



DOI <https://doi.org/10.32782/3041-1297/2026-1-31>

**Т. М. Кравець, О. П. Полець, Р. С. Коваль**

*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного,  
м. Львів, Україна*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5398-7441> – Т. М. Кравець

<https://orcid.org/0000-0001-5360-6549> – О. П. Полець

<https://orcid.org/0009-0001-6683-1929> – Р. С. Коваль



[taras-kravets@ukr.net](mailto:taras-kravets@ukr.net)

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ «СІЛЬ» ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРОВОГО МИСЛЕННЯ ОФІЦЕРІВ ТАКТИЧНОГО РІВНЯ

**Анотація.** Метою цієї статті є теоретичне та методичне обґрунтування застосування програмного забезпечення «Сіль» як інструмента формування просторового мислення офіцерів тактичного рівня у системі військової освіти України. У дослідженні просторове мислення розглянуто не лише як окрему пізнавальну здатність, а як комплексну професійно значущу якість, що інтегрує просторову уяву, аналіз рельєфу та обстановки, просторове прогнозування і здатність до прийняття обґрунтованих тактичних рішень. У статті проаналізовано сучасні наукові публікації, присвячені тривимірній візуалізації місцевості, геоінформаційним технологіям, розвитку просторового мислення та використанню віртуальних і розширених реальностей у навчанні, а також узагальнено міжнародний досвід застосування цифрових просторових моделей у підготовці фахівців. На основі аналізу літературних джерел і практики військової підготовки обґрунтовано необхідність переходу від переважно двовимірних картографічних засобів і епізодичних польових макетів до системного використання тривимірних моделей місцевості у навчальному процесі. Визначено місце програмного забезпечення «Сіль» у структурі підготовки офіцерів як інтегруючої ланки між теоретичним вивченням місцевості та практичною діяльністю на реальному рельєфі. Розкрито дидактичний потенціал 3D-візуалізації для формування просторової уяви, зменшення когнітивного навантаження та підвищення обґрунтованості прийняття тактичних рішень. У дослідженні окреслено переваги використання ПЗ «Сіль» у навчальному процесі, зокрема гнучкість створення навчальних сценаріїв, можливість багаторазового відпрацювання просторових задач і підвищення наочності навчання, а також визначено основні обмеження його застосування, пов'язані з якістю вихідних геопросторових даних і рівнем методичної підготовки викладацького складу. Наукова значущість статті полягає в обґрунтуванні ролі тривимірного моделювання місцевості як педагогічного інструмента формування просторового мислення офіцерів тактичного рівня. Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для вдосконалення навчально-методичного забезпечення військових закладів вищої освіти та підвищення ефективності підготовки офіцерських кадрів з урахуванням сучасних вимог Збройних Сил України та стандартів НАТО.

**Ключові слова:** просторове мислення; тривимірне моделювання місцевості; програмне забезпечення «Сіль»; геоінформаційні технології; 3D-візуалізація; підготовка офіцерів тактичного рівня.

**Т. М. Kravets, O. P. Polets, R. S. Koval**

*Hetman Petro Sahaidachny National Army Academy, Lviv, Ukraine*

## APPLICATION OF THE “SIL” SOFTWARE FOR THE DEVELOPMENT OF SPATIAL THINKING OF TACTICAL-LEVEL OFFICERS

**Abstract.** The purpose of this article is to provide a theoretical and methodological substantiation for the use of the “SIL” software as a tool for developing the spatial thinking of tactical-level officers within the system of military education of Ukraine. In the study, spatial thinking is considered not merely as an isolated cognitive

ability, but as a complex professionally significant quality that integrates spatial imagination, terrain and situation analysis, spatial forecasting, and the ability to make well-reasoned tactical decisions. The article analyzes contemporary scientific publications devoted to three-dimensional terrain visualization, geoinformation technologies, the development of spatial thinking, and the use of virtual and augmented reality in education, and also summarizes international experience in applying digital spatial models in specialist training. Based on the analysis of literature sources and the practice of military training, the necessity of transitioning from predominantly two-dimensional cartographic tools and episodic field mock-ups to the systematic use of three-dimensional terrain models in the educational process is substantiated. The place of the “SIL” software in the structure of officer training is defined as an integrating link between the theoretical study of terrain and practical activity on real relief. The didactic potential of 3D visualization for the development of spatial imagination, reduction of cognitive load, and improvement of the soundness of tactical decision-making is revealed. The study outlines the advantages of using the “SIL” software in the educational process, including the flexibility of creating training scenarios, the possibility of repeated practice of spatial tasks, and increased instructional clarity, as well as identifies the main limitations of its application related to the quality of source geospatial data and the level of methodological training of teaching staff. The scientific significance of the article lies in substantiating the role of three-dimensional terrain modeling as a pedagogical tool for developing the spatial thinking of tactical-level officers. The practical significance of the study consists in the possibility of using the obtained results to improve the instructional and methodological support of military higher education institutions and to enhance the effectiveness of officer training in accordance with the current requirements of the Armed Forces of Ukraine and NATO standards.

**Key words:** spatial thinking; three-dimensional terrain modeling; “SIL” software; geoinformation technologies; 3D visualization; training of tactical-level officers.

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах трансформації системи військової освіти України, зумовленої набутим бойовим досвідом, активним застосуванням високотехнологічних засобів у бойових діях та інтеграцією стандартів НАТО, особливої актуальності набуває проблема формування просторового мислення офіцерів тактичного рівня. Здатність командира адекватно сприймати місцевість, аналізувати рельєф і забудову, оцінювати взаємне розташування сил та прогнозувати наслідки прийнятих рішень у просторі й часі є одним із ключових чинників ефективного управління підрозділами та виконання бойових завдань.

Традиційні підходи до формування просторового мислення у процесі підготовки офіцерів, як правило, ґрунтуються на використанні паперових карт, двовимірних електронних картографічних матеріалів і обмеженої кількості польових занять. Такий підхід не завжди забезпечує стійкий перехід від умовно-знакових зображень до об’ємного уявлення реальної місцевості, що ускладнює прийняття просторово обґрунтованих тактичних рішень, особливо в умовах дефіциту часу та інформації.

Наявна практика підготовки офіцерів тактичного рівня часто характеризується фрагментарністю використання засобів просторової візуалізації та недостатньою інтеграцією цифрових технологій у навчальний процес. У результаті просторове мислення формується переважно емпірично, під час безпосереднього перебування на місцевості, що потребує значних ресурсів і не завжди дозволяє багаторазово відпрацьовувати різні навчальні та тактичні сценарії.

Водночас міжнародний досвід підготовки військових кадрів, зокрема у збройних силах держав – членів НАТО, засвідчує ефективність застосування тривимірних моделей місцевості та цифрових засобів просторової візуалізації як інструментів розвитку просторової уяви, аналізу обстановки та підтримки прийняття рішень. Такі засоби розглядаються не лише як допоміжні навчальні матеріали, а як важливий елемент системної підготовки командирів до дій у складних бойових умовах.

Недостатня теоретична та методична обґрунтованість використання тривимірного моделювання місцевості у підготовці офіцерів тактичного рівня в Україні обумовлює необхідність дослідження можливостей сучасного спеціального програмного забезпечення, зокрема ПЗ «Сіль», у контексті формування просторового мислення. Отже, дана стаття спрямована на аналіз застосування програмного забезпечення «Сіль» як навчального інструмента підвищення ефективності формування просторового мислення офіцерів тактичного рівня та обґрунтування його ролі в сучасній системі військової освіти.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**  
Аналіз сучасних наукових публікацій свідчить про зростання інтересу до проблем використання геоінформаційних технологій, тривимірної візуалізації рельєфу та просторових моделей у навчанні, аналізі обстановки й підтримці прийняття рішень. У низці досліджень підкреслюється, що традиційні двовимірні картографічні засоби не завжди забезпечують достатній рівень наочності та просторового розуміння складних ділянок місцевості,

що зумовлює потребу в застосуванні 3D-моделей [1, с. 593-595].

У роботах, присвячених тривимірній візуалізації даних GIS, розглядаються підходи до побудови цифрових моделей рельєфу та їхнього використання для аналізу просторових структур. Зокрема, у дослідженнях С. М. Ruzinog та співавт. проаналізовано основні методи 3D-візуалізації геопросторових даних і показано їхню перевагу над двовимірними зображеннями з точки зору сприйняття складного рельєфу [1, с. 592-600]. Подальший розвиток цього напрямку представлений у порівняльному аналізі різних технік тривимірної візуалізації, де наголошується на важливості вибору технології залежно від навчальних і прикладних завдань [2, с. 248-255]. Дослідження Dübел і Schumann доповнює ці висновки, акцентуючи увагу на відображенні окремих просторових характеристик рельєфу у 3D-середовищі та їх впливі на інтерпретацію місцевості користувачем [3, с. 4-6].

Окрему групу становлять праці, присвячені застосуванню тривимірної візуалізації та просторових моделей у військових і квазі-військових сценаріях. У роботі Li та співавт. показано можливості інтеграції візуалізації рельєфу в агент-орієнтовані симуляційні моделі, що використовуються для аналізу логістичних і тактичних процесів [4, с. 3-6]. Такі підходи демонструють потенціал 3D-моделей для підтримки прийняття рішень у складних просторових умовах.

Значна кількість сучасних досліджень зосереджена на використанні технологій віртуальної та розширеної реальності у підготовці персоналу. У систематичному огляді Steven та співавт. узагальнено досвід застосування VR-технологій у військовій підготовці та доведено їх позитивний вплив на формування тактичного мислення й просторової уяви [5, с. 446-449]. Аналогічні результати отримано у дослідженні Воусе та співавт., де показано, що використання технологій extended reality сприяє кращому розумінню тактичних задач і взаємодії підрозділів у просторі [6, с. 2-4]. Практичні аспекти командної підготовки з використанням VR-симуляторів розглянуто Fan і Wen, які відзначають підвищення ефективності командної взаємодії та просторової координації [7, с. 3-5].

Водночас низка наукових праць присвячена безпосередньо проблемі просторового мислення. Wakabayashi та Ishikawa здійснили ґрунтовний огляд досліджень у галузі GIS і просторового мислення, визначивши його ключову роль у прийнятті рішень і прогнозуванні [8, с. 305-309]. У роботі Nickman та співавт. розглянуто питання формування й оцінювання просторових компе-

тентностей у процесі навчання GIS, що має безпосереднє значення для підготовки фахівців, діяльність яких пов'язана з аналізом місцевості [9, с. 225-230]. Дослідження Duarte, Teodoro та Gonçalves підтверджують, що систематичне використання GIS-концепцій позитивно впливає на розвиток просторового мислення у здобувачів вищої освіти [10, с. 6-8]. Робота Cohen та Hegarty пропонує інструментарій для кількісного оцінювання здатності оперувати тривимірними об'єктами, що може бути використано для аналізу рівня сформованості просторового мислення [11, с. 870-872]. Oswald та співавт. демонструють освітній потенціал тривимірних технологій у географічній освіті, наголошуючи на їх ролі у формуванні просторового уявлення [12, с. 252-258].

Таким чином, аналіз наукових джерел показує, що проблематика тривимірної візуалізації, GIS і просторового мислення широко представлена у сучасних дослідженнях. Водночас більшість праць зосереджена на загальноосвітньому або цивільному контексті, тоді як методичні аспекти цілеспрямованого використання 3D-моделей місцевості у підготовці офіцерів тактичного рівня залишаються недостатньо розкритими. Це обумовлює актуальність дослідження, спрямованого на обґрунтування застосування тривимірних моделей місцевості та спеціалізованого програмного забезпечення як інструмента формування просторового мислення в системі військової освіти.

**Метою статті** є теоретичне та методичне обґрунтування застосування програмного забезпечення «Сіль» як інструмента формування просторового мислення офіцерів тактичного рівня у системі військової освіти. У межах дослідження передбачається визначення місця тривимірного моделювання місцевості в підготовці офіцерських кадрів, аналіз його впливу на розвиток просторової уяви, просторового аналізу та прогнозування, а також обґрунтування ролі 3D-візуалізації у підвищенні якості прийняття тактичних рішень. Реалізація поставленої мети спрямована на формування цілісного педагогічного підходу до використання цифрових просторових моделей у навчальному процесі військових закладів вищої освіти з урахуванням практичної та бойової спрямованості підготовки, вимог Збройних Сил України та стандартів НАТО.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сучасна підготовка офіцерів тактичного рівня в умовах інтенсивного розвитку цифрових технологій та зміни характеру бойових дій вимагає перегляду традиційних підходів до формування професійних компетентностей. Однією з ключо-

вих складових професійної готовності офіцера є просторове мислення, яке визначає здатність адекватно сприймати місцевість, аналізувати рельєф, оцінювати взаємне розташування об'єктів і підрозділів, а також прогнозувати наслідки прийнятих тактичних рішень у просторі та часі.

Просторове мислення офіцера тактичного рівня проявляється у здатності переходити від умовно-знакових зображень місцевості (паперових та електронних карт) до уявного тривимірного образу реального простору, що є критично важливим під час планування бойових дій, організації взаємодії підрозділів, вибору позицій та маршрутів руху. Водночас практика підготовки офіцерів свідчить, що формування такого мислення традиційними методами є складним і часто недостатньо ефективним.

Паперові карти та двовимірні електронні картографічні матеріали забезпечують опанування топографічних понять і навичок орієнтування, проте не завжди дозволяють сформувати стійке уявлення про об'ємну структуру місцевості. Польові макети, які традиційно використовуються у військовій освіті, частково вирішують цю проблему, однак потребують значних часових і матеріальних витрат, мають обмежені можливості масштабування та не дозволяють оперативно змінювати навчальні сценарії.

У зв'язку з цим актуальним є пошук таких засобів навчання, які поєднували б наочність тривимірного відображення місцевості з гнучкістю та багаторазовістю використання, що притаманні цифровим технологіям.

Програмне забезпечення «Сіль» у системі підготовки офіцерів тактичного рівня займає проміжне місце між двовимірними картографічними засобами та безпосереднім польовим навчан-

ням, забезпечуючи перехід від абстрактного сприйняття місцевості до її об'ємного уявлення. Це положення ілюструє концептуальна схема (рис. 1), відповідно до якої «Сіль» виступає своєрідною дидактичною ланкою, що готує курсанта або офіцера до ефективного сприйняття реального рельєфу під час практичних і бойових дій.

Використання ПЗ «Сіль» дозволяє працювати з цифровою моделлю рельєфу, супутниковими зображеннями та векторними даними у форматі тривимірної сцени, що забезпечує високий рівень наочності та просторової достовірності. На відміну від польового макета, цифрова 3D-модель може бути оперативно створена для будь-якої ділянки місцевості, масштабована, доповнена новими об'єктами та використана багаторазово в різних навчальних сценаріях.

На рисунку подано концептуальну модель місця програмного забезпечення «Сіль» у системі підготовки офіцера тактичного рівня та його впливу на формування просторового мислення.

Ліва частина рисунка відображає систему підготовки офіцера тактичного рівня, яка включає послідовне використання різних засобів навчання. Початковим елементом є паперова карта, що забезпечує засвоєння умовних позначень, горизонталей та базових принципів відображення місцевості. Наступним рівнем є двовимірні електронні карти та геоінформаційні системи (GIS), які дозволяють працювати з цифровими картографічними даними та виконувати просторовий аналіз у площині 2D.

Ключовим елементом цієї системи є програмне забезпечення «Сіль», що використовується для створення тривимірної моделі місцевості з об'ємною візуалізацією рельєфу та забудови. Саме цей етап забезпечує перехід від абстрактного сприйняття місцевості до її об'ємного уяв-



**Рис. 1.** Місце програмного забезпечення «Сіль» у системі підготовки офіцерів тактичного рівня та його вплив на формування просторового мислення

лення. Завершальним етапом підготовки є польові заняття, під час яких офіцер працює з реальною місцевістю та виконує практичні завдання в умовах, наближених до бойових.

Права частина рисунка відображає поетапний процес формування просторового мислення офіцера. Він починається зі сприйняття просторової інформації, що включає усвідомлення рельєфу, об'єктів місцевості та їх взаємного розташування. Далі відбувається формування просторової уяви, яке характеризується переходом від двовимірних картографічних зображень до тривимірного образу місцевості.

Наступним етапом є просторовий аналіз обстановки, що передбачає визначення панівних висот, мертвих зон, а також оцінку умов спостереження і ведення вогню. На основі цього здійснюється просторове прогнозування, під час якого офіцер оцінює можливі наслідки прийнятих рішень у просторі та часі. Завершальним етапом є прийняття тактичного рішення, яке характеризується обґрунтованістю та просторовою адекватністю.

Стрілки між елементами лівої та правої частини рисунка відображають причинно-наслідковий зв'язок між засобами підготовки та етапами формування просторового мислення. Особливу роль у цій моделі відіграє програмне забезпечення «Сіль», яке безпосередньо впливає на формування просторової уяви, просторового аналізу та прогнозування, тим самим забезпечуючи якісний перехід від теоретичної підготовки до практичного прийняття тактичних рішень.

Таким чином, наведений рисунок наочно демонструє, що використання ПЗ «Сіль» у навчальному процесі виступає інтегруючою ланкою між традиційними картографічними засобами та польовою підготовкою, суттєво підвищуючи ефективність формування просторового мислення офіцерів тактичного рівня.

Порівняльний аналіз можливостей польового макета та ПЗ «Сіль» (табл. 1) свідчить, що цифрова 3D-модель значно перевершує традиційні засоби за показниками швидкості підготовки, гнучкості

застосування та можливостей роботи в штабних умовах, що є особливо важливим в умовах обмеженого часу та ресурсів.

Однією з ключових переваг використання ПЗ «Сіль» у навчальному процесі є можливість формування у майбутніх офіцерів стійкої просторової уяви. Під час роботи з тривимірною моделлю місцевості користувач має змогу змінювати ракурс спостереження, висоту «точки зору», оцінювати рельєф з позиції командира, спостерігача або безпilotного літального апарата. Такий підхід сприяє переходу від плоского картографічного зображення до об'ємного образу простору, що значно полегшує подальше орієнтування на реальній місцевості.

Зіставлення різних засобів навчання за рівнем впливу на формування просторового мислення (табл. 2) показує, що паперова карта та 2D GIS забезпечують лише низький або середній рівень розвитку цієї якості, тоді як польовий макет і 3D-модель у ПЗ «Сіль» сприяють досягненню високого рівня. При цьому саме цифрова 3D-модель вирізняється високою гнучкістю та можливістю багаторазового використання.

Ці положення наочно підтверджуються діаграмою впливу засобів навчання на розвиток просторового мислення (рис. 2), яка ілюструє поступове зростання цього показника при переході від двовимірних до тривимірних засобів візуалізації.

Наступним етапом формування просторового мислення є просторовий аналіз обстановки, що включає визначення панівних висот, мертвих зон, секторів огляду та вогню, а також оцінку взаємного розташування підрозділів. ПЗ «Сіль» дозволяє виконувати такі завдання в інтерактивному режимі, поєднуючи тривимірне відображення рельєфу з нанесенням умовних тактичних знаків.

Перехід від 2D-символів до просторових макетів тактичних об'єктів під час роботи в 3D-сцені сприяє більш глибокому розумінню бойової обстановки та зменшує ймовірність помилок, пов'язаних із неправильним просторовим уявленням. Це особливо важливо для офіцерів так-

Таблиця 1

**Порівняння «поле та ПЗ «Сіль»»**

<b>Критерій</b>	<b>Польовий макет</b>	<b>«Сіль»</b>
Швидкість підготовки	Години	Хвилини
Масштабування	Обмежене	Вільне
Зміна сценаріїв	Практично неможлива	Миттєва
Точність рельєфу	Умовна	Залежить від DEM
Нанесення тактики	Умовне	Стандартизоване (SIDC)
Повторне використання	Ні	Так
Робота в штабі	Обмежена	Повноцінна

## Засоби навчання і рівень формування просторового мислення

Засіб	Візуалізація	Просторове мислення	Гнучкість
Паперова карта	2D	Низький	Низька
2D GIS	2D	Середній	Середня
Польовий макет	3D (умовний)	Високий	Низька

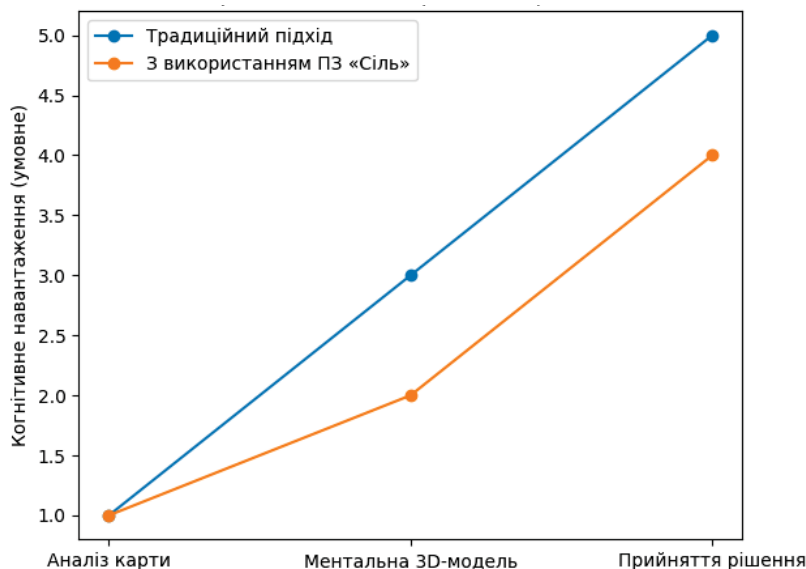


Рис. 2. Порівняння етапів прийняття рішення

тичного рівня, які приймають рішення в умовах обмеженого часу та інформації.

Порівняння етапів прийняття рішення при традиційному підході та з використанням ПЗ «Сіль» (рис. 2) демонструє зменшення когнітивного навантаження на офіцера за рахунок використання готової тривимірної моделі місцевості. Наявність наочної 3D-візуалізації дозволяє скоротити етап побудови уявної моделі обстановки, що позитивно впливає на швидкість і обґрунтованість прийнятих рішень.

Практичне застосування ПЗ «Сіль» у навчальному процесі охоплює широкий спектр навчальних завдань, зокрема визначення панівних висот, аналіз секторів огляду, планування маршрутів руху, роботу з тактичними знаками та просторове прогнозування розвитку обстановки (табл. 3). Можливість багаторазового відтворення різних сценаріїв на одній і тій самій ділянці місцевості сприяє закріпленню навичок просторового аналізу та формуванню впевненості у прийнятті рішень.

Ілюстративна діаграма зменшення часу прийняття рішення під час повторних навчальних занять (рис. 4) відображає загальну тенденцію до підвищення ефективності навчання при використанні тривимірних моделей місцевості. Хоча

наведені дані мають узагальнений характер, вони наочно демонструють педагогічний ефект застосування ПЗ «Сіль» у підготовці офіцерів тактичного рівня.

Аналіз переваг і обмежень ПЗ «Сіль» (рис. 4) свідчить, що дане програмне забезпечення не покликане повністю замінити польові заняття, а має розглядатися як ефективний інструмент їх попередньої підготовки. Висока наочність, безпека навчання та швидкість підготовки 3D-моделей поєднуються з певними обмеженнями, зокрема залежністю від якості цифрової моделі рельєфу та необхідністю підготовленого викладацького складу.

На рисунку представлено приклад тривимірної моделі місцевості, сформованої у програмному забезпеченні «Сіль», що використовується для візуалізації просторової обстановки та підтримки прийняття тактичних рішень на тактичному рівні управління.

У центральній частині зображено 3D-сцену ділянки місцевості, яка включає рельєф, дорожню мережу, забудову та окремі інфраструктурні об'єкти. Рельєф відображено у вигляді об'ємної поверхні з урахуванням перепадів висот, що дозволяє оцінювати характер місцевості, відкритість ділянок, наявність природних укриттів

## Навчальні завдання, що реалізуються в «Сіль»

Навчальна задача	Реалізація в «Сіль»
Визначення панівних висот	Огляд сцени з різних ракурсів
Аналіз секторів огляду	3D-позиціонування
Планування маршрутів	Просторова візуалізація
Робота з тактичними знаками	Перехід 2D → 3D
Просторове прогнозування	Зміна сценаріїв

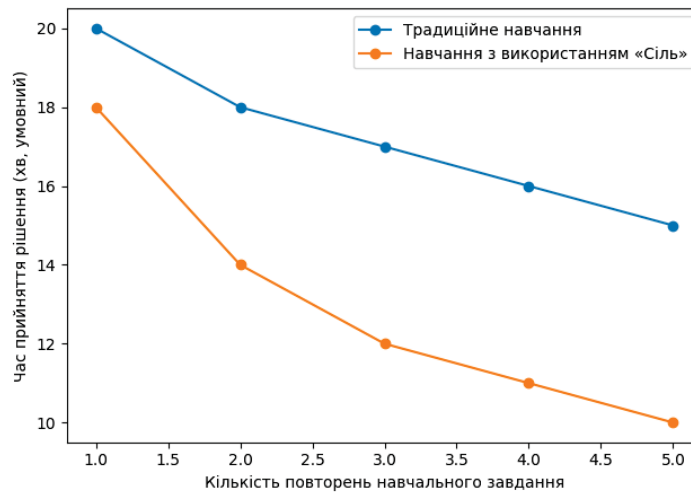


Рис. 3. Зменшення часу на прийняття рішення



Рис. 4. Приклад тривимірної моделі місцевості, створеної у програмному забезпеченні «Сіль», для аналізу просторової обстановки та підтримки прийняття тактичних рішень

і лісових масивів. Забудова представлена у вигляді просторових моделей будівель із заданими геометричними параметрами, що забезпечує наочне уявлення про їх розташування та взаємне просторове положення.

Дорожня мережа відображена у вигляді перехрест'я та окремих напрямків руху, що дозволяє аналізувати можливі маршрути пересування підрозділів, логістичні шляхи та варіанти маневру.

Окремі елементи місцевості, зокрема водойми та лісові ділянки, доповнюють загальну просторову картину та можуть враховуватися під час оцінки прохідності та маскувальних властивостей місцевості.

Інтерфейс програмного забезпечення «Сіль» представлено у вигляді панелей керування та інформаційних віджетів. Ліва панель містить ієрархічний перелік об'єктів сцени, що дає змогу

керувати відображенням окремих елементів місцевості та об'єктів забудови. Права панель відображає атрибутивні характеристики вибраного об'єкта, зокрема параметри висоти, стану та інших функціональних ознак, що дозволяє виконувати їх аналіз і редагування.

У верхній частині екрану розміщено елементи навігації та керування режимами роботи, включаючи вибір між режимами перегляду місцевості та тактичної обстановки. Навігаційний індикатор орієнтації за сторонами світу забезпечує просторову орієнтацію користувача в межах сцени, а відображення координат у нижній частині інтерфейсу дозволяє здійснювати прив'язку об'єктів до обраної системи координат.

Загалом наведений рисунок ілюструє можливість програмного забезпечення «Сіль» щодо створення інтерактивної тривимірної моделі місцевості, яка забезпечує комплексне сприйняття просторової обстановки, сприяє формуванню просторового мислення офіцерів тактичного рівня та підвищує обґрунтованість прийняття тактичних рішень у процесі планування бойових дій.

Разом із тим використання ПЗ «Сіль» дозволяє значно підвищити готовність офіцерів до роботи в реальних умовах, зменшити часові витрати на адаптацію до місцевості та сформувати просторове мислення як одну з ключових професійних якостей офіцера тактичного рівня.

**Висновки.** Проведене дослідження застосування програмного забезпечення «Сіль» у процесі підготовки офіцерів тактичного рівня засвідчило, що традиційні підходи до формування просторового мислення, засновані переважно на використанні паперових карт, двовимірних електронних засобів і епізодичних польових занять, не повною мірою відповідають сучасним вимогам ведення бойових дій. Обмежена наочність, складність переходу від умовно-знакових зображень до реального простору та високі часові витрати на організацію польових форм навчання знижують ефективність підготовки офіцерів до прийняття просторово обґрунтованих тактичних рішень.

Результати дослідження підтверджують доцільність використання програмного забезпечення «Сіль» як ефективного навчального інструмента формування просторового мислення офіцерів тактичного рівня. Застосування тривимірних моделей місцевості забезпечує інтеграцію теоретичної підготовки, роботи з картографічними матеріалами та елементів практичного планування бойових дій у єдиний навчальний процес. 3D-візуалізація рельєфу, забудови й тактичних об'єктів сприяє розвитку

просторової уяви, просторового аналізу та прогнозування, що безпосередньо впливає на якість і швидкість прийняття тактичних рішень.

Встановлено, що використання ПЗ «Сіль» має значний навчально-методичний потенціал. Його застосування дозволяє підвищити наочність навчання, зменшити когнітивне навантаження на курсантів та офіцерів, забезпечити багаторазове відпрацювання навчальних сценаріїв і створити умови для цілеспрямованого формування просторового мислення перед виходом у поле. Водночас ефективність використання програмного забезпечення значною мірою залежить від якості вихідних геопросторових даних, методичного забезпечення занять і рівня підготовки науково-педагогічних працівників.

**Подальші дослідження** доцільно спрямувати на експериментальну перевірку ефективності застосування ПЗ «Сіль» у навчальному процесі військових закладів вищої освіти з використанням кількісних і якісних показників розвитку просторового мислення. Перспективними напрямками є розробка методик оцінювання сформованості просторового мислення офіцерів, інтеграція ПЗ «Сіль» з іншими цифровими системами підтримки прийняття рішень та ситуаційної обізнаності, а також узагальнення міжнародного досвіду використання тривимірного моделювання місцевості у військовій освіті з метою подальшої адаптації національної системи підготовки офіцерів до стандартів НАТО.

#### Список літератури:

1. Ruzinoor C. M., Shamsuddin K., others. A review on 3D terrain visualization of GIS data. *Geocarto International*. 2012. Vol. 27(7). P. 592–606. DOI: <https://doi.org/10.1080/10095020.2012.714101>.
2. Ruzinoor C. M., Said M. N., others. 3D Terrain Visualisation for GIS: A Comparison of Different Techniques. *Developments in Multidimensional Spatial Data Models*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. P. 247–260. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-12272-9\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12272-9_18).
3. Dübel S., Schumann H. Visualization of Features in 3D Terrain. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2017. Vol. 6(11). Art. 357. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi6110357>.
4. Li X., Pu W., Rong J., Xiao X., Zhao X. Terrain visualization information integration in agent-based military industrial logistics simulation. *Journal of Industrial Information Integration*. 2022. Vol. 25. Art. 100260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100260>.
5. Steven L., Hauw J. K., Keane M. B., Gunawan A. A. S. Empowering Military in Tactical and Warfare Area with Virtual Reality Technology: A Systematic Literature Review. *Procedia Computer*

Science. 2023. Vol. 219. P. 445–452. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.596>.

6. Boyce M. W., others. Enhancing Military Training Using Extended Reality: A Study of Military Tactics Comprehension. *Frontiers in Virtual Reality*. 2022. Vol. 3. Art. 754627. DOI: <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.754627>.

7. Fan Y.-C., Wen C.-Y. A Virtual Reality Soldier Simulator with Body Area Networks for Team Training. *Sensors*. 2019. Vol. 19(3). Art. 451. DOI: <https://doi.org/10.3390/s19030451>.

8. Wakabayashi Y., Ishikawa T. Spatial thinking in geographic information science: a review of past studies and prospects for the future. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2011. Vol. 21. P. 304–313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.031>.

9. Hickman J., others. Spatial thinking and GIS: developing and assessing student competencies. *Journal of Geography in Higher Education*. 2023. Vol. 47(2). P. 220–238. DOI: <https://doi.org/10.1080/10382046.2022.2138172>.

10. Duarte L., Teodoro A. C., Gonçalves H. Evaluation of Spatial Thinking Ability Based on Exposure to GIS Concepts in Higher Education. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2022. Vol. 11(8). Art. 417. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi11080417>.

11. Cohen C. A., Hegarty M. Inferring cross sections of 3D objects: A new spatial thinking test. *Learning and Individual Differences*. 2012. Vol. 22(6). P. 868–874. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.05.007>.

12. Oswald C., others. Applications of 3D Printing in Physical Geography Education. *Cartographica*. 2019. Vol. 54(4). P. 250–263. DOI: <https://doi.org/10.3138/cart.54.4.2018-0007>.

### References:

1. Ruzinoor, C. M., Shamsuddin, K., et al. (2012). A review on 3D terrain visualization of GIS data. *Geocarto International*, 27(7), 592–606. <https://doi.org/10.1080/10095020.2012.714101>

2. Ruzinoor, C. M., Said, M. N., et al. (2011). 3D terrain visualisation for GIS: A comparison of different techniques. In *Developments in Multidimensional Spatial Data Models*, 247–260. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-12272-9\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12272-9_18)

3. Dübel, S., & Schumann, H. (2017). Visualization of features in 3D terrain. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(11), 357. <https://doi.org/10.3390/ijgi6110357>

4. Li, X., Pu, W., Rong, J., Xiao, X., & Zhao, X. (2022). Terrain visualization information integration in agent-based military industrial logistics simulation. *Journal of Industrial Information Integration*, 25, 100260. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100260>

5. Steven, L., Hauw, J. K., Keane, M. B., & Gunawan, A. A. S. (2023). Empowering military in tactical and warfare areas with virtual reality technology: A systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 219, 445–452. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.596>

6. Boyce, M. W., et al. (2022). Enhancing military training using extended reality: A study of military tactics comprehension. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 754627. <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.754627>

7. Fan, Y.-C., & Wen, C.-Y. (2019). A virtual reality soldier simulator with body area networks for team training. *Sensors*, 19(3), 451. <https://doi.org/10.3390/s19030451>

8. Wakabayashi, Y., & Ishikawa, T. (2011). Spatial thinking in geographic information science: A review of past studies and prospects for the future. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 21, 304–313. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.031>

9. Hickman, J., et al. (2023). Spatial thinking and GIS: Developing and assessing student competencies. *Journal of Geography in Higher Education*, 47(2), 220–238. <https://doi.org/10.1080/10382046.2022.2138172>

10. Duarte, L., Teodoro, A. C., & Gonçalves, H. (2022). Evaluation of spatial thinking ability based on exposure to GIS concepts in higher education. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(8), 417. <https://doi.org/10.3390/ijgi11080417>

11. Cohen, C. A., & Hegarty, M. (2012). Inferring cross sections of 3D objects: A new spatial thinking test. *Learning and Individual Differences*, 22(6), 868–874. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.05.007>

12. Oswald, C., et al. (2019). Applications of 3D printing in physical geography education. *Cartographica*, 54(4), 250–263. <https://doi.org/10.3138/cart.54.4.2018-0007>

© Т. М. Кравець, О. П. Полець, Р. С. Коваль

### Науково-методична стаття

Дата першого надходження статті до видання: 05.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026