

III. ПРИРОДНИЧА ГЕОГРАФІЯ: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА

УДК 911.2:528.8:004

<https://doi.org/10.17721/2308-135X.2026.82.55-67>

Самойленко Віктор Миколайович,
доктор географічних наук, професор
Вішнікіна Любов Петрівна,
доктор педагогічних наук, професор

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна, e-mail:
viksam1955@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0327-1477

Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка,
Полтава, Україна, e-mail: lpvishnikina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0976-
5512

Діброва Іван Олександрович,
кандидат географічних наук, доцент

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна, e-mail:
idibrova@knu.ua, ORCID ID: 0000-0003-1157-6315

СУЧАСНІ ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ГЕОПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ, РЕЛЕВАНТНІ ДЛЯ
ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Метою статті є вибір і характеристика сучасних програмних засобів геопросторового аналізу, найбільш релевантних для геоecологічного моделювання.

Методика. Методика дослідження базується на багаторічних науково-методичних та прикладних розробках авторів у сфері геоecологічного моделювання, ймовірного аналізу стану складників довкілля та геоінформаційних систем і технологій.

Результати. Проаналізовано сучасні характеристики ГІС-інструментарію *ArcGIS Pro* компанії *ESRI Ltd.* з його додатковими модулями. Показано, що він забезпечує ефективне управління геопросторовими даними, створюючи їхні дво-, три- і чотиривимірні візуалізації та забезпечуючи безперервний обмін такими даними, що сприяє розвитку ефективних заданих модельно-прикладних геоінформаційних рішень. Розглянуто актуальні атрибути ГІС-інструментарію *MapInfo Pro* корпорації *Precisely Inc.*, який дозволяє користувачам створювати, редагувати та аналізувати цифрові карти, а також інтегрувати та візуалізувати різноманітні набори геопросторових даних. Викладено функціональні можливості цього інструментарію, зокрема щодо геопросторового аналізу, управління даними та їхньої тривимірної візуалізації, моделювання та підтримки прийняття обґрунтованих рішень під час геопросторового аналізу. Проілюстровано можливості сучасної версії ГІС-інструментарію *QGIS Desktop* як програмного забезпечення з відкритим кодом, яке використовується для створення, редагування, аналізу, візуалізації та публікації геопросторових даних. Наведено сьогоденні атрибути програмного продукту *Surfer* корпорації *Golden Software Inc.*, який призначено науковцям і прикладним фахівцям природничого профілю для геопросторового аналізу та комплексної аналітичної роботи з поверхнями. Подано актуальні характеристики ГІС-візуалізатора *TerrainView* корпорації *ViewTec Inc.*, який є сучасним програмним продуктом у сфері віртуальної реальності, створеним для оптимізації тривимірної візуалізації різноманітних геопросторових об'єктів і ландшафтів, зокрема через опцію переміщення за місцевістю.

Наукова новизна полягає у тому, що вперше обґрунтовано склад і узагальнено функціональні характеристики, предметні області та приклади застосування, а також інші специфічні атрибути програмних засобів геопросторового аналізу, найбільш релевантних для застосування геоінформаційних моделей в геоecології

Практична значимість. Отримані результати може бути використано для геоінформаційної модельно-параметричної формалізації природничих геосистем і застосування комплексу моделей їхньої стійкості і надійності. Також ці результати можуть бути корисними для фахівців у сфері збереження й відновлення довкілля для оптимізації режимів управління геосистемами та геоecологічного моніторингу, а також діагностики першопричин погіршення стану геосистем.

Ключові слова: геоінформаційні технології, геопросторовий аналіз, ГІС-інструментарій, геоecологічне моделювання, природничі геосистеми.

UDC 911.2:528.8:004

<https://doi.org/10.17721/2308-135X.2026.82.55-67>

Samoilenko Viktor,
Doctor of Sciences in Geography, Professor
Vishnikina Liubov,
Doctor of Sciences in Pedagogy, Professor

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, e-mail:
viksam1955@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0327-1477

V.G. Korolenko National Pedagogic University of Poltava, Poltava,
Ukraine, e-mail: lpvishnikina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0976-
5512

Dibrova Ivan,
Candidate of Sciences in Geography, Associate Professor

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, e-mail:
idibrova@knu.ua, ORCID ID: 0000-0003-1157-6315

MODERN GEOSPATIAL ANALYSIS SOFTWARE TOOLS RELEVANT TO GEOECOLOGICAL
MODELING

The aim of the article is to select and characterize modern geospatial analysis software tools that are most relevant for geoecological modeling.

Methodology. The research methodology is based on many years of scientific- methodological and applied developments of the authors in the scope of geoeological modeling, probabilistic analysis for the state of environmental components, and geoinformation systems and technologies.

Results. The modern characteristics of the *ArcGIS Pro* GIS tools from *ESRI Ltd.* with its additional modules are analyzed. It is shown that it provides effective management of geospatial data, creating their two-, three- and four-dimensional visualizations and ensuring the smooth exchange of such data, which contributes to the development of effective given model-applied geoinformation solutions. The current attributes of the *MapInfo Pro* GIS tools from *Precisely Inc.* are considered, which allows users to create, edit and analyze digital maps, as well as integrate and visualize various sets of geospatial data. The functional capabilities of this tools are outlined, in particular, regarding geospatial analysis, data management and their three-dimensional visualization, modeling and support for making informed decisions during geospatial analysis. The capabilities of the modern version of the *QGIS Desktop* GIS tools are illustrated as open-source software used to create, edit, analyze, visualize and publish geospatial data. The current attributes of the *Surfer* software product from *Golden Software Inc.* are presented, which is intended for scientists and applied specialists in the natural sciences for geospatial analysis and complex analytical work with surfaces. The current characteristics of the *TerrainView* GIS visualizer from *ViewTec Inc.* are presented, which is a modern software product in the scope of virtual reality, created to optimize three-dimensional visualization of various geospatial objects and landscapes, in particular through the option of moving along the terrain.

The scientific novelty lies in the fact that for the first time the composition and functional characteristics, data domains and application examples, as well as other specific attributes of geospatial analysis software tools most relevant for the application of geoinformation models in geoeology, have been substantiated and generalized.

Practical significance. The results obtained can be used for geoinformation model-parametric formalization of natural geosystems and the application of a complex of models of their stability and reliability. Also, these results can be useful for specialists in the field of environment conservation and restoration for optimizing geosystem management regimes and geoeological monitoring, as well as diagnosing the root causes of geosystem deterioration.

Keywords: geoinformation technologies, geospatial analysis, GIS tools, geoeological modeling, natural geosystems.

Постановка проблеми. Цифровізація вивчення довкілля для його збереження та відновлення спричинює об'єктивно зумовлену необхідність широкого застосування геоінформаційних систем і технологій, поступальних і революційних за змістом, зокрема для природничої географії та геоєкології. Геоінформаційні технології сьогодення стали потужним і динамічним сектором глобальної економіки та вагомим сегментом світового ринку програмного забезпечення. На сьогодні існує величезна кількість різних за номенклатурою, функціональними можливостями, доступністю, вартістю та актуальністю програмних засобів геопросторового аналізу, насамперед ГІС-інструментарію. За цих умов обґрунтований і коректний вибір найбільш ефективних таких засобів і оцінка їхніх можливостей для заданої предметної сфери, у даному випадку геоєкологічного моделювання, залишається актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних працях Самойленка В.М., Білоус Л.Ф., Гавриленко О.П., Вішнікіної Л.П., Іванка Д.В. (*Samoilenko et al., 2019, 2021, 2022, 2023, 2026*) геоєкологічне (природничо-географічне) моделювання тлумачиться як дослідження структури, динаміки та стану природничих геосистем, зв'язків і процесів усередині них, між ними та із довкіллям за допомогою геоєкологічних моделей з метою оптимізації стану геосистем. Природнича геосистема при цьому розглядається як складна вкеровна природно-натурально-антропогенна система з експлуатацією її ресурсів. За таких умов за одні з найбільш релевантних геоєкологічних моделей правлять загальні та спеціальні геоінформаційні моделі. До спеціальних моделей при цьому відносяться такі їхні підвиди, як моделі рендерингу, "драпування", кінематично-анімаційної або динамічної інтерактивної візуалізації тривимірних зображень, маршрутно-оптимізаційні, дослідницькі та інші моделі. Утім наразі у публікаціях практично не визначається, які програмні засоби геопросторового аналізу є найбільш застосовними та багатофакторно прийнятними для найбільш оптимальної реалізації саме зазначених геоінформаційних геоєкологічних моделей.

Постановка завдання. Завданням цієї публікації є вибір та характеристика сучасних програмних засобів геопросторового аналізу, передусім ГІС-інструментарію, релевантних для геоєкологічного моделювання за допомогою геоінформаційних моделей.

Виклад основного матеріалу. Аналіз наявних сучасних розробок і матеріалів відповідних веб-сайтів у сфері геоінформаційних технологій (*Samoilenko, Datsenko, Dibrova, 2015;*

Samoilenko, Bilous, 2024) призвів до висновку про доцільність заданого тематичного вибору та розгляду не тільки ГІС-інструментарію у буквальному його тлумаченні, а й слушності наведення характеристики і певних інших програмних засобів. Вони разом з ГІС-інструментарієм і підтримують ефективно геопросторовий аналіз як основу сучасного геоecологічного моделювання. Таким чином надалі розглядаються особливості обраних програмних засобів, а саме:

- ГІС-інструментарію *ArcGIS Pro* компанії *ESRI Ltd.* (США);
- ГІС-інструментарію *MapInfo Pro* корпорації *Precisely Inc.* (США);
- ГІС-інструментарію *QGIS Desktop*;
- програмного продукту *Surfer* корпорації *Golden Software Inc.* (США);
- ГІС-візуалізатора *TerrainView* корпорації *ViewTec Inc.* (США).

1. ГІС-інструментарій *ArcGIS Pro* компанії *ESRI Ltd.* згідно з (*Esri/ArcGIS, 2025; Esri/ArcGIS Pro 01, 2025*) є провідним комерційним інноваційним повнофункціональним настільним (англ. *desktop*) ГІС-інструментарієм зазначеної компанії в комплексі її програмних продуктів *ArcGIS* (рис.1).

Цей інструментарій забезпечує ефективне управління геопросторовими даними, створюючи дво-, три- і чотиривимірні візуалізації таких аналітично оброблених даних. До того ж безперебійний обмін останніми в усьому комплексі *ArcGIS* сприяє розвитку підтримки ефективних заданих модельно-прикладних геоінформаційних рішень.

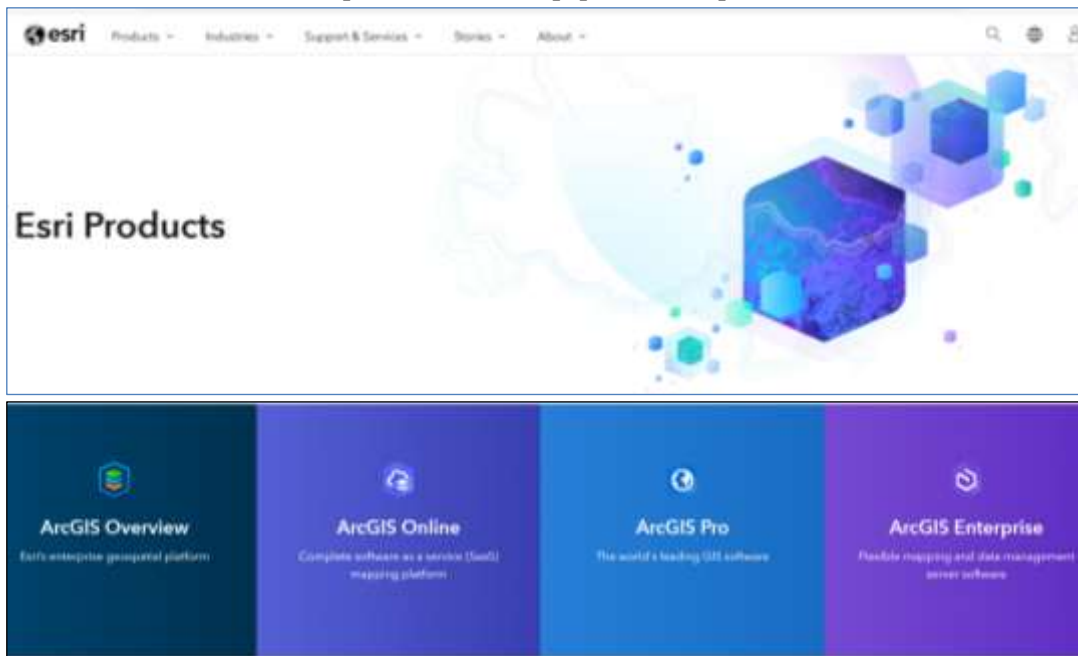


Рис.1 Конфігурація комплексу програмних продуктів *ArcGIS* компанії *ESRI Ltd.* (за *Esri/ArcGIS, 2025*)

ArcGIS Pro у версії на 2025 рік підтримує можливість поєднувати різні джерела отримання дво-, три- і чотиривимірних геопросторових даних, щоб створювати сучасні геоінформаційні продукти, передусім карти. Аналітичні інструменти *ArcGIS Pro* дозволяють виявляти закономірності, властиві зазначеним даним і залучати їх до оцінювально-прогнозного моделювання складників довкілля тощо (табл.1).

Таблиця 1.

Предметні області застосування та функціональні можливості ГІС-інструментарію *ArcGIS Pro* компанії *ESRI Ltd.* (за *Esri/ArcGIS Pro 01, 2025*)

Області застосування	Функціональні можливості
Дослідження та візуалізація	Використання тривимірного дослідницького аналізу для заданих геопросторових даних з інтерактивним створенням геопросторових об'єктів і миттєвим редагуванням параметрів аналізу. Забезпечення візуального зворотного зв'язку у режимі реального часу під час геопросторового аналізу.

Картографія та дизайн	Додавання власних геопросторових даних з дотриманням відповідності сучасним картографічним і дизайнерським стандартам. Можливість експорту проектів в <i>Adobe Illustrator</i> . Використання сучасних інструментів картографічної символіки, продуктивного перегляду та підтримки геопросторових форматів.
Зображення та дистанційне зондування	Застосування набору потужних інструментів для візуалізації, управління та аналізу великих колекцій зображень і растрових даних, отриманих з дронів, супутників, лідарів тощо.
Аналітика та науково обґрунтована обробка даних	Використання аналітичних інструментів наукового обґрунтованого картографування для дво-, три- і чотиривимірних геопросторових даних з метою виявлення закономірностей, формування прогнозів та отримання відповідей на дослідницькі запитання.
Управління даними	Забезпечення цілісності даних завдяки наявності повного набору інструментів для зберігання, редагування та управління різними формами геопросторових даних, зокрема з великими їхніми обсягами та з відображенням даних у реальному часі.
Поширення та обмін результатами	Знаходження та поширення заданого геопросторового контенту та цифрових карт безпосередньо в <i>ArcGIS Pro</i> . Забезпечення доступу до хмарного контенту <i>ArcGIS Living Atlas of the World</i> (Самойленко, Білоус, 2024).
Налаштування та створення	Створення нових надбудов і конфігурацій <i>ArcGIS Pro</i> за допомогою наборів інструментальних засобів розробки програмного забезпечення для роботи з оптимальним програмним середовищем.
Нові можливості	Оперування вокселними шарами – тривимірними об'ємними шарами для візуального аналізу та дослідження складних багатовимірних геопросторових даних з реалізацією результатів у дизайнерських проектах.

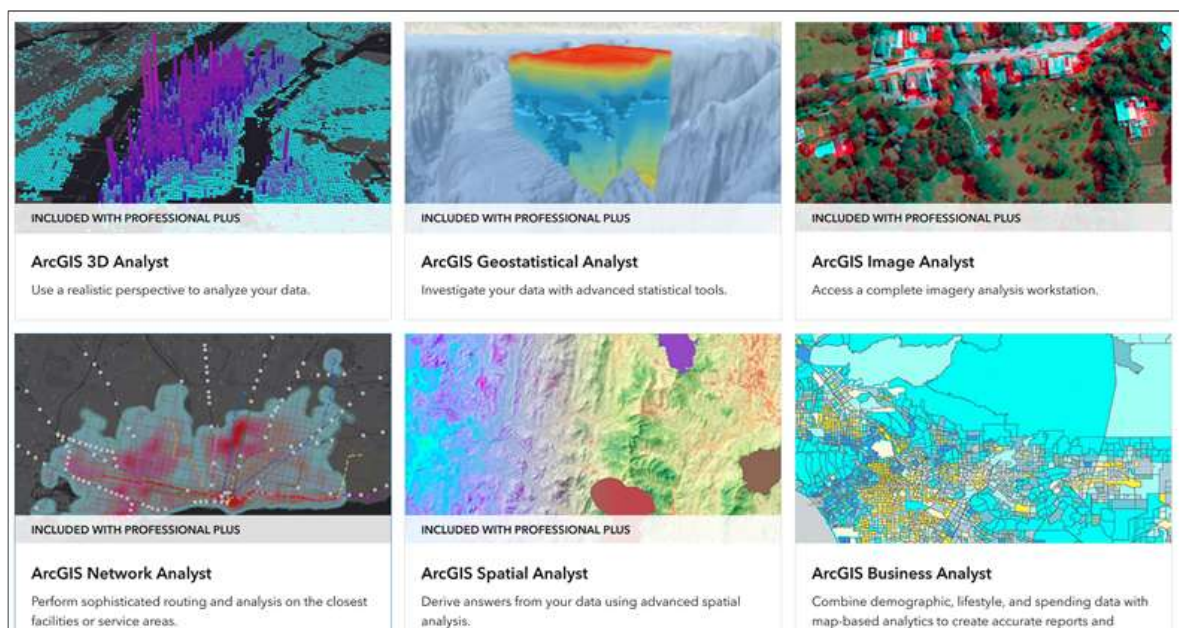


Рис.2 Група модулів розширеного аналізу геопросторових даних ArcGIS компанії ESRI Ltd. (за Esri/ArcGIS Pro 02, 2025)

Найбільш повно функціональні можливості *ArcGIS Pro* реалізуються за рахунок його спільної роботи з **додатковими модулями (т. зв. розширеннями) ArcGIS компанії ESRI Ltd.** До груп таких модулів згідно з (Esri/ArcGIS Pro 02, 2025) належать:

- 1) група модулів розширеного аналізу геопросторових даних (рис.2), а саме модулі:
 - *ArcGIS 3D Analyst* для створення реалістичної перспективи під час геопросторового аналізу;
 - *ArcGIS Geostatistical Analyst* для дослідження обраних геопросторових даних за допомогою інструментів статистичного та стохастичного математичного аналізу;
 - *ArcGIS Image Analyst* для повноцінного аналізу різноманітних зображень;

- *ArcGIS Network Analyst* для виконання складних задач з маршрутизації та алокації;
- *ArcGIS Spatial Analyst* для розширеного геопросторового аналізу;
- *ArcGIS Business Analyst* для геопросторового аналізу чинників, які впливають на ринки, зокрема демографічної ситуації, особливостей життєдіяльності та споживання продуктів і товарів населенням тощо;

- *ArcGIS Knowledge* для оптимізації управління різноманітними підприємствами у сфері їхньої діяльності;

2) група модулів управління геопросторовими даними та робочими процесами щодо них (рис.3), а саме модулі:

- *ArcGIS Data Reviewer* для автоматизації та покращення процесу управління якістю геопросторових даних;

- *ArcGIS Publisher* для видавання та поширення високоякісних цифрових карт;

- *ArcGIS Workflow Manager* для застосування різнорівневої системи управління робочими процесами обраного підприємства;

- *ArcGIS Data Interoperability* для інтегрованої роботи з будь-якими програмами та форматами геопросторових даних;

- *ArcGIS Reality for ArcGIS Pro* для створення великомірильних і реалістичних тривимірних зображень за даними, отриманими з дронів, аерофото- та супутникових знімків;

- *ArcGIS StreetMap Premium* для використання точних геоданих про вулично-дорожню мережу для її картографування із застосуванням інструментів точного геокодування, оптимізованої маршрутизації, алокації та аналізу мереж;

3) група модулів управління геопросторовими даними, специфічними для різних галузей економіки (рис.4), а саме модулі:

- *ArcGIS Aviation Airports* для забезпечення найвищої якості операційних геопросторових даних, які відповідають нормативним вимогам роботи аеропортів;

- *ArcGIS Aviation Charting* для управління авіаційною інформацією зі створенням високоякісних карт за допомогою сучасних інструментів обробки даних, картографування та управління робочими процесами в авіаційній галузі;

- *ArcGIS Bathymetry* для управління батиметричними геопросторовими даними;

- *ArcGIS Defense Mapping* для створення цифрових карт у сфері оборони на основі сучасної СУБД;

- *ArcGIS Maritime* для управління гідрографічною та морською навігаційною інформацією, геоінформаційними продуктами та робочими процесами в цій галузі;

- *ArcGIS Pipeline Referencing* для створення, управління та оптимізації маршрутів та оперативного обслуговування інфраструктури трубопровідного транспорту;

- *ArcGIS Roads and Highways* для забезпечення інтегрованої основи для супроводу геопросторових даних про дорожню мережу за допомогою сучасних лінійних систем прив'язки.

2. ГІС-інструментарій *MapInfo Pro* корпорації *Precisely Inc.* за (*Precisely/MapInfo Pro 01, 2025*) є комерційним повнофункціональним настільним ГІС-інструментарієм цієї корпорації. *MapInfo Pro* у версії *v2023.1* править за потужний програмний засіб управління, аналізу та візуалізації геопросторових даних. Він використовується фахівцями та аналітиками в різних секторах економіки, зокрема в державному та приватному бізнесі. ГІС-інструментарій дозволяє користувачам створювати, редагувати та аналізувати цифрові карти, а також інтегрувати та візуалізувати різноманітні набори геопросторових даних. ***MapInfo Pro v2023.1* функціонально призначено** для:

1) **картографування та візуалізації** з можливістю створювати різні типи цифрових карт, серед них тематичні, та візуалізувати геопросторові дані за допомогою символів, тем та міток (рис.5);

2) **геопросторового аналізу** на основі наявності низки інструментів зазначеного аналізу для таких завдань, як перерозподіл, буферизація та об'єднання/розділення геопросторових об'єктів карти (рис.6);

3) **управління даними** на основі здатності обробляти різні формати геопросторових даних, серед них шейп-файли, *DXF*-файли та дані з *Microsoft Excel* та *Microsoft Access*, а також підтримувати геопросторові бази даних та хмарні сховища даних, такі як *Snowflake* одноїменної компанії;

4) **інтеграції** з можливістю спільної роботи з іншими програмними продуктами, зокрема з веб- та мобільними застосунками, а також використовуватися з платформою *Spectrum Spatial*.

Останню додатково створено корпорацією *Precisely Inc.* для підтримки геопросторових рішень в організаціях і установах (рис.7);

5) **тривимірної візуалізації** геопросторових даних для наступного їхнього аналізу;

6) **застосування інтуїтивно сприйнятливою інтерфейсу**, коли забезпечується зручність використання інтерфейсу досить потужного програмного продукту *MapInfo Pro* навіть тими, хто не є фахівцем з геоінформаційних технологій (рис.8);

7) **підтримки гнучкості та можливості модифікації**, що забезпечується інструментами для налаштування та модифікації продукту під конкретного користувача, зокрема модулем *MapBasic*;

8) **забезпечення презентабельності** за рахунок інструментів для створення оптимальних макетів карт і звітів для презентацій наукових розвідок і узагальнень;

9) **дослідження та розуміння місцезнаходжень**, що базується на можливості візуалізувати та аналізувати тематичні геопросторові дані з виявленням прихованих закономірностей їхніх геопросторових розподілів (див. наступний рис.9);

10) **моделювання та підтримки прийняття обґрунтованих рішень** під час геопросторового аналізу.

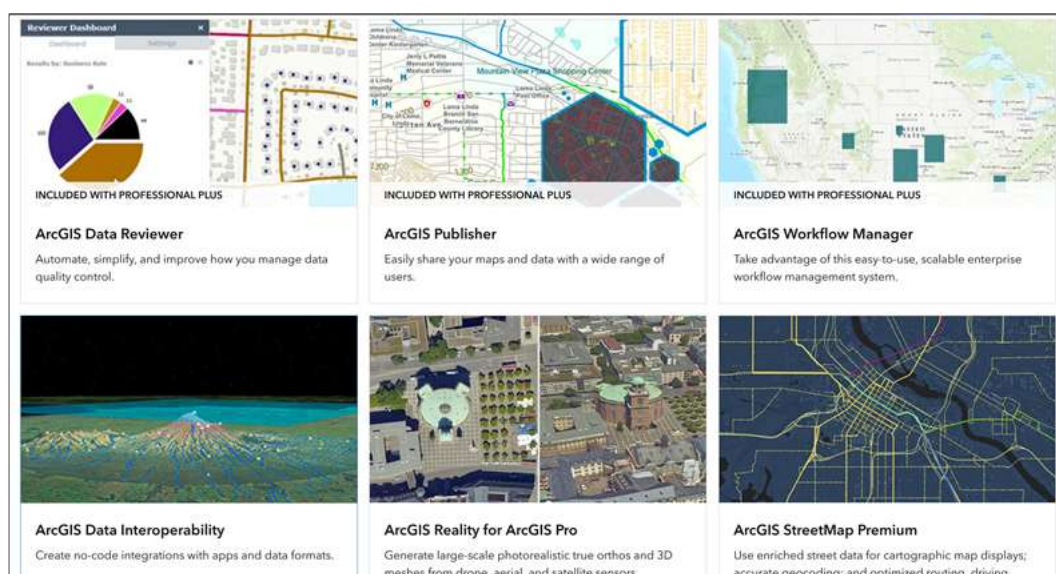


Рис.3 Група модулів управління геопросторовими даними та робочими процесами щодо них ArcGIS компанії ESRI Ltd. (за Esri/ArcGIS Pro 02, 2025)

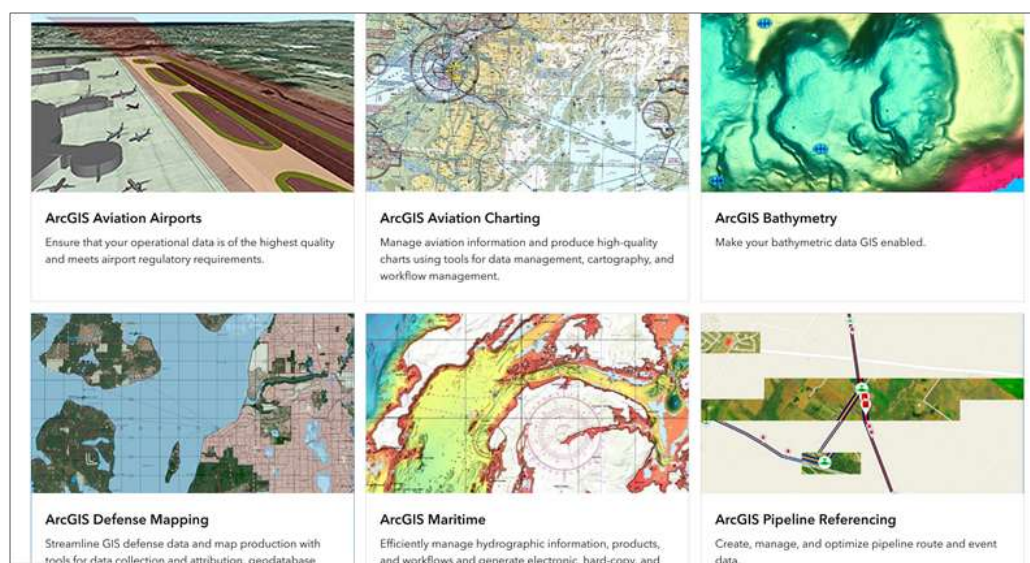


Рис.4 Група модулів управління геопросторовими даними, специфічними для різних галузей економіки, ArcGIS компанії ESRI Ltd. (за Esri/ArcGIS Pro 02, 2025)

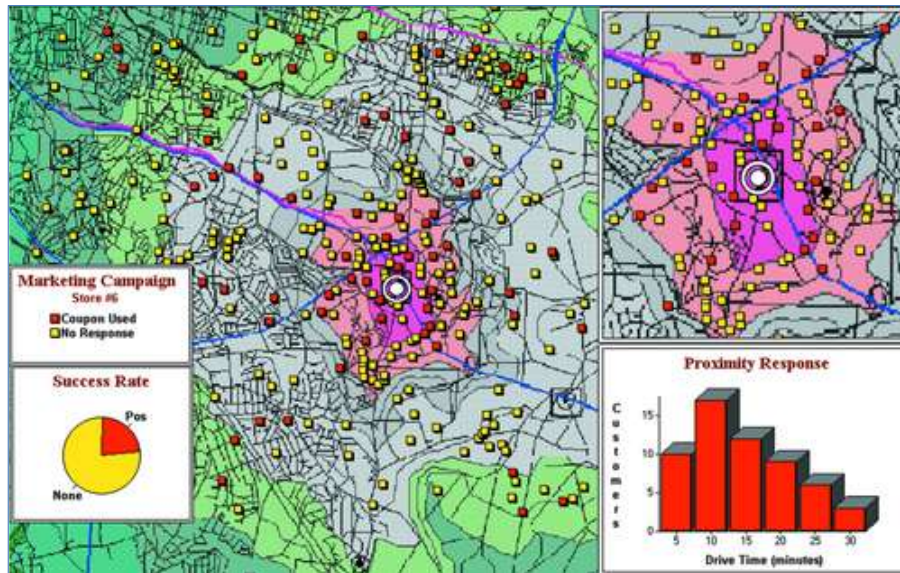


Рис.5 Приклад тематичної карти, побудованої засобами MapInfo Pro v2023.1 (за Precisely/MapInfo Pro 02, 2025)

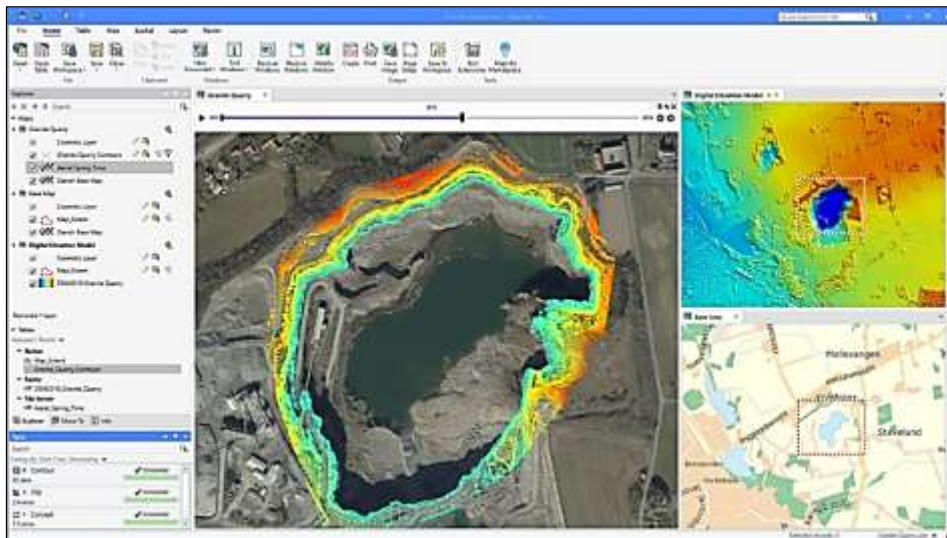


Рис.6 Аналіз геопросторово-часової динаміки видобутку граніту за допомогою MapInfo Pro v2023.1 (за Precisely/MapInfo Pro 01, 2025)



Рис.7 Фрагмент інтерфейсу застосунку Risk Analyzer платформи Spectrum Spatial корпорації Precisely Inc., призначеного для оцінювання ріелтєрських ризиків (за Precisely/Spectrum Spatial, 2025)

2) **картографування та візуалізація.** Користувачі можуть створювати та налаштовувати цифрові карти, зокрема через додавання написів, символів та інших картографічних елементів. Пропонуються також інструменти для розробки макетів друку для створення високоякісних карт (рис.11);

3) **геопросторовий аналіз** на основі комплексного набору інструментів такого аналізу, які базуються на обробці та дослідженні геопросторових даних (рис.12);

4) **розширюваність** за допомогою плагінів, що дозволяє користувачам збільшувати функціональність інструментарію та інтегрувати його з іншим застосунками;

5) **підтримка web-сервісів** для доступу до та багатофункціонального використання геопросторових даних із зовнішніх джерел, насамперед інформаційно-мережних;

6) **інтеграція з іншим відкритим ПС-інструментарієм;**

7) **зручний інтерфейс користувача** (рис.13);

8) **застосування у різних предметних областях**, зокрема у науках про Землю, охороні та відновленні довкілля, міському плануванні, різнорівневій освіті тощо.

4. Програмний продукт *Surfer* корпорації *Golden Software Inc.* за інформацією (*Golden Software/Surfer, 2025*) є флагманським комерційним програмним продуктом цієї корпорації для геопросторового аналізу та тривимірної візуалізації.

Surfer у сучасній версії v.29.3.307 призначено науковцям і прикладним фахівцям природничого профілю для комплексної аналітичної роботи з поверхнями. Цей програмний продукт забезпечує виконання таких функцій, як (рис.14-16):

– побудова та аналіз атрибутів дво- та тривимірних карт поверхонь, серед них на основі ЦМР;

– застосування широкої палітри засобів оформлення дво- та тривимірних зображень і цифрових карт;

– накладання на тривимірні зображення планіметричних шарів і інші операції з накладання шарів цифрових карт;

– створення широкого комплексу тематичних, поміж них специфічних цифрових карт, готових для високоякісного друку;

– візуалізація зображень і карт практично у будь-якому, потрібному користувачеві, режимі;

– високоякісна координатна прив'язка геопросторових даних і інші функції.

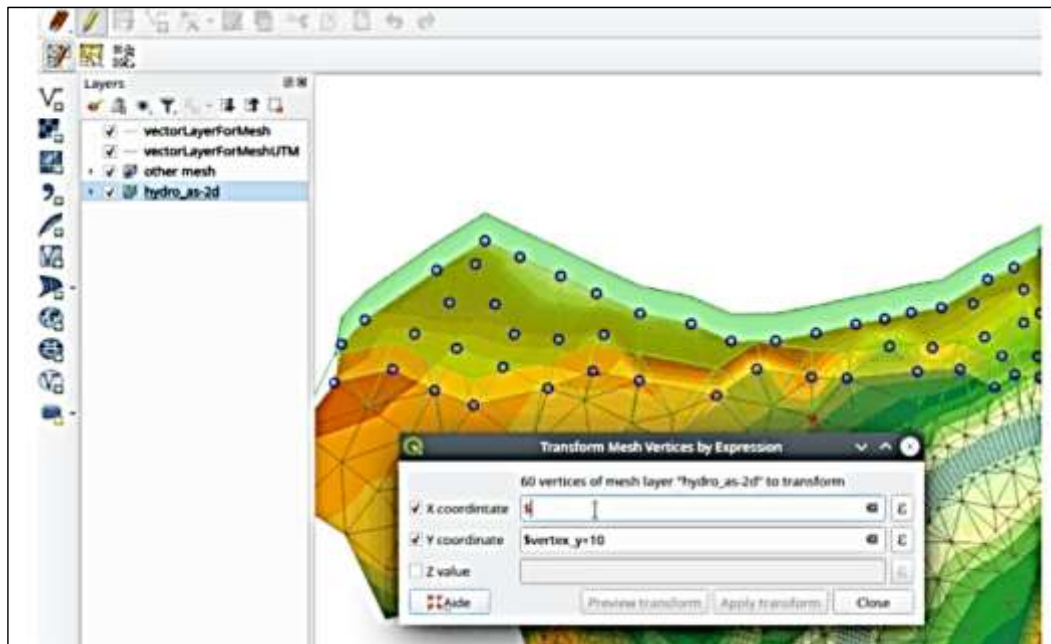


Рис.10 Приклад редагування цифрових шарів за допомогою QGIS Desktop v.3.40 (за QGIS, 2025)

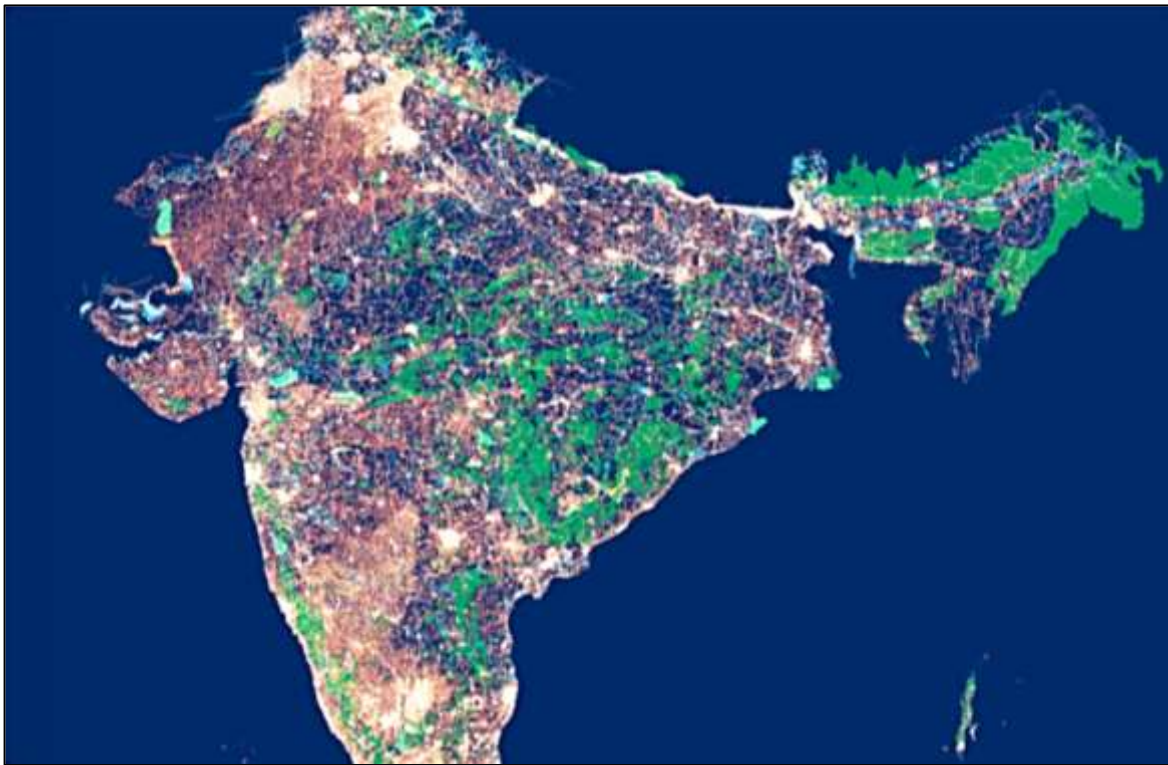


Рис.11 Приклад створення цифрових карт за допомогою QGIS Desktop v.3.40 (за QGIS, 2025)

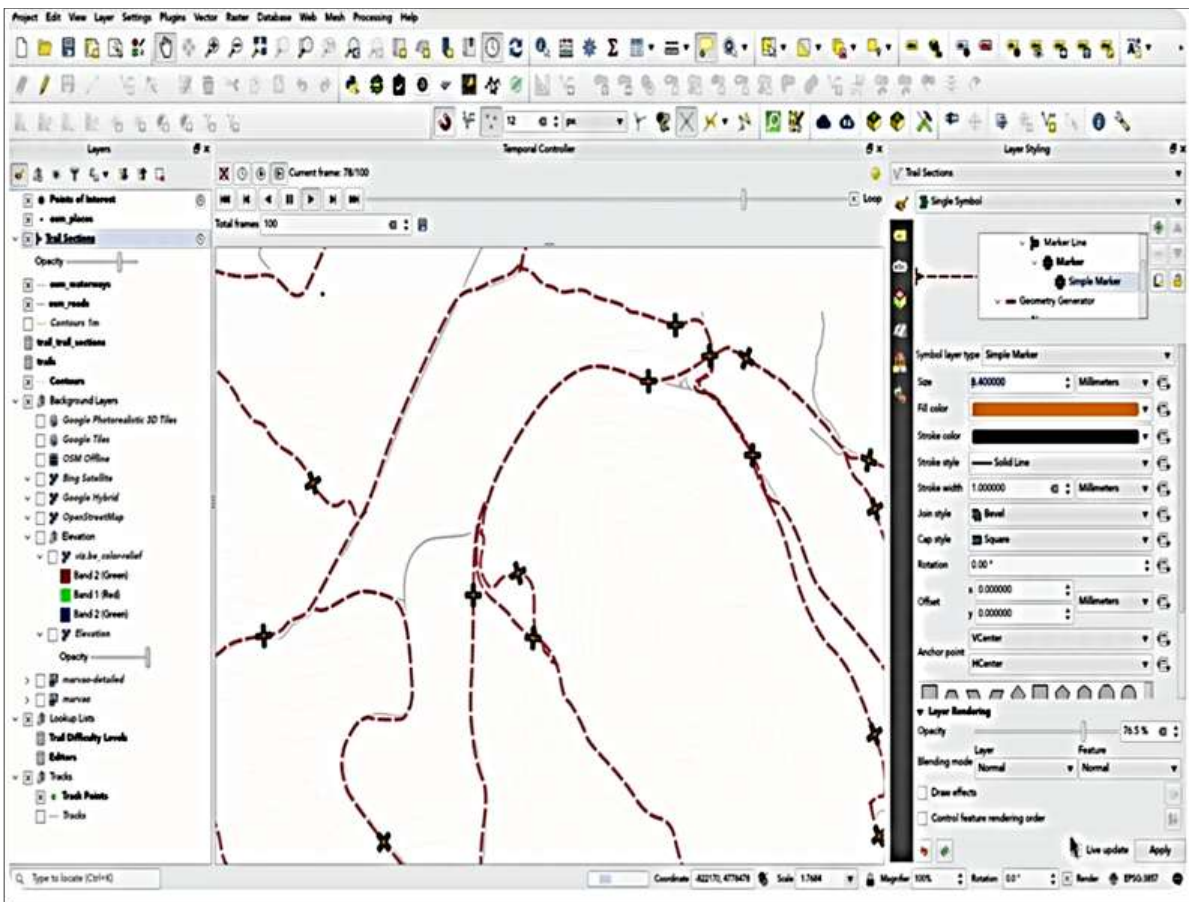


Рис.12 Приклад обробки та аналізу геопросторових даних допомогою QGIS Desktop v.3.40 (за QGIS, 2025)

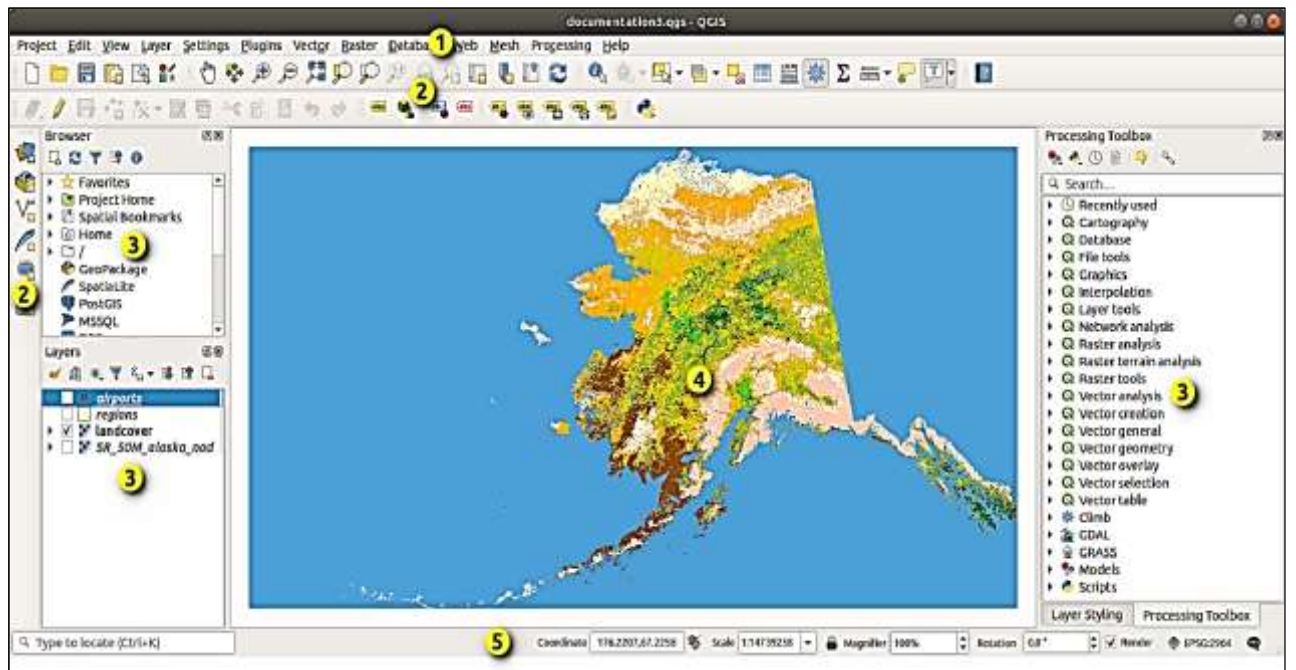


Рис.13 Структура інтерфейсу QGIS Desktop v.3.40 (1 – рядок меню; 2 – панелі інструментів; 3 – інші панелі; 4 – вікно карти; 5 – рядок стану) (за QGIS, 2025)

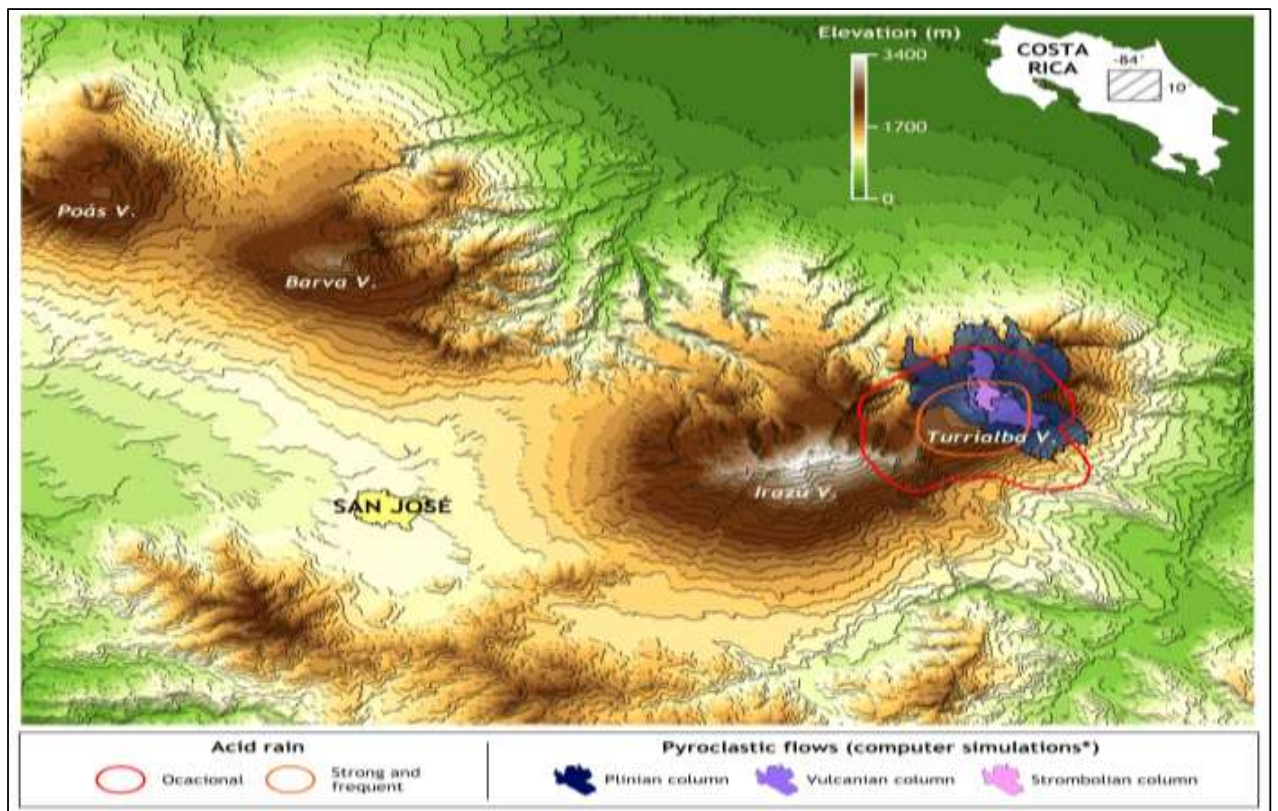


Рис.14 Приклад карти тривимірної модельної візуалізації локалізації можливих загроз від виверження вулкана, побудованої засобами Surfer v.29.3.307 (за Golden Software/Surfer, 2025)

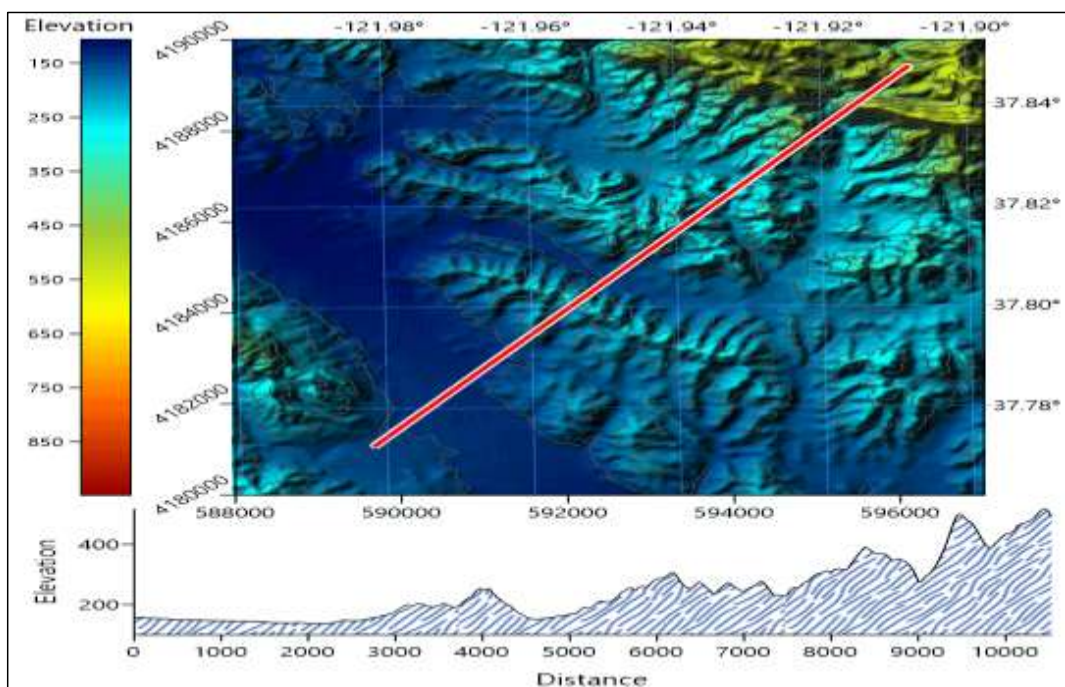


Рис.15 Приклад поперечного профілю топографічної поверхні, побудованого засобами Surfer v.29.3.307 (за Golden Software/Surfer, 2025)

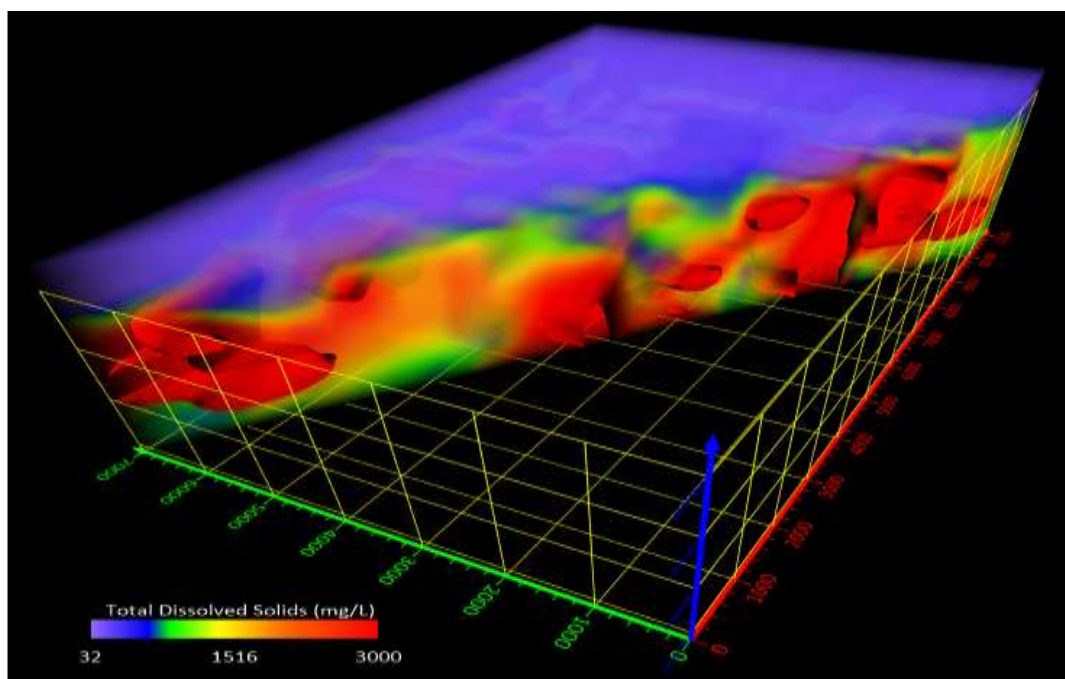


Рис.16 Приклад тривимірної візуалізації розподілу концентрації завислих речовин у водному об'єкті, створеної засобами Surfer v.29.3.307 (за Golden Software/Surfer, 2025)

5. ГІС-візуалізатор **TerrainView** корпорації **ViewTec Inc.** згідно з (ViewTec, 2025) є сучасним програмним продуктом у сфері віртуальної реальності, який створено для оптимізації тривимірної візуалізації різноманітних геопросторових об'єктів і ландшафтів. **Основними рисами** ГІС-візуалізатора **TerrainView** у версії на 2025 рік є:

- можливість роботи з високоякісними геопросторовими даними в інформаційних мережах різного рівня;
- здатність до обробки великих обсягів даних в реальному часі;

- оперування ЦМР, ортофотознімками високого розрізнення, даними дистанційного зондування, тривимірними моделями споруд і іншими растровими та векторними даними;
- підтримка більшості розповсюджених тривимірних форматів;
- наявність великого числа опцій, зокрема опції переміщення за місцевістю ("обльоту");
- наявність набору інструментів для вимірювань і геометричних побудов;
- можливість створення додаткових цифрових відеосюжетів;
- здатність до підвищення реалістичності сюжетів огляду за рахунок до-давання тривимірних моделей заданих об'єктів, відтворення погодних умов і режиму освітлення тощо.

Висновки. Сучасне геоекологічне моделювання найбільш ефективно імплементується через загальні та спеціальні геоінформаційні моделі. Аналіз засвідчив, що такі моделі на сьогодні найбільш оптимально підтримуються такими прогресивними програмними засобами геопросторового аналізу, як ГІС-інструментарії *ArcGIS Pro* компанії *ESRI Ltd.*, *MapInfo Pro* корпорації *Precisely Inc.*, *QGIS Desktop*, програмний продукт *Surfer* корпорації *Golden Software Inc.* та ГІС-візуалізатор *TerrainView* корпорації *ViewTec Inc.* Наведено функціональні характеристики, предметні області та приклади застосування, а також інші специфічні атрибути зазначених засобів геопросторового аналізу.

Список використаних джерел:

- Samoilenko, V.M., Dibrova, I.O. (2019).* Pryrodnycho-heohrafichne modelyuvannya [Natural-geographic modeling]. Kyiv: Nika-Tsentr, 320 p. (In Ukrainian). https://www.researchgate.net/publication/%20358725842_Samoilenko_VM_Dibrova_IO_Prirodnicogeograficne_%20modeluvannya_pidruchnik_Kyiv_Nika-Centr_2019_-_320_s
- Samoilenko, V., Bilous, L., Havrylenko, O., Dibrova, I. (2021).* Geoinformation model cause-effect analysis of anthropogenic impact in the Podilsko-Prydniprovskiy region. *European Association of Geoscientists & Engineers. V.2021: 1–6.* <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521006>
- Samoilenko, V.M., Vishnikina, L.P., Dibrova, I.O. (2022).* Pryrodnycho-heohrafichne modelyuvannya yak analitychno-tekhnolohichnyy instrument suchasnoyi landshaftnoyi ekolohiyi. [Natural-geographic modeling as an analytical-technological tool of modern landscape ecology]. *Landscape Science, 2(2), 84-101.* (In Ukrainian). <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2022-2-84-101>
- Samoilenko V., Bilous L., Havrylenko O., Dibrova I. (2022).* Optimization of Geoeological Monitoring in the Post-War Period. *European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, XVI International Scientific Conference 'Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment'*, Nov. 2022, Volume 2022: 1-5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580003>
- Samoilenko V.M., Dibrova I.O. (2023).* Assessment of landscape anthropization. Kyiv: Nika-Tsentr. 320 p. https://www.researchgate.net/publication/370184278_Samoilenko_V_Dibrova_I_Assessment_of_landscape_anthropization_textbook_electronic_version_in_English_Kyiv_Nika-Tsentr_2023_320_p_ISBN_978-966-521-415-1
- Samoilenko V., Bilous L., Havrylenko O., Dibrova I. (2023).* Monitoring of the Geoeological Situation in Ukraine and Germany. *European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, 17th International Scientific Conference 'Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment'*, Nov. 2023, Volume 2023: 1-5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520009>
- Samoilenko V., Bilous L., Dibrova I., Grynova M., Vishnikina L. (2025).* Geospatial Model Assessment of Anthropization Extent for Aquatic-Terrestrial Landscapes. *European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, 18th International Scientific Conference 'Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment'*, Apr. 2025, Volume 2025: 1-5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2025510031>
- Samoilenko V.M., Dibrova I.O., Ivanok D.B. (2026).* Heoekolohichne modeliuвання [Geoeological Modeling]. Kyiv: Nika-Tsentr. 296 p. https://www.researchgate.net/publication/399488538_Samoilenko_VM_Dibrova_IO_Ivanok_DV_Geoekologichne_modeluvannya_Monografiya_2026
- Samoilenko V.M., Datsenko L.M., Dibrova I.O. (2015).* GIS designing. Kyiv: SE 'Print Service'. 256 p. https://www.researchgate.net/publication/358727130_GIS_designing_Textbook_in_English_and_Ukrainian_Samoilenko_V_Datsenko_L_Dibrova_I_Kyiv_Print_Service_2015_256_p
- Samoilenko V., Bilous L. (2024).* Designing geoinformation systems. Kyiv: Nika-Tsentr. 254 p. https://www.researchgate.net/publication/379077120_Designing_geoinformation_systems_textbook_electronic_version_in_English_and_Ukrainian_Kyiv_Nika-Tsentr_2024_254_p
- Esri/ArcGIS Pro 01 (2025).* <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>
- Esri/ArcGIS Pro 02 (2025).* <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/extensions>
- Precisely/MapInfo Pro 01 (2025).* <https://www.precisely.com/product/precisely-mapinfo/mapinfo-pro>
- Precisely/Spectrum Spatial (2025).* <https://www.precisely.com/product/precisely-spectrum-spatial/spectrum-spatial>
- Precisely/MapInfo Pro 02 (2025).* <https://help.precisely.com/r/t/1031444714/2023-12-31/MapInfo-Pro/pub/2023/en-US/MapInfo-Pro-User-Guide/Mapping-at-a-Glance>
- QGIS (2025).* <https://qgis.org>
- OSGeo (2025).* <http://www.osgeo.org>
- Golden Software/Surfer (2025).* <https://www.goldensoftware.com/products/surfer/>
- ViewTec (2025).* <https://www.viewtec.net/products/terrainview/>

Отримано редакцією журналу / Received: 06.02.26
 Прорецензовано / Revised: 23.02.26
 Схвалено до друку / Accepted: 27.02.26