

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В МАРКШЕЙДЕРІЇ:

методичні вказівки
до виконання індивідуальних завдань

Запоріжжя 2026



УДК 528.94:622.1(072)
Г35

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 7 від 04.06.2026 р)

Укладач

Батур М.О., Ph.D.

Г35 Геоінформаційні системи в маркшейдерії : методичні рекомендації до виконання індивідуальних завдань / уклад. М. О. Батур. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026. 29 с.

У методичних рекомендаціях наведено тематику індивідуальних робіт, вихідні данні, методичні пояснення щодо порядку та приклади їх виконання, критерії оцінювання, вимоги до оформлення звітів.

УДК 528.94:622.1(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026



ЗМІСТ

| | |
|--|--|
| Вступ..... | 4 |
| 1. Індивідуальна робота №1: Підготовка короткої презентації з обраної теми | 12 |
| 1.1. Мета та значення індивідуальної роботи Ошибка! Закладка не определена. | |
| 1.2. Вихідні дані | 5 |
| 1.3. Приклад виконання | 7 |
| 1.4. Критерії оцінювання та вимоги для оформлення звіту | 26 |
| 2. Індивідуальна робота №2: Аналіз наукової статті з прикладних аспектів використання ГІС у гірничій справі..... | 12 |
| 2.1. Мета та значення індивідуальної роботи Ошибка! Закладка не определена. | |
| 2.2. Вихідні дані | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.3. Приклад виконання | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2.4. Критерії оцінювання та вимоги для оформлення звіту | 24 |
| Література_ | 26 |
| Додаток А_Приклад титульного листа | 28 |



ВСТУП

В рамках освоєння курсу «Геоінформаційні системи в маркшейдерії» студенти набувають практичних компетентностей з опрацювання наукової та навчальної інформації, а також компетентностей професійної комунікації. З метою формування зазначених компетентностей студентам пропонується виконання двох індивідуальних робіт різного спрямування.

Перша індивідуальна робота спрямована на розвиток академічних і професійних умінь, зокрема навичок усного виступу, підготовки презентацій, логічного структурування матеріалу та аргументованого пояснення основних ідей обраної теми. Її виконання сприяє вдосконаленню комунікаційних здібностей студентів та вмінню стисло й послідовно представляти інформацію перед аудиторією.

Друга індивідуальна робота орієнтована на розвиток навичок наукового читання та аналізу фахових публікацій. Окрема увага приділяється роботі з сучасними науковими статтями дослідницького типу та практичними прикладами з різних країн світу, що дає можливість студентам ознайомитися з актуальними глобальними проблемами гірничої галузі та прикладними аспектами використання ГІС у міжнародній практиці.

Представлені методичні рекомендації містять тематику індивідуальних робіт, вихідні дані, методичні пояснення щодо порядку виконання завдань, приклади їх реалізації, критерії оцінювання та вимоги до оформлення звітів. Результатом виконання кожної індивідуальної роботи є оформлений відповідно до встановлених вимог та поданий на перевірку звіт. Максимальна кількість балів, яку здобувач може отримати за виконання однієї індивідуальної роботи, становить 14 балів.



1. ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА №1

«ПІДГОТОВКА КОРОТКОЇ ПРЕЗЕНТАЦІЇ З ОБРАНОЇ ТЕМИ»

1.1. Мета та значення індивідуальної роботи

Дана індивідуальна робота спрямована на розвиток у студентів навичок пошуку та аналізу наукової та навчальної літератури, а також підготовки коротких презентацій за обраними темами. Виконання роботи дозволяє студентам навчитися визначати ключові ідеї та головні положення матеріалу, структурувати їх у форматі презентації та коротко й чітко викладати основні положення перед аудиторією. Крім того, робота сприяє розвитку академічних компетентностей, таких як критичне мислення, вміння виділяти суттєве з великого обсягу інформації та орієнтуватися у сучасних джерелах знань. Практичне значення полягає у формуванні навичок усного виступу та аргументованого пояснення основних ідей обраної теми, що є важливими для подальшої професійної діяльності та участі у наукових і освітніх заходах.

1.2. Вихідні дані

Студентам пропонується перелік із 20 тем для підготовки короткої презентації, з якого необхідно обрати одну тему для індивідуального опрацювання. Усі теми подані англійською мовою; водночас у списку також наведено їхні назви українською мовою для полегшення орієнтації у змісті та правильного розуміння предметної області. Тема під номером 0 не може бути обрана студентами, оскільки вона використовується виключно як демонстраційний приклад і детально розглядається у розділі 1.3 «Приклад виконання». За бажанням студент може обрати іншу тему, не включену до запропонованого переліку, за умови попереднього погодження з



викладачем. У такому випадку студент повинен обґрунтувати доцільність свого вибору, зокрема підтвердити відповідність тематики змісту курсу.

Список запропонованих тем до виконання презентації:

0. Mapping technogenic earthquakes with GIS (Картографування техногенних землетрусів за допомогою ГІС)
1. Applications of raster and vector data in mining GIS (Застосування растрових і векторних даних у гірничих ГІС)
2. The role of spatial and non-spatial data in modern mining operations (Роль просторових і непросторових даних у сучасних гірничих операціях)
3. GIS applications in exploration and resource modeling for open-pit mines (Застосування ГІС у розвідці та моделюванні ресурсів відкритих кар'єрів)
4. The role of GIS in mine planning and design of open-pit operations (Роль ГІС у плануванні та проектуванні відкритих гірничих робіт)
5. GIS for drilling and blasting management in open-pit mining (Використання ГІС для управління буровибуховими роботами у відкритому видобутку)
6. Optimizing haulage and material transport using GIS in open-pit mines (Оптимізація транспортування та перевезення матеріалів у відкритих кар'єрах за допомогою ГІС)
7. GIS in production monitoring and operational control of open-pit mines (ГІС у моніторингу виробництва та оперативному контролі відкритих кар'єрів)
8. Environmental management in open-pit mining using GIS (Екологічне управління у відкритому видобутку з використанням ГІС)
9. GIS applications in mine closure and rehabilitation planning (Застосування ГІС у плануванні закриття шахт і рекультивації територій)
10. A review of GIS-based approaches for modeling mining-induced seismicity (Огляд підходів на основі ГІС до моделювання сейсмічності, індукованої гірничими роботами)
11. Applications of Inverse Distance Weighting in mining (Застосування



методу зважування за оберненою відстанню у гірничій справі)

12. Applications of k-means clustering in mining (Застосування кластеризації k-means у гірничій справі)
13. Web-GIS and digital twins in smart mining systems (Web-ГІС та цифрові двійники у розумних гірничих системах)
14. Applications of machine learning in mining GIS – supervised learning (Застосування машинного навчання в гірничих ГІС – навчання з учителем)
15. Applications of machine learning in mining GIS – unsupervised learning (Застосування машинного навчання в гірничих ГІС – навчання без учителя)
16. Applications of machine learning in mining GIS – reinforcement learning (Застосування машинного навчання в гірничих ГІС – навчання з підкріпленням)
17. Applications of machine learning in mining GIS – deep learning (Застосування глибинного навчання в гірничих ГІС)
18. Data acquisition techniques in GIS for mining areas (Методи збору даних у ГІС для гірничих територій)
19. Fundamentals of GIS for mining (Основи ГІС для гірничої справи)
20. Spatio-temporal analysis in GIS for open-pit mining (Просторово-часовий аналіз у ГІС для відкритих кар'єрів)

1.3. Приклад виконання

У межах даного завдання студент повинен підготувати коротку презентацію за обраною темою. Презентація має складатися із 7 слайдів, включаючи титульний слайд та слайд зі списком використаних джерел.

Нижче наведено приклад структури презентації (на основі теми під номером 0), з яким студентам рекомендується ознайомитися перед виконанням роботи. Особливу увагу слід звернути не лише на оформлення, а й на змістове наповнення кожного слайду.



Слайд 1 – Титульна сторінка

Титульний слайд повинен містити таку інформацію: назву теми презентації; прізвище, ім'я, по батькові студента; позначення академічної групи; прізвище та ініціали викладача; назву дисципліни та рік виконання роботи.

Слайди 2-6 – Основний зміст презентації

На цих слайдах подається безпосередньо матеріал за обраною темою. Рекомендується логічно структурувати інформацію, наприклад:

- короткий вступ та актуальність теми;
- основні поняття та визначення;
- опис методу / підходу / технології;
- приклади застосування (бажано презентувати case study);
- переваги, недоліки або сучасні тенденції розвитку.

Допускається використання схем, графіків, ілюстрацій та коротких маркованих списків. Текст має бути стислим, інформативним і зрозумілим.

Слайд 7 – Список використаних джерел

На завершальному слайді необхідно навести перелік усіх джерел, що були використані під час підготовки презентації (наукові статті, книги, веб-ресурси тощо). Джерела бажано оформлювати в єдиному стилі та вказувати повні бібліографічні відомості або коректні посилання.

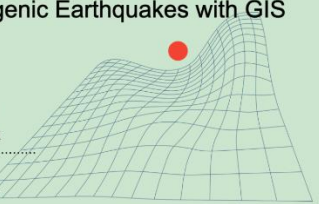
На рисунку 1 зображено повну презентацію, підготовлену на основі теми під номером 0. За запитом презентація може бути надана студентам для ознайомлення.


Mapping Technogenic Earthquakes with GIS

Geoinformation Systems in Mining

Student's group: 184-XX-XX
Student's name:

Lecturer: Ph.D., M.O. Batur

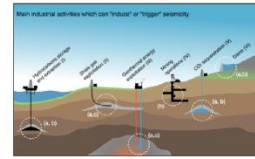



2026

Слайд 1

Introduction and Relevance of the Topic


- Technogenic (induced) earthquakes are seismic events caused by human activities such as mining, reservoir filling, oil and gas extraction, and geothermal projects.
- Their frequency has increased with the expansion of industrial activities worldwide.



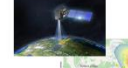
- Monitoring and mapping these events is important for environmental safety, infrastructure protection, and risk management.
- Geographic Information Systems (GIS) provide powerful tools for spatial analysis and visualization of seismic data.
- The topic is relevant for mining engineering, environmental management, and urban planning.

Слайд 2

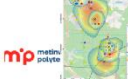
Data Sources for Mapping Technogenic Earthquakes



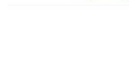
Seismic Monitoring Stations provide precise information about earthquake location, magnitude, depth, and time of occurrence.



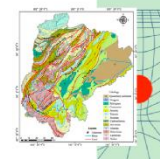

Satellite and Remote Sensing Data help detect ground deformation and surface changes related to industrial activity.



Geological and Tectonic Maps show fault lines, rock types, and structural features influencing seismic activity.



Open Geospatial Data Portals national and international databases (geological surveys, research institutions) that provide accessible spatial datasets for analysis.





Слайд 3

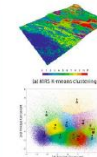
Method: K-Means Clustering for Mapping

K-Means Clustering is a spatial analysis method used to group earthquake events into clusters based on their specific features (location or magnitude).

- helps identify zones with higher concentration of technogenic earthquakes
- in GIS software, K-means can be applied to point datasets representing earthquake locations
- the result is a map with clearly defined seismic clusters, which supports risk assessment



In this example, each cluster is a group of data points that are similar to each other and different from points in other clusters.

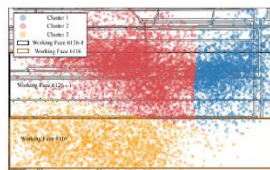


In seismic / geophysical mapping, a cluster can represent:

- an area with similar seismic behavior
- similar rock or soil properties
- similar ground deformation patterns
- similar vibration intensity or frequency
- or simply locations, where earthquakes/events tend to occur together

Слайд 4

Case Study: Deep Coal Mine Located in Gansu Province (China)



Cluster 1

- Medium number of small earthquakes
- Area is more stable
- Lower risk compared to others

Cluster 2

- Most earthquakes happen here
- Rock is under higher pressure (stress)
- Higher risk of stronger events

Cluster 3

- Not many earthquakes, but when they happen they can be stronger
- Means there may be local spots with sudden energy release

Слайд 5


Advantages and Limitations of GIS in Mapping Technogenic Earthquakes

Advantages

- Helps us see where earthquakes happen on a map, not just in tables of numbers
- Makes it easier to find dangerous zones near mines, dams, or industrial areas
- Supports safety planning for workers and nearby cities

Limitations


- Results are only good if the data is accurate and complete
- Professional software and monitoring equipment can be expensive
- Needs trained specialists to analyze and interpret the maps correctly



Слайд 6

REFERENCES

1. Grigoli, F., Cesca, S., Priolo, E., Rinaldi, A. P., Clinton, J. F., Stabile, T. A., Dahm, T. (2017). Current challenges in monitoring, discrimination, and management of induced seismicity related to underground industrial activities: A European perspective. *Reviews of Geophysics*, 55(2), 310-340.
2. Tang, C., Ma, G., Chang, M., Li, W., Zhang, D., Jia, T., Zhou, Z. (2015). Landslides triggered by the 20 April 2013 Lushan earthquake, Sichuan province, China. *Engineering Geology*, 187, 45-55.
3. Cairns, S., Kao, H., Farahbod, A. M., Snyder, D. (2014). Preparing to monitor and distinguish natural and induced seismicity near Norman Wells, Northwest Territories. *CSEG Recorder*, 39(9). Retrieved from <http://csegrecorder.com/articles/view/preparing-to-monitor-and-distinguish-natural-and-induced-seismicity>
4. Wilkowski, W. T., Lucka, M., Guzy, A., Sudhaus, H., Barańska, A., Hejmanowski, R. (2024). Impact of mining-induced seismicity on land subsidence occurrence. *Remote Sensing of Environment*, 301, 113934.
5. Wang, H., Wang, J., Yin, X., Liang, X. (2025). Quantitative Hazard Assessment of Mining-Induced Seismicity Using Spatiotemporal b-Value Dynamics from Microseismic Monitoring. *Applied Sciences*, 15(18), 10073.



Slide 7

Рис. 1. Загальний вигляд повної презентації за темою № 0.



1.4. Критерії оцінювання та вимоги для оформлення звіту

Індивідуальна робота №1 виконується у формі презентації відповідно до прикладу, детально наведеного у розділі 1.3. Під час підготовки необхідно дотримуватися запропонованої структури слайдів та загальних вимог до змісту й оформлення. Презентація може бути підготовлена за допомогою Microsoft Power Point або інших аналогічних інструментів, доступних студентам (Google Slides, LibreOffice Impress тощо). Використання інструментів штучного інтелекту для автоматичної генерації презентації не допускається. Усі графіки, схеми, зображення та інші ілюстративні матеріали повинні бути взяті з наукових статей, книг або інших опублікованих джерел. Кожне використане зображення чи дані мають супроводжуватися коректним посиланням на першоджерело. Допускається також створення власних схем або узагальнюючих рисунків на основі опрацьованих матеріалів із обов'язковим зазначенням використаних джерел. Бажано готувати презентацію англійською мовою, однак у разі виникнення труднощів дозволяється виконання роботи українською мовою.

Максимальна кількість балів за індивідуальну роботу №1 становить 14 балів, з яких: 7 балів – за підготовку презентації та 7 балів – за усний захист презентації. Усний виступ студента триває орієнтовно до 10 хвилин та передбачає коротке представлення теми, пояснення основних положень і відповіді на запитання викладача. З більш детальними критеріями оцінювання студент може ознайомитися у таблиці 1.

Таблиця 1 - Критерії оцінювання індивідуальної роботи №1.

| Кількість балів | Критерії оцінювання |
|---------------------------------------|--|
| Оцінювання підготовки презентації | |
| 7 | Презентація повністю відповідає вимогам: наявні 7 слайдів; титульна сторінка оформлена коректно; основний зміст логічно структурований; інформація подана стисло та зрозуміло; використано наукові джерела з коректними посиланнями. |
| 5-6 | Презентація виконана в повному обсязі, але містить незначні недоліки в оформленні, структурі або оформленні посилань. |
| 3-4 | Презентація виконана частково: порушена структура (менше/більше 7 слайдів), недостатньо розкрито тему, відсутні окремі обов'язкові елементи або посилання на джерела. |
| 1-2 | Презентація має суттєві недоліки: відсутній титульний слайд або список джерел, матеріал неповний чи неструктурований, значні порушення вимог до оформлення. |
| 0 | Презентація не здана. |
| Оцінювання усного захисту презентації | |
| 7 | Студент упевнено представляє матеріал, дотримується регламенту (до 10 хв), демонструє глибоке розуміння теми, логічність викладу, коректно відповідає на запитання. |
| 5-6 | Матеріал представлено загалом добре, проте є незначні неточності у поясненнях або труднощі з відповідями на окремі запитання. |
| 3-4 | Виклад непослідовний, поверхневе розуміння теми, суттєві труднощі з відповідями на запитання. |
| 1-2 | Усний виступ короткий або неструктурований, студент слабо орієнтується у власному матеріалі. |
| 0 | Студент відсутній на захисті або відмовився від виступу. |



2. ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА №2

«АНАЛІЗ НАУКОВОЇ СТАТТІ З ПРИКЛАДНИХ АСПЕКТІВ ВИКОРИСТАННЯ ГІС У ГІРНИЧІЙ СПРАВІ»

2.1. Мета та значення індивідуальної роботи

Дана індивідуальна робота спрямована на розвиток у студентів навичок наукового читання, аналізу та критичного осмислення фахових публікацій. Її виконання сприяє формуванню вмінь визначати мету дослідження, завдання, використані методи, отримані результати та їх практичну цінність.

Для аналізу пропонуються сучасні наукові статті дослідницького типу, що містять практичні приклади (case studies) з різних країн світу. Це надає студентам можливість не лише розвинути навички роботи з науковими текстами, а й ознайомитися з актуальними глобальними проблемами у гірничій галузі та побачити, яким чином ГІС застосовуються для їх вирішення на практиці. Таким чином, робота поєднує розвиток академічних компетентностей із розширенням професійного світогляду та розумінням міжнародного досвіду використання ГІС.

2.2. Вихідні дані

Для виконання індивідуальної роботи студент обирає одну наукову статтю зі списку з 20 запропонованих публікацій. Усі запропоновані статті є у відкритому доступі (open access) і можуть бути легко знайдені за назвою через Google Scholar або безпосередньо на офіційному вебсайті наукового журналу, у якому вони були опубліковані. У випадку, якщо студент не може самостійно знайти повний текст конкретної статті, він або вона може звернутися до викладача курсу з проханням надати PDF-версію, яку викладач надасть за запитом. За бажанням студент може обрати іншу



наукову статтю, не включену до запропонованого переліку, за умови попереднього погодження з викладачем та обґрунтування доцільності такого вибору (відповідність тематиці курсу, наукова актуальність, наявність дослідницької складової та практичних прикладів). Усі статті подані англійською мовою, водночас у списку також наведено їхні назви українською мовою для полегшення орієнтації у змісті. Стаття під номером 0 не може бути обрана студентами, оскільки вона використовується виключно як демонстраційний приклад і детально розглядається у розділі 2.3 «Приклад виконання».

Нижче наведено пояснення елементів бібліографічного опису наукової статті (на прикладі статті за номером 0) та їх призначення для пошуку й коректного використання джерела:

- **Batur, M., Babii, K.** - Прізвища та ініціали науковців, які написали статтю.
- **(2022)** - Рік, коли стаття була опублікована.
- **Spatial assessment of air pollution due to mining and industrial activities: a case study of Kryvyi Rih, Ukraine** - Повна наукова назва роботи англійською мовою. Саме за нею найпростіше шукати статтю в Google Scholar.
- **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science** - Назва наукового видання або конференції, де була надрукована стаття.
- **970(1), 012004** - Додаткові дані журналу, які допомагають точно ідентифікувати статтю всередині видання.
- **<https://doi.org/10.1088/1755-1315/970/1/012004>** - DOI (Digital Object Identifier) - унікальний цифровий ідентифікатор статті. Якщо натиснути на це посилання або вставити його в браузер, відкриється сторінка статті в інтернеті. Це найнадійніший спосіб знайти оригінал публікації.



Список запропонованих публікацій до виконання:

0. Batur, M., Babii, K. (2022). Spatial assessment of air pollution due to mining and industrial activities: a case study of Kryvyi Rih, Ukraine. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 970(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/970/1/012004>

Просторова оцінка забруднення повітря внаслідок гірничої та промислової діяльності: приклад Кривого Рогу, Україна.

1. Xu, X., Wang, Z., Huang, P., Tian, S., Bi, L. (2023). Open-Pit Map: An HD Map Data Model for Open-Pit Mines. Applied Sciences, 13(23), 12681. <https://doi.org/10.3390/app132312681>

Open-Pit Map: модель даних HD-карт для відкритих кар'єрів.

2. Mendoza-Lara, O. O., López-Pérez, A. O., Ortega-Montoya, C. Y., Prieto Hinojosa, A. I., Baldasano, J. M. (2025). Air Quality and Social Vulnerability: Estimating Mining-Induced PM₁₀ Pollution in Tula, Mexico. Atmosphere, 16(6), 728. <https://doi.org/10.3390/atmos16060728>

Якість повітря та соціальна вразливість: оцінювання забруднення PM₁₀, спричиненого гірничою діяльністю в Тулі, Мексика.

3. Buczyńska, A., Głabicki, D., Kopec, A., Modlińska, P. (2025). Understanding Surface Water Dynamics in Post-Mining Area Through Multi-Source Remote Sensing and Spatial Regression Analysis. Remote Sensing, 17(18), 3218. <https://doi.org/10.3390/rs17183218>

Розуміння динаміки поверхневих вод у післягірничих районах за допомогою мультиджерельного дистанційного зондування та просторового регресійного аналізу.

4. Meng, X., Zhang, D., Dong, S., Yao, C. (2024). Open-Pit Granite Mining Area Extraction Using UAV Aerial Images and the Novel GIPNet. Remote Sensing, 16(5), 789. <https://doi.org/10.3390/rs16050789>

Виділення територій видобутку граніту у відкритих кар'єрах за допомогою аерофотознімків БПЛА та нової мережі GIPNet.

5. Qing, L., Xu, L., Huang, J., Fu, X., Chen, J. (2025). Intelligent Prediction



and Numerical Simulation of Landslide Prediction in Open-Pit Mines Based on Multi-Source Data Fusion and Machine Learning. *Sensors*, 25(10), 3131. <https://doi.org/10.3390/s25103131>

Інтелектуальне прогнозування та чисельне моделювання зсувів у відкритих кар'єрах на основі злиття мультиджерельних даних і машинного навчання.

6. He, Y., Lai, Y., Chen, B., Chen, Y., Xie, Z., Yu, X., Luo, M. (2024). An Open-Pit Mines Land Use Classification Method Based on Random Forest Using UAV: A Case Study of a Ceramic Clay Mine. *Minerals*, 14(12), 1282. <https://doi.org/10.3390/min14121282>

Метод класифікації землекористування відкритих кар'єрів на основі Random Forest із використанням БПЛА: приклад родовища керамічної глини.

7. Zhu, L., Zhang, Y., Chen, K., Liu, Q., Sun, W. (2023). Exploring Land-Cover Types and Their Changes in the Open-Pit Mining Area of Ordos City Using Sentinel-2 Imagery. *Sustainability*, 15(19), 14053. <https://doi.org/10.3390/su151914053>

Дослідження типів земного покриття та їх змін у зоні відкритого видобутку міста Ордос із використанням знімків Sentinel-2.

8. Afeni, T., Ibitolu, F. (2018). Assessment of environmental impact of gemstone mining in Ijero-Ekiti, Nigeria. *Mining of Mineral Deposits*, 12(1), 1-11. <https://doi.org/10.15407/mining12.01.001>

Оцінка екологічного впливу видобутку коштовного каміння в Іджеро-Екіті, Нігерія.

9. Busygin, B., Nikulin, S., Sergieieva, K. (2019). Solving the tasks of subsurface resources management in GIS RAPID environment. *Mining of Mineral Deposits*, 13(3), 49-57. <https://doi.org/10.33271/mining13.03.049>

Розв'язання завдань управління надрами в середовищі ГІС RAPID.

10. Bazaluk, O., Petlovanyi, M., Sai, K., Chebanov, M., Lozynskyi, V. (2024). Comprehensive assessment of the earth's surface state disturbed by mining



and ways to improve the situation: case study of Kryvyi Rih Iron-ore Basin, Ukraine. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1480344. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1480344>

Комплексна оцінка стану земної поверхні, порушеної гірничими роботами, та шляхи її покращення: приклад Криворізького залізрудного басейну, Україна.

11. Mi, J., Yang, Y., Zhang, S., An, S., Hou, H., Hua, Y., Chen, F. (2019). Tracking the Land Use/Land Cover Change in an Area with Underground Mining and Reforestation via Continuous Landsat Classification. *Remote Sensing*, 11(14), 1719. <https://doi.org/10.3390/rs11141719>

Відстеження змін землекористування та земного покриву в районах підземного видобутку та лісовідновлення за допомогою безперервної класифікації знімків Landsat.

12. Shawky, M. M. (2025). A comparative study of interpolation methods for the development of ore distribution maps. *Discover Geoscience*, 3(1), 2. <https://doi.org/10.1007/s44288-025-00108-7>

Порівняльне дослідження методів інтерполяції для побудови карт розподілу руди.

13. Wang, B., Gong, B., Xu, W., Shi, X. (2024). An efficient method for modeling and evaluating the bench terrain of open-pit mines. *Frontiers in Earth Science*, 12, 1351352. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1351352>

Ефективний метод моделювання та оцінювання уступного рельєфу відкритих кар'єрів.

14. Yang, J., Wang, Y., Zuo, R., Zhang, K., Li, C., Song, Q., Du, X. (2023). Research on Risk Assessment and Contamination Monitoring of Potential Toxic Elements in Mining Soils. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3163. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043163>

Оцінка ризиків та моніторинг забруднення потенційно токсичними елементами ґрунтів у гірничих районах.



15. Jian, Z., Zhao, G., Wang, P., Liu, X., Jiang, M., Liu, L., Ma, J. (2024). Identification of the mining accidents by a two-step clustering method for the mining-induced seismicity. *Frontiers in Earth Science*, 12, 1348698. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1348698>

Ідентифікація гірничих аварій методом двоетапної кластеризації для аналізу індукованої сейсмічності.

16. Gonçalves, M. A., da Silva, D. R., Duuring, P., Gonzalez-Alvarez, I., Ibrahimi, T. (2024). Mineral exploration and regional surface geochemical datasets: An anomaly detection and k-means clustering exercise applied on laterite in Western Australia. *Journal of Geochemical Exploration*, 258, 107400. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2024.107400>

Мінеральна розвідка та регіональні поверхневі геохімічні дані: виявлення аномалій і кластеризація k-means на прикладі латеритів Західної Австралії.

17. Balamadeswaran, P., Mishra, A. K., Phalguni, S., Sreekumar, N., Tiwari, O. N. (2016). Blast-induced ground vibration management in deep open pit mines using GIS-A case study. In *Recent Advances in Rock Engineering*, 552-556. <https://doi.org/10.2991/rare-16.2016.89>

Управління вібраціями ґрунту, спричиненими вибухами, у глибоких відкритих кар'єрах із використанням ГІС: приклад дослідження.

18. Yenilmez, F., Kuter, N., Emil, M. K., Aksoy, A. (2011). Evaluation of pollution levels at an abandoned coal mine site in Turkey with the aid of GIS. *International Journal of Coal Geology*, 86(1), 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2010.11.012>

Оцінка рівнів забруднення на покинутій вугільній шахті в Туреччині за допомогою ГІС.

19. Kartal, N. Ü., Güllüdağ, C. B. (2025). Spatial distribution and risk assessment of potential environmentally hazardous elements in coal: a case study of the Central Anatolia coalfields. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(8), 1391-1398. <https://doi.org/10.65206/pajes.30388>



Просторовий розподіл та оцінка ризику потенційно небезпечних для довкілля елементів у вугіллі: приклад вугільних басейнів Центральної Анатолії.

20. Ruhela, M., Sharma, K., Bhutiani, R., Chandniha, S. K., Kumar, V., Tyagi, K., Ahamad, F., Tyagi, I. (2022). GIS-based impact assessment and spatial distribution of air and water pollutants in mining area. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 31486-31500. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18009-w>

Оцінка впливу та просторовий розподіл забруднювачів повітря і води в гірничих районах на основі ГІС.

2.3. Приклад виконання

Наукова стаття пишеться відповідно до певних академічних правил і має стандартну структуру. Зазвичай вона включає:

- Introduction (Вступ) – містить актуальність теми, короткий огляд попередніх досліджень, формулювання мети та завдань.
- Materials and Methods (Матеріали і методи) – описує використані дані, джерела інформації та методи аналізу.
- Results (Результати) – подає отримані результати дослідження.
- Discussion (Обговорення) – пояснює значення результатів, їх інтерпретацію та порівняння з іншими дослідженнями.
- Conclusion (Висновки) – підсумовує основні результати та практичне значення роботи.

У даній індивідуальній роботі студентам пропонується опрацювати наукову статтю та надати письмові відповіді на такі пункти:

- Main aim of the study (Головна мета дослідження).
- The main objectives of the study (Основні завдання дослідження).



- Data and data sources used (Використані дані та джерела даних).
- The following GIS and spatial analysis methods that were applied (Застосовані ГІС та інші методи просторового аналізу).
- How GIS was used and how it helped to solve the research problem (Як було використано ГІС і як це допомогло розв'язати наукову проблему).

Нижче наведено приклад на основі статті № 0 (Batur, M., Babii, K. (2022). Spatial assessment of air pollution due to mining and industrial activities: a case study of Kryvyi Rih, Ukraine. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 970(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/970/1/012004>) із запропонованого списку.

Aim (Мета) – це загальна головна ціль дослідження, тобто що саме автор хоче досягти в підсумку. Зазвичай вона одна і формулюється широко. Objectives (Завдання) – це конкретні кроки, які потрібно виконати, щоб досягти мети. Їх зазвичай декілька, і вони більш детальні. Як правило, мету та завдання можна знайти у науковій статті в останніх абзацах розділу Introduction (Вступ), де автор підсумовує проблему дослідження та формулює, чого саме прагне досягти у своїй роботі. На Рисунку 2 ці пояснення виділені зеленим кольором.

1. Introduction

The link between environmental protection and industrial development has been one of the main issues over the last several decades. This problem is especially urgent for the regions with intensive industrialization activities, in particular open pit mining. While mining and extracting plants may ensure the economic development of the region and country as a whole, they also emit various hazardous pollutants into the atmosphere due to massive blasting and drilling operations, rock mass transportation and its warehousing, loadings, processing of raw materials and other activities [1]. According to the European Environment Agency [2], these activities lead to the emitting of sulphur dioxides, nitrogen oxides, particulates, and other harmful emissions. The last one, particulate matter, is considered to be one of the most harmful types of air pollution. It is a complex mixture of extremely small solid particle pollution.

...region over the past 140 years [12]. According to ... 72% of the proved reserves. On the one side, mining activities in the area make an effective contribution to the economy of the country, but on the other side, they are progressively responsible for the ecological degradation in the city. The iron ore extraction is conducted here in both ways, from open pits and underground methods [14-16]. Besides, there are several industrial plants in the region: cement factory, chemical industry, and iron works plants. All of them are the main reason of major pollutant emissions: $PM_{2.5}$ and PM_{10} . As for the Ukraine in general, the mean annual concentration of $PM_{2.5}$ is $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ that is higher than suggested level [17]. To meet the environmental requirements for the proper management and control of pollutants, it is essential to assess and evaluate the air quality. In this context, the objective of this study is to evaluate the air quality in Kryvyi Rih region including the pollutants of $PM_{2.5}$ and PM_{10} by means of geostatistical method known as Ordinary Kriging due to active mining and industrial activities in the city. The study interval includes 48 hours of AQI observations in summer period. The hourly measurements were taken from the 10 monitoring stations that are homogeneously spread over the study region.

Рис. 2. Приклад розміщення мети та завдань дослідження у розділі «Introduction» наукової статті № 0.

Отже, з наведеного прикладу мета та завдання можуть бути сформульовані наступним чином:

Main Aim of the Study: The main aim of the study is to assess air pollution in a mining and industrial region using GIS-based spatial analysis, with a focus on particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) concentrations.

The main objectives of the study are:

- To analyze the air quality of the Kryvyi Rih region affected by open-pit mining and industrial activities.
- To investigate the spatial distribution of $PM_{2.5}$ and PM_{10} pollutants.
- To apply Ordinary Kriging for spatial interpolation of air pollution data.
- To evaluate the relationship between air pollution and meteorological parameters.
- To identify areas with the highest pollution levels.

Data Used and Data Sources (Використані дані та джерела даних) – це пояснення, які саме дані були використані у дослідженні і звідки вони отримані. У даному прикладі (стаття № 0) цю інформацію можна знайти в розділі статті під назвою «Study Area and Experimental Data». Як показано на Рисунку 3, різні типи даних виділені кольорами для зручності сприйняття: жовтим кольором позначено опис даних про якість повітря; зеленим кольором – метеорологічні дані; фіолетовим кольором – просторові дані (карти, координати, географічні шари тощо).

2. Study area and experimental data

Kryvyi Rih is a city of Ukraine located between $33^{\circ} 15' - 33^{\circ} 35' E$ and $47^{\circ} 45' - 48^{\circ} 50' N$ in the inner centered part of the country. Kryvyi Rih is quite a small city with the population of less than 1 million people and the area of 430 km^2 . The climate of the region can be defined as cold and snowy in winters and warm in summer. The coldest temperatures in winter are from -10 to -15 degrees, while the hottest are up to $+35$ degrees in the summer. The annual average rainfall is around 400 mm . The main sources of air pollution in the city are active open cast mining and industrial activities. Figure 1 shows the location of the city on the map of Ukraine, the locations of open pit mining areas and industrial plants in the city, as well as the distribution of monitoring stations. Open pits are located along the main iron ore body extending from North to South-West. On the South-East, there are cement factory and chemical industry plant. Besides, there are several metallurgical and iron works plants in the city.

For the current study, data were collected from ten air quality monitoring stations distributed around the region of interest. For each station, the hourly AQI values of $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} were obtained in real time for the 48 hours of summer period. Figure 2a and figure 2b illustrate the box plots of $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} for each of the stations, allowing to identify the maximum and minimum values, the median of data set and its distribution. 48 hours profiles for $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} show noticeable changes in median

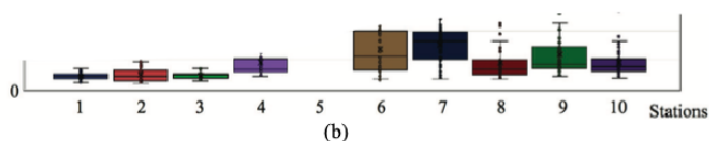


Figure 2. Box plots of AQI data from 10 monitoring stations: (a) $\text{PM}_{2.5}$; (b) PM_{10} .

The meteorological data such as wind speed and direction, temperature, and humidity were derived for the whole region and can be seen in the figure 3a and figure 3b. The time series of temperature have their highest peaks at around 12:00 P.M. and the lowest values between 12:00 A.M. and 06:00 A.M. The maximum percentage of humidity was observed between 12:00 A.M. and

Рис. 3. Приклад розміщення даних дослідження у розділі «Study Area and Experimental Data» наукової статті № 0.

Отже, з наведеного прикладу використані дані та джерела даних можуть бути сформульовані наступним чином:

Data Used and Data Sources: Several types of data were used in the study.



First, air quality data – hourly AQI values for $PM_{2.5}$ and PM_{10} were obtained from ten air quality monitoring stations. Second, meteorological data, including wind speed, wind direction, temperature, and humidity, were taken from regional weather services. In addition, spatial data were used, such as the locations of monitoring stations, mining areas, and industrial plants, which were obtained from GIS spatial datasets.

Інформацію про використані ГІС-інструменти та методи просторового аналізу зазвичай можна знайти у третьому розділі статті «Materials and Methods» (Матеріали і методи) та частково у четвертому розділі «Results and Discussion» (Результати та обговорення). Так наприклад, у розділі «Materials and Methods» наукової статті № 0, чітко описано, які саме методи застосовували автори. Зокрема, у цьому прикладі було використано такі підходи:

- Ordinary Kriging – метод просторової інтерполяції для прогнозування значень у точках, де немає вимірювань.
- Semivariogram – інструмент для аналізу просторової залежності даних.
- Accuracy Assessment – оцінка точності отриманих результатів і побудованих моделей.

У розділі «Results and Discussion» ці методи вже показані на практиці через карти, графіки та інші візуальні матеріали. Із рисунків видно, що на основі ГІС-обчислень автори створили карти просторового розподілу $PM_{2.5}$ та PM_{10} , виконали візуалізацію «гарячих точок» забруднення, тобто виділили території із найвищими показниками забруднення повітря. Отже, з наведеного прикладу застосовані ГІС та інші методи просторового аналізу можуть бути сформульовані наступним чином:

The following GIS and spatial analysis methods were applied in the study: spatial interpolation using Ordinary Kriging, semivariogram modeling to



analyze spatial autocorrelation, and cross-validation with RMSE calculation to assess interpolation accuracy. In addition, the authors created spatial distribution maps for $PM_{2.5}$ and PM_{10} and used GIS mapping techniques to visualize pollution hotspots.

Останній пункт під назвою How GIS Was Used and How It Helped to Solve the Research Problem (Як було використано ГІС і як це допомогло розв'язати наукову проблему) фактично є підсумковим абзацом-висновком роботи студента. На основі всього опрацьованого матеріалу зі статті студент повинен коротко, але змістовно узагальнити, яким саме чином ГІС було використано у дослідженні та як це допомогла вирішити наукову проблему. Іншими словами, очікується невеликий узагальнюючий текст, у якому студент пояснює роль ГІС у дослідженні загалом: які можливості було надано (аналіз даних, моделювання, візуалізація карт, виявлення просторових закономірностей) і чому без використання ГІС досягти таких результатів було б складніше або неможливо. Це короткий логічний висновок, що демонструє розуміння практичного значення ГІС у розв'язанні дослідницького завдання. Отже, з наведеного прикладу це бути сформульовано наступним чином:

How gis was used and how it helped to solve the research problem: GIS was used to combine air quality data, weather data, and location information in one system. The researchers used Ordinary Kriging to estimate $PM_{2.5}$ and PM_{10} values in places where no measurements were taken. With this method, GIS helped create pollution maps for the whole study area. These maps made it easy to see where air pollution was high and where it was low. The results showed that the highest pollution levels were mainly near industrial plants, not near open-pit mining areas. GIS also helped compare pollution levels in different parts of the city and clearly showed spatial patterns related to wind direction and industrial activity. Overall, GIS made it possible to understand



how air pollution is distributed in the mining region and helped assess its environmental impact.

2.4. Критерії оцінювання та вимоги для оформлення звіту

Звіт готується у друкованому вигляді на аркушах білого паперу формату А4 (210×297 мм). Вимоги до оформлення: шрифт – Arial, розмір 14 кегль; міжрядковий інтервал – 1,5; поля сторінки: верхнє – 2 см, нижнє – 2 см, праве – 1,5 см, лівє – 3 см; абзацний відступ – 1,25 см. Сторінки звіту необхідно нумерувати арабськими цифрами у правому верхньому куті сторінки, дотримуючись наскрізної нумерації. Титульний аркуш включається до загальної нумерації, але номер сторінки на ньому не проставляється.

Звіт з практичної роботи повинен містити:

- титульну сторінку, оформлену відповідно до зразка (Додаток А)
- основну частину з письмовими відповідями на обов'язкові пункти.

У звіті необхідно надати письмові відповіді на такі питання:

- Main aim of the study (Головна мета дослідження)
- The main objectives of the study (Основні завдання дослідження)
- Data and data sources used (Використані дані та джерела даних)
- The following GIS and spatial analysis methods that were applied (Застосовані ГІС та інші методи просторового аналізу)
- How GIS was used and how it helped to solve the research problem (Як було використано ГІС і як це допомогло розв'язати наукову проблему).

Чітких вимог щодо обсягу звіту немає, однак рекомендований мінімальний обсяг – не менше однієї сторінки основного тексту. Додавання рисунків, графіків чи таблиць не є обов'язковим, достатньо повних та



змістовних письмових відповідей на зазначені питання. Бажано готувати звіт англійською мовою, однак у разі виникнення труднощів дозволяється виконання роботи українською мовою.

Оцінювання звіту здійснюється за повнотою та якістю письмових відповідей на обов'язкові пункти. З більш детальними критеріями оцінювання студент може ознайомитися у таблиці 2.

Таблиця 2 - Критерії оцінювання індивідуальної роботи №2.

| Кількість балів | Критерії оцінювання |
|-----------------|---|
| 14 | Надано повні, логічні та аргументовані відповіді на всі обов'язкові пункти |
| 11-13 | Висвітлено всі пункти, однак наявні незначні неточності або скорочені пояснення |
| 8-10 | Розкрито більшість пунктів, але окремі відповіді подані поверхнево або неповно |
| 5-7 | Висвітлено лише частину обов'язкових пунктів; відповіді, недостатньо обґрунтовані |
| 1-4 | Надано мінімальні або несистемні відповіді; більшість пунктів відсутні |
| 0 | Звіт не подано |

ЛІТЕРАТУРА

Загальні науково-інформаційні ресурси:

- 1 Burrough P. A., McDonnell R. A., Lloyd Ch. D. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 2015. 352 p. URL: <https://read.kortext.com/inventory/search/183513>
- 2 Arcari Bassani M. A., Coimbra Leite Costa J. F. Geostatistics with Data of Different Support Applied to Mining Engineering. Springer, 2021. 75 p. URL: <https://read.kortext.com/inventory/search/1541357>
- 3 Emery X., Séguret S. A. Geostatistics for the Mining Industry. 1st Edition. Taylor and Francis, 2020. 248 p. URL: <https://read.kortext.com/inventory/search/651165>
- 4 Olea R. A. Geostatistics for engineering and earth scientists. Springer, 2012. 310 p. URL: <https://read.kortext.com/inventory/search/1915689>
- 5 Донченко М. В., Коваленко І. І. Геоінформаційні системи : навчальний посібник. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 132 с. URL: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/449>
- 6 Світличний О. О., П'яткова А. В. Практикум з геоінформатики : навчально-методичний посібник. Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 176 с. URL: <https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/31814>
- 7 Самойленко В. М. Географічні інформаційні системи та технології : підручник. Київ : Ніка-Центр, 2010. 448 с.
- 8 Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем : навч. посібник. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Харків : ХНАМГ, 2010. 313 с.
- 9 Kresse W., Danko D. M. (Eds.). Springer handbook of geographic information. Berlin; Heidelberg : Springer, 2012. DOI: 10.1007/978-3-540-72680-7.
- 10 Choi Y., Baek J., Park S. Review of GIS-Based Applications for Mining: Planning, Operation, and Environmental Management // Applied Sciences. 2020. Vol. 10, No. 7. Art. 2266. DOI: 10.3390/app10072266.
- 11 Jung D., Choi Y. Systematic Review of Machine Learning Applications in Mining: Exploration, Exploitation, and Reclamation // Minerals. 2021. Vol. 11, No. 2. Art. 148. DOI: 10.3390/min11020148.
- 12 Suh J., Kim S. M., Yi H., Choi Y. An Overview of GIS-Based Modeling and Assessment of Mining-Induced Hazards: Soil, Water, and Forest // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2017. Vol. 14, No. 12. Art. 1463. DOI: 10.3390/ijerph14121463.



Посібники та рекомендації щодо підготовки академічних презентацій та усних доповідей:

1 Omerovic S., Tomazic S., Milutinovic M., Milutinovic V. Methodology for written and oral presentation of research results // Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice. 2010. Vol. 136, No. 2. P. 112–117. DOI: 10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000010.

2 Innamuri R., Philip S., Mahadevan J., Tulachan P., Gorthi N. V., Gowda G. S., Rohanachandra Y. M. Effective oral presentations: the steps to making an impact on the podium // Indian Journal of Private Psychiatry. 2022. Vol. 16, No. 2. P. 99–102. DOI: 10.5005/jp-journals-10067-0112.

Посібники та рекомендації щодо читання й розуміння наукових статей:

1 Sartorius N., Thornicroft G. How to read a research paper // Clinics in Integrated Care. 2025. Vol. 28. Art. 100247. DOI: 10.1016/j.intcar.2025.100247.

2 Chigbu U. E., Atiku S. O., Du Plessis C. C. The science of literature reviews: searching, identifying, selecting, and synthesizing // Publications. 2023. Vol. 11, No. 1. Art. 2. DOI: 10.3390/publications11010002.



ДОДАТОК А.

**ПРИКЛАД ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра ГС**

Індивідуальне завдання №2

з навчальної дисципліни

«Геоінформаційні системи в маркшейдерії»

Варіант №_

Здобувача групи 184-XX-XX
Прізвище Ім'я По батькові

Керівник:
Ph.D.
М.О. Батур

Запоріжжя, 20XX



Навчально-методичне видання

Батур Марина Олександрівна

Геоінформаційні системи в маркшейдерії:

**методичні рекомендації
до виконання індивідуальних завдань**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції