 с.
3. Шевченко О.В., Литвиненко Г.П., Кривенко С.О. (2021) Цифрова картографія для військових потреб: навчальний посібник. - Київ: НАОУ, 2021. - 432 с.
4. Кривенко С.О., Ляпа М.М. (2019) Геоінформаційні системи в картографічній практиці: практичний довідник. - Харків: ХНУПС, 2019. - 278 с.
5. Трофименко П.Є., Приходько А.І., Кривошеєв А.М., Мешков О.П.; за заг. ред. Трофименка П.Є. (2020) Топогеодезична прив'язка елементів бойового порядку артилерії: навч. посіб. - Суми: СумДУ, 2020. - 463 с.
6. Wolf P.R., Dewitt B.A. (2020) Elements of Photogrammetry with Applications in GIS. - New York: McGraw-Hill Education, 2020. - 692 p.
7. Ghilani C.D. (2019) Adjustment Computations: Spatial Data Analysis. - Hoboken: John Wiley & Sons, 2019. - 672 p.
8. Campbell J.B., Wynne R.H. (2021) Introduction to Remote Sensing. - New York: Guilford Press, 2021. - 667 p.
9. Smith J., Johnson L. (2020) Seamless Mapping for Military Applications. - London: Taylor & Francis, 2020. - 432 p.

10. Wang Y., Bao L. (2019) *Geospatial Analysis in Modern Military Operations*. – Beijing: Tsinghua University Press, 2019. – 540 p.
11. Постанова Кабінету Міністрів України № 661 від 2013-08-14 (зі змінами) «Про затвердження Порядку проведення топографо-геодезичних і картографічних робіт для створення та оновлення картографічних матеріалів».
12. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 1888 від 2023-12-29 «Про затвердження Методики ведення обліку земель сільськогосподарського призначення».

References:

1. Verkhovna Rada of Ukraine, 1998. Zakon Ukrainy № 352-XIV vid 1998-12-23 (zi zminamy) "Pro topohrafo-heodezychnu i kartohrafichnu diialnist". [Law of Ukraine No. 352-XIV of December 23, 1998 (as amended) "On Topographic, Geodetic and Cartographic Activities"] (in Ukrainian).
2. Grebeniuk, T. M., Makarevych, V. D., Trevoho, V. M., Korolov, V. M., Hlotov, V. M., Polets, O. P., Zhydkov, V. Yu., 2011. *Viiskova topohrafiia: pidruchnyk / za redaktsiiu prof. Tkachuka P. P. i Trevoho I. S.* [Military Topography: Textbook / edited by Prof. Tkachuk P. P. and Trevoho I. S.]. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. 416 p. (in Ukrainian).
3. Shevchenko, O. V., Lytvynenko, H. P., Kryvenko, S. O., 2021. *Tsyfrova kartohrafiia dlia viiskovykh potreb: navchalnyi posibnyk*. [Digital Cartography for Military Needs: Textbook]. Kyiv: NAOU. 432 p. (in Ukrainian).
4. Kryvenko, S. O., Liapa, M. M., 2019. *Heoinformatsiini systemy v kartohrafichnii praktytsi: praktychnyi dovidnyk*. [Geoinformation Systems in Cartographic Practice: Practical Handbook]. Kharkiv: KhUPS. 278 p. (in Ukrainian).
5. Trofymenko, P. Ye., Prykhodko, A. I., Kryvoshcheiev, A. M., Meshkov, O. P.; za zah. red. Trofymenka P. Ye., 2020. *Topoheodezychna pryviazka elementiv boiovoho poriadku artylerii: navchalnyi posibnyk*. [Topogeodetic Reference of Artillery Battle Order Elements: Textbook]. Sumy: SumDU. 463 p. (in Ukrainian).
6. Wolf, P. R., Dewitt, B. A., 2020. *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS*. New York: McGraw-Hill Education. 692 p.
7. Ghilani, C. D., 2019. *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*. Hoboken: John Wiley & Sons. 672 p.
8. Campbell, J. B., Wynne, R. H., 2021. *Introduction to Remote Sensing*. New York: Guilford Press. 667 p.
9. Smith, J., Johnson, L., 2020. *Seamless Mapping for Military Applications*. London: Taylor & Francis. 432 p.
10. Wang, Y., Bao, L., 2019. *Geospatial Analysis in Modern Military Operations*. Beijing: Tsinghua University Press. 540 p.
11. Cabinet of Ministers of Ukraine, 2013. Postanova № 661 vid 2013-08-14 (zi zminamy) "Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia topohrafo-heodezychnykh i kartohrafichnykh robit dlia stvorennia ta onovlennia kartohrafichnykh materialiv". [Resolution No. 661 of August 14, 2013 (as amended) "On Approval of the Procedure for Topographic, Geodetic and Cartographic Works for the Creation and Updating of Cartographic Materials"] (in Ukrainian).
12. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, 2023. Nakaz № 1888 vid 2023-12-29 "Pro zatverdzhennia Metodyky vedennia obliku zemel silskohospodarskoho pryznachennia". [Order No. 1888 of December 29, 2023 "On Approval of the Methodology for Accounting Agricultural Lands"] (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 23. 05. 2025 р.