

## ГЕОПРОСТОРОВА ПІДТРИМКА

УДК 355+004.65

DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2023.55.62-66>

Наталія ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук, ст. наук. співроб.

ORCID ID: 0000-0002-2203-2746

Scopus ID: 57090950400

e-mail: n123n@ukr.net

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Олександр КОРЕНЕЦЬ, канд. геогр. наук

ORCID ID: 0000-0001-6352-9591

e-mail: korenetsaleksandr@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ МІСЦЕВОСТІ В ЄДИНОМУ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

**Вступ.** Використання командирами тривимірного моделювання місцевості під час прийняття ними рішень у ході виконання завдань за призначенням дозволить отримати тактичну перевагу на полі бою. Оскільки на сьогодні відсутня методологічна база з обґрунтування методики побудови тривимірних моделей місцевості з метою застосування їх у геоінформаційних підсистемах АСУ ЗСУ, а також практично відсутня сучасна інформаційна система зберігання та публікації цих даних, то метою дослідження є розробка технології використання тривимірних моделей місцевості за допомогою сучасних геоінформаційних технологій для підвищення ефективності прийняття рішень під час планування та в ході виконання завдань за призначенням частинами і підрозділами військ (сил).

**Методи.** Використано методи аналізу наукової та довідкової літератури з проблеми дослідження для визначення актуальності вказаної проблематики; методи систематизації та узагальнення наукової інформації; системний аналіз актуальних керівних документів щодо створення та використання тривимірних моделей місцевості під час розробки технології розміщення та використання тривимірних моделей на геопорталі.

**Результати.** Ураховуючи досвід провідних країн світу, сучасні підходи до організації функціонування систем моніторингу навколишнього простору, задач геопросторового моделювання та різноплановість вимог, що висуваються до різних складових частин у процесі створення єдиного інформаційного простору, використання тривимірних моделей місцевості є доцільним з метою підвищення ефективності виконання завдань за призначенням частинами і підрозділами ЗСУ. У військовій сфері тривимірні моделі місцевості можуть бути застосовані для: вдосконалення розрахункових задач артилерійських підрозділів; наочної візуалізації під час планування оборонних і наступальних операцій військ та проведенні бойових дій у населених пунктах (3D-моделювання будівель і споруд); створення спеціальних карт із псевдотривимірним відображенням форм рельєфу тощо.

**Висновки.** Запропонована у роботі технологія розміщення та використання тривимірних моделей може бути застосована в процесі інформаційного наповнення складових частин геопорталу ЗСУ.

**Ключові слова:** тривимірні моделі місцевості, геопросторова підтримка військ (сил), цифрова карта, електронна карта, геопортал, єдине геоінформаційне середовище, ЗСУ.

**Вступ**

Актуальність застосування тривимірного моделювання пояснюється насамперед забезпеченням необхідної наочності та інтерпретованості даних, наданням можливості більш повно передавати інформацію про зміни об'єктів і середовища з часом, а також можливість реалізації ряду прикладних задач, які недоступні для розв'язання за допомогою двовірних даних. Використання командирами тривимірного моделювання місцевості під час прийняття ними рішень у ході виконання завдань за призначенням дозволить отримати тактичну перевагу на полі бою. Наразі відсутня методологічна база з обґрунтування методики побудови тривимірних моделей місцевості з метою застосування їх у геоінформаційних підсистемах АСУ ЗС України, а також майже відсутня сучасна інформаційна система зберігання та публікації цих даних (просторова база геоданих, геоінформаційний сервер, система захисту інформації, геоінформаційний портал).

**Огляд літератури.** На сьогодні в ЗС України існують певні напрацювання щодо створення автоматизованих систем управління військами (АСУВ), у яких реалізовані функції створення та відображення тривимірних моделей місцевості. Фахівцями Національного університету оборони України створено базовий прототип АСУВ "Славутич" (Гавалко та ін., 2016). Геоінформаційна підсистема АСУВ "Славутич" забезпечує виконання завдань щодо оцінювання місцевості та розв'язання

інформаційно-розрахункових задач, які потребують обробки геоданих даних, а також виготовлення електронних карт місцевості, їх реєстрацію та надання на АРМ посадових осіб. Підсистема надає можливості створення тривимірної моделі місцевості шляхом відтінювання рельєфу місцевості, що суттєво полегшує роботу командирів і офіцерів штабу під час планування на електронних картах оборонних і вогневих рубежів, рубежів розгортання протитанкових засобів і засобів розвідки, пунктів розгортання засобів РЕБ і зв'язку тощо. Також існує можливість вибору маршруту прольоту або переміщення по найвищим і найнижчим точкам місцевості (Гавалко та ін., 2016; Литвиненко, Коренець, 2023).

Для створення єдиного геоінформаційного середовища системи управління ЗСУ найбільш оптимальним шляхом є впровадження геоінформаційного порталу ЗС України (далі – геопортал) як програмної, інформаційно-комунікаційної платформи, яка призначена для створення єдиного геоінформаційного та інформаційно-аналітичного середовища органів військового управління, військових частин та підрозділів ЗСУ з розмежуванням прав доступу користувачів до цих ресурсів. Одними із базових наборів картографічних сервісів геопорталу ЗСУ є картографічний сервіс електронних (цифрових) карт у тривимірному відображенні – копія картографічного сервісу електронних (цифрових) карт з можливістю візуалізації геоінформаційної інформації у тривимірному від-

© Литвиненко Наталія, Коренець Олександр, 2023

браженні та картографічний сервіс дистанційного зондування Землі в тривимірному відображенні (Методичні рекомендації..., 2022). На сьогодні геопортал перебуває в дослідній експлуатації і найближчим часом має бути прийнятий на озброєння.

Ще одним надзвичайно актуальним напрямом є дослідження щодо використання БПЛА для створення тривимірних моделей місцевості. У військовій сфері БПЛА є ефективним засобом ураження пріоритетних наземних цілей, застосовуються для цілевказання та коригування роботи артилерії. БПЛА спроможні виявляти наявність і характер інженерного обладнання місцевості, райони руйнувань, а також значно полегшують проведення великомасштабного картографування. У роботі (Андреев, Жилін, 2019) розглянуто методику побудови тривимірних моделей місцевості на основі даних, отриманих з БПЛА, а також проаналізовано переваги і недоліки сучасних програмних продуктів для роботи з цими даними.

**Метою** дослідження є розробка технології використання тривимірних моделей місцевості за допомогою сучасних геоінформаційних технологій для підвищення ефективності прийняття рішень під час планування та в ході виконання завдань за призначенням частинами і підрозділами військ (сил), що передбачає виконання таких завдань, як:

- аналіз можливостей використання тривимірних моделей місцевості в геоінформаційних підсистемах АСУ ЗС України;
- розроблення технологічної схеми розміщення та використання тривимірних моделей місцевості.

#### Методи

У процесі проведення наукової роботи використовувались такі методи дослідження: метод аналізу наукової та довідкової літератури з проблеми дослідження; методи систематизації та узагальнення наукової інформації, що стосується сутності та змісту визначених завдань; системний аналіз актуальних керівних документів щодо створення та використання тривимірних моделей місцевості.

#### Результати

У військовій сфері графічне представлення об'єктів у вигляді тривимірних моделей забезпечує представлення інформації в найбільш зручному і природному для командира вигляді, що дозволяє підвищити якість та оперативність прийняття рішень. Також використання тривимірних моделей місцевості під час ведення бойових дій дозволяє вирішувати такі завдання:

- визначення зон видимості;
- планувати можливі напрямки нападу противника з розрахунком часу;
- планування маршруту під час виконання операцій;
- моделювання змін місцевості, адже під час бойових дій місцевість змінюється;
- загальногеографічна оцінка місцевості при плануванні операцій;
- розрахунок зон затоплення;
- визначення оптимального місця розташування пунктів спостереження;
- побудова профілів місцевості;
- оцінювання наслідків змін, що відбулися;
- аналіз взаємного розташування певних об'єктів, невидимих у звичайних умовах;
- додати або видалити якісь об'єкти, щоб оцінити, як вони впливають на вигляд місцевості або її характеристики.

Як вже зазначалося, оптимальним шляхом створення єдиного геоінформаційного середовища системи управління ЗСУ та використання геопросторових даних

є впровадження геопорталу ЗС України. Використання програмного забезпечення ArcGIS, яке перебуває на озброєнні військових частин топографічної служби ЗСУ, 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 в тестовому режимі геопортал ЗСУ, використання якого дозволяє вирішувати завдання зі своєчасного доведення геопросторової інформації до кінцевого споживача за мінімальних витрат часу. Тобто кінцевий споживач має доступ до актуальної інформації, яка викладена в геопорталі, у будь-який час і забезпечує користувачів засобами та сервісами зберігання, пошуку, візуалізації, завантаження географічних даних. Геопортал надає можливість переглядати та завантажувати геопросторову інформацію без необхідності використання спеціалізованого програмного забезпечення. У ньому розміщені оновлені та готові до видання номенклатурні аркуші топографічної карти. Користувачі, які мають доступ до цього сервісу, можуть з легкістю завантажити всі номенклатурні листи для необхідної території за лічені секунди. Вони також можуть оглянути будь-яку необхідну йому територію, яка покрита масивом ортотрансформованих космічних знімків, а також визначити місцезонаження об'єктів, відстані та дирекційні кути, зробити фотокарту, визначити топографічний профіль місцевості або розрахувати поля видимості для заданої місцевості (Методичні рекомендації..., 2022).

Для забезпечення потреби в тривимірних моделях місцевості топографічною службою ЗС України в 2019 р. створено єдину висотну модель на всю територію держави і в поєднанні з даними дистанційного зондування земної поверхні, з використанням програмного забезпечення ArcGIS сформовано тривимірну модель рельєфу (DTM) для використання єдиним геопросторовим масивом. Використання зазначеного геопросторового масиву реалізовано в тестовому режимі на геопорталі ЗСУ як окремий сервіс використання даних дистанційного зондування землі у тривимірному відображенні. Це дає можливість здійснювати більш якісний і наочний аналіз місцевості під час комплексного оцінювання обстановки та зменшення часу на прийняття рішень. Наявність такого типу тривимірних моделей дозволяє на їхній основі створювати спеціальні карти з псевдотривимірним відображенням форм рельєфу (за рахунок технології тінювального відмивання рельєфу), як додатковий елемент, що допомагає під час оцінювання обстановки і прийняття рішень, а також плануванні операцій (бойових дій).

Одним із перспективних напрямів розвитку тривимірного моделювання в ЗСУ є реалізація технології створення та застосування тривимірних моделей місцевості більш високого рівня деталізації і точності, а саме, 3D-моделей міської забудови. Це дозволить мати дані та технології планування й аналізу бойових дій в урбанізованих районах. Для розвитку цього напряму необхідне отримання, збір даних і детальних характеристик щодо будівель та об'єктів інфраструктури, а також нарощування потужностей технічних засобів обробки 3D-моделей.

На сьогодні ведення бою в міських умовах є основною тактикою ведення локальних конфліктів у всьому світі. Існує багато тактик з ведення бойових дій в умовах наявності щільної забудови, де кожна руїна і барикада є укриттям або ж потенційною пасткою. Наразі є два підходи до планування військових операцій і, зокрема, бойових дій у місті – це традиційний підхід до планування з нанесенням тактичних умовних знаків на паперові картки та аналоговий – створення цифрової моделі поля бою, у тому числі у вигляді тривимірної моделі місце-

вості. Цифрове (електронне) поле бою – термін, який з'явився останнім часом. Він охоплює цифрову геопросторову інформацію безпосередньо поля бою, а також засоби аналізу у вигляді геоінформаційної складової (Фурсенко, Дрогаченко, 2020).

Найбільш важливі сфери застосування тривимірних моделей місцевості під час ведення бою в місті:

- планування руху техніки, ураховуючи конкретну бойову обстановку, час доби, характеристики конкретної бойової техніки та міських умов;
- планування польотів авіації та безпілотних літальних апаратів з метою завдання ударів по противнику, перевезення вантажів та особового складу, ведення розвідки;
- оптимізація розкладу та маршрутів руху;
- визначення найбільш можливих маршрутів пересування противника та планування розміщення засобів протидії;
- нанесення на цифрове поле бою будівель і споруд, можливість огляду їхніх характеристик;
- створення цифрових карток мінних полів та загороджень для посилення ступеня взаємодії між підрозділами.

Як приклад можна навести процес підготовки до виконання бойових завдань під час штурму різних будівель у процесі ведення штурмових дій у місті, що потребує детального вивчення плану будівель, наявних наземних і підземних комунікацій, що прилягають до будівлі,

характеристики цієї будівлі (висота поверхів, ширина стін, матеріал побудови тощо). Кожна будівля, яка будується в місті, має пройти процедури щодо затвердження її плану, які зберігаються в місцевих органах влади, міських архітектурно-планувальних відділах, державних агентствах земельних ресурсів, а також у компаніях, що займаються проєктуванням і будівництвом. На сьогодні існують різні програмні забезпечення для відображення запланованих для будівництва чи таких, що вже побудовані, будівель у тривимірному зображенні. За певних умов (необхідність планування бойових дій у визначених будівлях, очікуванні нападу, оборони будівель тощо) плани обраних для вивчення (планування) у них бойових дій можна завантажити в геопорталі ЗСУ та використовувати під час оцінювання місцевості для планування застосування різних елементів бойового порядку таких підрозділів, як обхідні загони для виходу в тил противника з використанням підземних комунікацій, груп вогневої підтримки для знищення противника, що розташований за перешкодою, яку може пошкодити певна зброя, використати технічні проходи (канали) для використання дронів-розвідників тощо (Баркатов та ін., 2021).

Тривимірні моделі в геопорталі ЗСУ можуть розміщуватись у декілька етапів. На основі аналізу технічних можливостей програмного забезпечення ArcGIS та вищеписаних можливостей використання тривимірних моделей місцевості автори розробили технологічну схему розміщення та використання тривимірних моделей у геопорталі ЗС України (рис. 1).

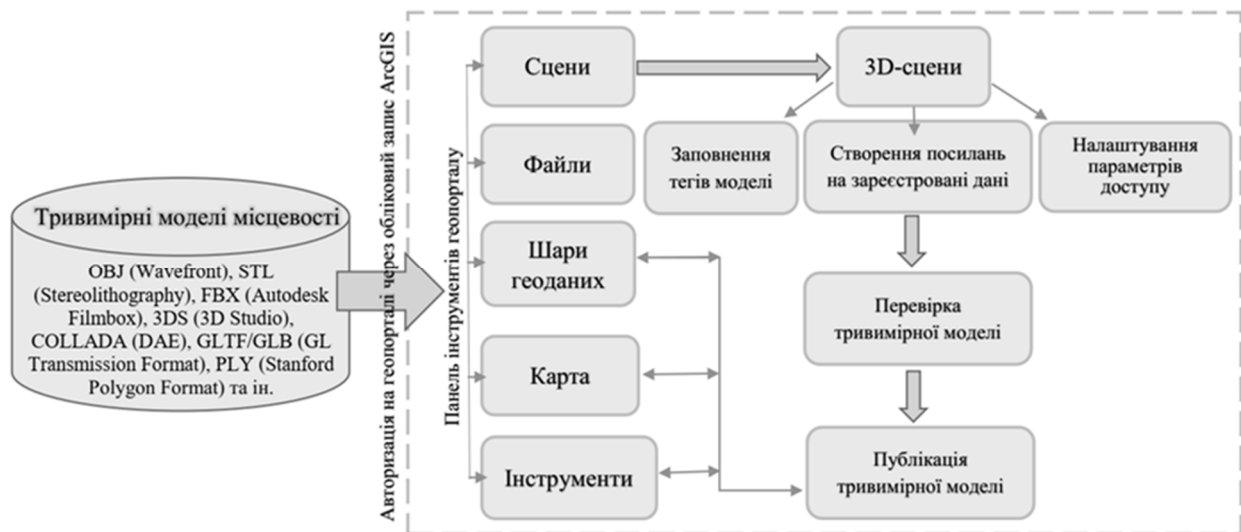


Рис. 1. Технологічна схема розміщення та використання тривимірних моделей у геопорталі ЗСУ

Основними етапами розміщення тривимірних моделей у геопорталі є:

- 1) авторизація під спеціальним логіном і паролем для під'єднання до геоінформаційного порталу з метою отримання доступу до спеціального програмного забезпечення, яке дозволяє завантажувати нові і використовувати наявні в геопорталі геопросторові дані;
- 2) завантаження на платформу порталу тривимірної моделі у форматі, який може підтримувати геопортал, використовуючи підменю 3D-сцени;
- 3) налаштування параметрів доступу до моделі та заповнення тегів моделі;
- 4) перевірка моделі та усунення помилок (за необхідності);
- 5) завершення публікації.

Таким чином, розміщення тривимірних моделей у геопорталі ЗСУ є одним із перспективних напрямів використання геоінформаційних систем і технологій військового призначення, що дозволить підвищити ефективність виконання частинами і підрозділами завдань за призначенням та забезпечить більш точний і детальний аналіз геопросторових даних для успішного виконання військових операцій.

**Дискусія і висновки**

Ураховуючи сучасні підходи до принципів управління збройними силами провідних країн світу, сучасні підходи до організації функціонування систем моніторингу на-вколишнього простору, задач геопросторового моделювання та різноплановість вимог, що висуваються до різних складових частин у процесі створенні єдиного

інформаційного простору, використання тривимірних моделей місцевості є доцільним з метою підвищення ефективності виконання завдань за призначенням частинами і підрозділами ЗС України. У військовій сфері тривимірні моделі місцевості можуть бути застосовані для вдосконалення розрахункових задач артилерійських підрозділів, для наочної візуалізації у процесі планування оборонних і наступальних операцій військ, під час проведення бойових дій у населених пунктах (3D-моделювання будівель і споруд), створення спеціальних карт із псевдотривимірним відображення форм рельєфу (за рахунок технології тіньового відмивання рельєфу) тощо.

Запропонована в роботі технологія розміщення та використання тривимірних моделей може бути застосована у процесі інформаційного наповнення складових частин геопорталу ЗС України.

**Внесок авторів:** Наталія Литвиненко – концептуалізація, методологія, емпіричні дослідження, написання – перегляд, редагування та доповнення змісту статті; Олександр Коренець – збір емпіричних даних та їхня валідація, аналіз джерел, написання – оригінальна чернетка.

#### Список використаних джерел

- Андреев, С. М., & Жилин, В. А. (2019). Застосування даних аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D-моделей місцевості. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*, Т. 1 (53), 3–16. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.1.003>
- Баркатов, І. В., Варакута, В. П., Фарафонов, В. С., Тюрін, В. О., Гончарук, С. С., & Лозко, А. А. (2021). Використання інтерактивних тривимірних візуалізацій для вивчення бойового досвіду підрозділів в операції Об'єднаних сил. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, 3(69), 32–43. <https://doi.org/10.30748/zhp.2021.69.04>
- Гавалко, В. І., Джигомон, С. К., Маслюк, Л. А., Стужук, П. І., & Чорноус, М. Г. (2016). Проблеми створення та використання в Збройних Силах України автоматизованих систем управління військами на основі сучасних геоінформаційних технологій. *Застосування космічних та геоінформаційних систем в інтересах національної безпеки та оборони*

(Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції 7 квітня 2016 року), 68–83.

Литвиненко, Н., & Коренець, О. (2023). Аналіз досвіду використання тривимірних моделей місцевості в арміях провідних країн світу та Збройних Сил України. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Геофорум-2023" (19–21 квітня 2023 р., Львів–Брюховичі)*. Видавництво Львівської політехніки, 112–117. [http://zgt.com.ua/wpcontent/uploads/2023/04/ГЕЗИ\\_ГЕОФОРУМ\\_2023-Відновлено\\_111\\_nove.pdf](http://zgt.com.ua/wpcontent/uploads/2023/04/ГЕЗИ_ГЕОФОРУМ_2023-Відновлено_111_nove.pdf)

Методичні рекомендації щодо використання функціональних можливостей веб-додатків геоінформаційного порталу Збройних Сил України. (2022). 115 картографічний центр А3796.

Фурсенко, О. К., Дрогаченко, А. О. (2020). *Методи оптимізації у військово-прикладних задачах*, ХНУПС.

#### References

Andreev, S. M., & Zhilin, V. A. (2019). Application of aerial photography data from unmanned aerial vehicles to build 3D terrain models. *Control, navigation and communication systems*. Collection of scientific works, Vol. 1 (53), 3–16. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.1.003> [in Ukrainian].

Barkatov, I. V., Varakuta, V. P., Farafonov, V. S., Tyurin, V. O., Honcharuk, S. S., & Lozko, A. A. (2021). Using interactive 3D visualizations to study the combat experience of units in Joint Forces operations. *Collection of scientific papers of the Kharkiv National University of the Air Force*, 3(69), 32–43. <https://doi.org/10.30748/zhp.2021.69.04> [in Ukrainian].

Havalko, V. I., Dzhigomon, S. K., Maslyuk, L. A., Stuzhuk, P. I., & Chornous, M. G. (2016). Problems of creating and using automated troop management systems based on modern geo-information technologies in the Armed Forces of Ukraine. *Application of space and geo-information systems in the interests of national security and defense* (Collection of materials of the international scientific and practical conference on April 7, 2016), 68–83 [in Ukrainian].

Lytvynenko, N., & Korenets, O. (2023). Analysis of the experience of using three-dimensional terrain models in the armies of the leading countries of the world and the Armed Forces of Ukraine. *Materials of the International Scientific and Technical Conference "GeoForum-2023" (April 19–21, 2023, Lviv–Bryukhovychy)*. Lviv Polytechnic Publishing House, 112–117. [http://zgt.com.ua/wpcontent/uploads/2023/04/ГЕЗИ\\_ГЕОФОРУМ\\_2023-Відновлено\\_111\\_nove.pdf](http://zgt.com.ua/wpcontent/uploads/2023/04/ГЕЗИ_ГЕОФОРУМ_2023-Відновлено_111_nove.pdf) [in Ukrainian].

Methodological recommendations for using the functional capabilities of the web applications of the geo-information portal of the Armed Forces of Ukraine. (2022). 115 cartographic center А3796 [in Ukrainian].

Fursenko, O. K., & Drogachenko, A. O. (2020). *Optimization methods in military-applied tasks: training. manual*. KhNAFU [in Ukrainian].

Отримано редакцію журналу / Received: 31.08.23

Прорецензовано / Revised: 04.09.23

Схвалено до друку / Accepted: 14.09.23

Natalia LYTUVYENKO, PhD (Engin.), Senior Researcher  
ORCID ID: 0000-0002-2203-2746  
Scopus ID: 57090950400  
e-mail: n123n@ukr.net  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Oleksandr KORENETS, PhD (Geogr.)  
ORCID ID: 0000-0001-6352-9591  
e-mail: korenetsaleksandr@gmail.com  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

## TECHNOLOGY OF USING THREE-DIMENSIONAL MODELS OF LOCATION IN THE UNIFIED GEOINFORMATION ENVIRONMENT OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

**Background.** *The use of three-dimensional terrain modeling by commanders during their decision-making during the execution of assigned tasks will allow them to gain a tactical advantage on the battlefield. Given the current lack of a methodological foundation for justifying the methodology of constructing three-dimensional terrain models for use in the geoinformation subsystems of the Automated Control System of the Armed Forces of Ukraine (ACS AFU), as well as the practical absence of a modern information system for storing and publishing such data, the research objective is the development of a technology for using three-dimensional terrain models with modern geoinformation technologies to enhance decision-making efficiency during planning and the execution of tasks by military units.*

**Methods.** *We employed methods such as analysis of scientific and reference literature on the research problem to determine its relevance, systematization, and generalization of scientific information, as well as a systemic analysis of current guidelines for creating and using three-dimensional terrain models in the development of technology for the placement and utilization of three-dimensional models on a geospatial portal.*

**Results.** *Considering the experiences of leading countries worldwide, contemporary approaches to organizing spatial monitoring systems, geospatial modeling tasks, and the diverse requirements posed on various components when creating a unified information space, the use of three-dimensional terrain models is justified to enhance the efficiency of task execution by units of the Armed Forces of Ukraine. In the military sphere, three-dimensional terrain models can be applied to improve the computational tasks of artillery units, visualize defense and offensive operations, conduct combat actions in urban areas (3D modeling of buildings and structures), and create special maps with pseudo-three-dimensional representations of terrain forms, and more.*

**Conclusions.** *The technology proposed in this work for the placement and use of three-dimensional models can be applied in the process of information filling for the components of the geospatial portal of the Armed Forces of Ukraine.*

**Keywords:** *three-dimensional terrain models, geospatial support of troops (forces), digital map, electronic map, geospatial portal, unified geoinformation environment, Armed Forces of Ukraine.*

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

The authors declare 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.