

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

Навчально-науковий інститут агроєкології та землеустрою

Кафедра землеустрою, кадастру, моніторингу земель та
геоінформатики

05-05-122М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт та самостійної роботи з
навчальної дисципліни «ГІС в задачах моніторингу»
(частина перша)

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського рівня)
за освітньо-професійною програмою «Геоінформаційні
системи і технології» спеціальності G18 «Геодезія та
землеустрій» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІ агроєкології та
землеустрою
Протокол № 5 від 08.01.2026 р.

Рівне – 2026

Методичні вказівки до виконання практичних робіт та самостійної роботи з навчальної дисципліни «ГІС в задачах моніторингу» (частина перша) для здобувачів вищої освіти другого (магістерського рівня) за освітньо-професійною програмою «Геоінформаційні системи і технології» спеціальності G18 «Геодезія та землеустрій» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Мошинський В. С., Люсак А. В., Корбутяк В. М., Шульган Р. Б. – Рівне : НУВГП, 2026. – 31 с.

Укладачі: Мошинський В. С., д.с-г.н., професор кафедри землеустрою, кадастру, моніторингу земель та геоінформатики; Люсак А. В., к.т.н., доцент, доцент кафедри землеустрою, кадастру, моніторингу земель та геоінформатики; Корбутяк В. М., к.т.н., доцент, доцент кафедри землеустрою, кадастру, моніторингу земель та геоінформатики; Шульган Р. Б., к.т.н., доцент, доцент кафедри землеустрою, кадастру, моніторингу земель та геоінформатики.

Відповідальний за випуск: Ліщинський А. Г., к.т.н., доцент, завідувач кафедри землеустрою, кадастру, моніторингу земель та геоінформатики.

Керівник групи забезпечення спеціальності:
Корбутяк В. М., к.т.н., доцент, доцент кафедри землеустрою, кадастру, моніторингу земель та геоінформатики.

Попередня версія методичних вказівок 05-05-07

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. Тематика практичних занять	4
2. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт.....	4
3. Рекомендована література.....	30

© В. С. Мошинський,
А. В. Люсак, В. М. Корбутяк,
Р. Б. Шульган, 2026
© НУВГП, 2026

ВСТУП

Практичні роботи студентів у межах дисципліни «ГІС в задачах моніторингу» спрямовані на закріплення теоретичних знань і формування професійних компетентностей у сфері геоінформаційного забезпечення систем моніторингу. Особлива увага приділяється практичному застосуванню ГІС-інструментарію для аналізу моніторингових даних, побудови картографічних і геостатистичних моделей, оцінки просторових закономірностей та прогнозування змін у довкіллі.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт охоплюють широкий спектр тем – від базових понять моніторингу як системи та методів обробки даних спостережень до використання сучасного геостатистичного інструментарію. Значна частина завдань орієнтована на роботу з відкритими та комерційними ГІС-платформами, що дозволяє студентам набути навичок, актуальних для практичної діяльності.

Практичні роботи студентів є важливою складовою навчального процесу та спрямована на поглиблене опрацювання окремих аспектів курсу, розвиток аналітичного мислення, вміння самостійно планувати та виконувати дослідження моніторингового характеру. Виконання таких завдань передбачає аналіз наукових джерел, роботу з просторовими даними, інтерпретацію результатів та формування обґрунтованих висновків.

Запропоновані методичні вказівки мають на меті забезпечити системний і послідовний підхід до виконання практичних, сприяти формуванню у студентів цілісного уявлення про можливості геоінформаційних систем у задачах моніторингу та підготувати їх до вирішення реальних професійних задач у сфері екології, землеустрою, кадастру та управління природними ресурсами.

1. Тематика практичних робіт

№ з/п	Назва	Кількість годин (д/з форма)
1	Картограми ґрунтового-геоморфологічного районування.	2/1
2	Картограми техногенного навантаження	2/1
3	Концептуальні моделі та бази даних для зберігання та обробки моніторингових даних.	2/1
4	Геостатистичний аналіз даних спостережень. Дослідження законів розподілу даних	4/1
5	Геостатистичний інструментарій при вирішенні моніторингових задач в ГІС.	4/2
6	Побудова картографічної моделі та виконання перехресної перевірки даних	2/2
ВСЬОГО		16/8

2. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт

Практична робота 1. Картограми ґрунтового-геоморфологічного районування.

Метою роботи є набути практичних навичок створення картограм ґрунтового-геоморфологічного районування в геоінформаційних системах, навчитися поєднувати ґрунтові та геоморфологічні дані в єдину картографічну модель, аналізувати просторові закономірності формування ґрунтового покриву та рельєфу, а також оцінювати їх значення для задач екологічного та земельного моніторингу.

Завдання практичної роботи

У процесі виконання практичної роботи студент повинен:

1. Проаналізувати вихідні ґрунтові та геоморфологічні матеріали.
2. Підготувати просторові дані до картографування в ГІС.
3. Побудувати картограму ґрунтово-геоморфологічного районування.
4. Виконати узагальнення та класифікацію території за поєднанням ґрунтових і рельєфних ознак.
5. Проаналізувати отриману картограму для задач моніторингу довкілля та землекористування.

Теоретичні відомості

Ґрунтово-геоморфологічне районування є одним з базових етапів комплексного аналізу території. Воно ґрунтується на тісному взаємозв'язку між формами рельєфу, геоморфологічними процесами та ґрунтовим покривом. Картограми такого типу дозволяють отримати цілісне уявлення про просторову організацію природних компонентів і слугують основою для подальших моніторингових, прогнозних та управлінських рішень.

Вихідні дані

Для виконання практичної роботи використовуються:

- цифрова модель рельєфу (DEM);
- карта форм рельєфу або похідні морфометричні показники (схили, експозиція, гіпсометрія);
- ґрунтова карта або точкові дані ґрунтових обстежень;
- межі досліджуваної території.

Програмне забезпечення

- **QGIS** (основний інструмент);
- або **ArcGIS** (за наявності).

Порядок виконання практичної роботи

1. Підготовка просторових даних

1. Завантажити всі вихідні шари в ГІС.
2. Перевірити координатну систему та узгодити її для всіх наборів даних.
3. Обрізати дані за межами досліджуваної території.
4. Оцінити якість і детальність вихідної інформації.

2. Аналіз геоморфологічних умов

1. Проаналізувати цифрову модель рельєфу.
2. Побудувати похідні шари (схили, експозиція, гіпсометрія).
3. Виділити основні геоморфологічні елементи території.
4. Оцінити вплив рельєфу на формування ґрунтового покриву.

3. Аналіз ґрунтового покриву

1. Проаналізувати ґрунтову карту або дані ґрунтових спостережень.
2. Визначити основні типи та підтипи ґрунтів.
3. Оцінити просторові закономірності поширення ґрунтів.
4. Встановити зв'язок між ґрунтовими характеристиками та формами рельєфу.

4. Побудова картограми ґрунтового-геоморфологічного районування

1. Поєднати ґрунтові та геоморфологічні дані в єдину картографічну модель.
2. Виконати зонування території за поєднанням ґрунтових і рельєфних ознак.
3. Побудувати картограму районування з використанням зрозумілої легенди.
4. Забезпечити наочність і читабельність картографічного зображення.

5. Аналіз та інтерпретація результатів

1. Проаналізувати просторову структуру виділених районів.

2. Визначити ділянки з однорідними та контрастними природними умовами.
3. Оцінити можливість використання картограми для:
 - планування землекористування;
 - оцінки родючості ґрунтів;
 - прогнозування деградаційних процесів.
4. Зробити висновки щодо значення отриманих результатів для моніторингу довкілля.

Очікувані результати

У результаті виконання практичної роботи студент повинен:

- створити картограму ґрунтово-геоморфологічного районування;
- отримати цілісну картографічну модель території;
- продемонструвати розуміння ролі таких карт у системах моніторингу.

Висновки

У висновках необхідно:

- охарактеризувати отриману картограму;
- оцінити її інформативність;
- зазначити практичне значення для задач моніторингу та управління територіями.

Контрольні питання

1. Що таке ґрунтово-геоморфологічне районування і яке його значення?
2. Які фактори рельєфу найбільше впливають на формування ґрунтів?
3. Які переваги використання ГІС для побудови картограм?
4. Як результати районування використовуються в системах моніторингу?
5. Які обмеження мають картограми ґрунтово-геоморфологічного районування?

Вимоги до результатів практичної роботи

- наявність коректно побудованої картограми;
- логічна та зрозуміла легенда;
- коректне використання просторових даних;
- обґрунтовані висновки щодо моніторингового застосування.

Рекомендована література: [1-4, 14]

Практична робота 2. Картограми техногенного навантаження

Метою роботи є набути практичних навичок створення картограм техногенного навантаження в геоінформаційних системах, навчитися поєднувати різні дані в єдину картографічну модель, аналізувати господарське освоєння території, а також оцінювати його значення для задач екологічного моніторингу та прийняття управлінських рішень.

Загальні положення щодо складання картограм техногенного навантаження

Картограма техногенного навантаження є тематичною картографічною моделлю, що відображає просторовий розподіл та інтенсивність впливу антропогенних і техногенних факторів на компоненти навколишнього природного середовища. Побудова такої картограми передбачає попереднє складання **карти господарського освоєння території**, яка слугує базою для ідентифікації джерел техногенного впливу та їх просторової локалізації.

На карті господарського освоєння території відображаються всі об'єкти, що можуть бути джерелами техногенного навантаження, зокрема:

- промислові підприємства;
- транспортні магістралі;

- населені пункти;
- сільськогосподарські угіддя;
- кар'єри, полігони відходів;
- об'єкти енергетичної та інженерної інфраструктури;
- водозабори та очисні споруди.

На основі цієї карти здійснюється побудова картограми техногенного навантаження, на якій відображаються:

- розташування техногенних об'єктів;
- типи забруднення або несприятливого впливу;
- контури ореолів забруднення з урахуванням формування первинного та вторинного полів забруднення;
- напрямки поширення забруднюючих речовин від кожного джерела.

Геохімічний аналіз на основі карт техногенного навантаження передбачає такі етапи:

1. Вибір показників геохімічного стану.
2. Просторове зіставлення джерел забруднення та концентрацій.
3. Виявлення аномальних зон.
4. Оцінка рівнів екологічної небезпеки.
5. Формування рекомендацій щодо природоохоронних заходів.

Очікувані результати

Після виконання роботи студент:

- розуміє механізми формування техногенного навантаження;
- уміє створювати картограми господарського освоєння;
- аналізує первинні та вторинні поля забруднення;
- застосовує результати для геохімічної оцінки територій.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення карти господарського освоєння території?
2. Чим відрізняються первинне та вторинне поля забруднення?
3. Які фактори впливають на формування шлейфів забруднення?
4. Як результати картограм використовуються в геохімічному аналізі?

Вимоги до результатів практичної роботи

- наявність коректно побудованої картограми;
- логічна та зрозуміла легенда;
- коректне використання просторових даних;
- обґрунтовані висновки щодо моніторингового застосування.

Рекомендована література: [1-4, 14]

Практична робота 3. Концептуальні моделі та бази даних для зберігання та обробки моніторингових даних. Розробка концептуальної моделі системи моніторингу для обраної території

Метою роботи є закріпити теоретичні знання шляхом розробки власної концептуальної моделі системи моніторингу для конкретної території з урахуванням її природних і антропогенних особливостей та подальшої реалізації в ГІС. Студент подає схему концептуальної моделі, таблицю основних компонентів системи моніторингу та короткий пояснювальний текст із обґрунтуванням прийнятих рішень.

Зв'язок концептуальної, логічної та фізичної моделей

На основі концептуальної моделі формується логічна модель, яка описує структуру даних, показники та їх взаємозв'язки. Фізична модель реалізується в конкретному програмному середовищі ГІС і включає створення просторових шарів, атрибутивних таблиць та інструментів аналізу.

Логічна модель бази даних моніторингової ГІС (ER-діаграма)

Логічна модель бази даних відображає структуру зберігання та зв'язки між об'єктами моніторингу у вигляді сутностей та їх атрибутів. Вона є проміжною ланкою між концептуальною моделлю системи моніторингу та фізичною реалізацією бази даних у конкретній СУБД (PostGIS, SpatiaLite тощо).

Основні сутності логічної моделі:

- **Об'єкт моніторингу** (земельна ділянка, полігон спостережень, адміністративна одиниця);
- **Пункт (точка) моніторингових спостережень**;
- **Моніторинговий показник**;
- **Результат вимірювання**;
- **Час спостереження**;
- **Джерело даних**;
- **Виконавець спостережень**.

Ключові зв'язки:

- один об'єкт моніторингу може містити багато пунктів спостережень (1:M);
- один пункт моніторингу пов'язаний з багатьма результатами вимірювань (1:M);
- кожен результат вимірювання відповідає конкретному показнику та моменту часу (M:1);
- джерело даних може бути пов'язане з багатьма результатами спостережень (1:M).

ER-діаграма дозволяє чітко визначити первинні та зовнішні ключі, уникнути дублювання даних і забезпечити цілісність моніторингової інформації.

Просторовий аналіз у моніторинговій ГІС

Просторовий аналіз є ключовим інструментом для інтерпретації результатів моніторингу та прийняття управлінських рішень. У моніторинговій ГІС він поєднує атрибутивний, просторовий і часовий аналіз.

Основні види просторового аналізу:

- аналіз просторового розподілу моніторингових показників;
- зонування території за рівнем стану або ризику деградації земель;
- буферний аналіз навколо джерел негативного впливу;
- порівняльний аналіз змін у часі;
- просторове моделювання та прогнозування.

Результатами просторового аналізу є тематичні карти, аналітичні таблиці, графіки та цифрові моделі, що відображають стан земель і тенденції його змін.

Інтеграція даних дистанційного зондування Землі у систему моніторингу

Дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є важливим джерелом оперативної та просторово повної інформації для моніторингу стану земель. Їх інтеграція з ГІС дозволяє поєднувати польові спостереження з супутниковими даними.

Основні джерела даних ДЗЗ:

- супутники Sentinel (ESA);
- супутники Landsat (NASA/USGS);
- аерофотознімання та БПЛА.

Напрями використання даних ДЗЗ у моніторинговій ГІС:

- визначення змін землекористування;
- оцінка стану рослинного покриву;
- виявлення деградаційних процесів;
- уточнення просторових меж об'єктів моніторингу.

Інтеграція здійснюється шляхом завантаження, попередньої обробки, класифікації зображень та подальшого аналізу в середовищі ГІС.

Звіт за результатами виконання практичних робіт рекомендується оформлювати за такою структурою:

1. Титульна сторінка.
2. Мета та завдання роботи.
3. Коротка характеристика об'єкта моніторингу.
4. Вхідні дані та джерела інформації.
5. Опис концептуальної та логічної моделей системи моніторингу.
6. Структура бази даних та характеристика основних таблиць.
7. Методика просторового аналізу.
8. Результати аналізу та їх візуалізація.
9. Інтерактивні карти та веб-представлення результатів.
10. Висновки та рекомендації.
11. Список використаних джерел.

Запропонована структура забезпечує логічність викладу матеріалу та демонструє сформовані професійні компетентності.

Завдання роботи

1. Обрати територію моніторингу.
2. Визначити цілі та завдання моніторингу.
3. Сформувати перелік об'єктів і показників спостережень.
4. Запроєктувати структуру моніторингової мережі.
5. Побудувати концептуальну модель системи моніторингу.

Порядок виконання практичної роботи

1. Коротко охарактеризувати обрану територію та обґрунтувати актуальність моніторингу.
2. Визначити основні об'єкти моніторингу та їх просторові межі.

3. Обрати показники, що підлягають контролю, та джерела даних.
4. Описати структуру моніторингової мережі (полігони, стаціонари, пункти).
5. Побудувати концептуальну модель у вигляді схеми або структурованої таблиці.
6. Визначити елементи моделі, що реалізуються засобами ГІС.

Вимоги до результатів практичної роботи

- концептуальна схема системи моніторингу;
- пояснювальний текст (1–2 сторінки);
- таблиця відповідності елементів моделі та ГІС-інструментів.

Контрольні питання

1. Що таке концептуальна модель системи моніторингу?
2. Які елементи є обов'язковими в концептуальній моделі?
3. Яку роль відіграє ГІС у реалізації концептуальної моделі?
4. Чим відрізняються концептуальна, логічна та фізична моделі?
5. Як концептуальна модель використовується для підтримки управлінських рішень?

Рекомендована література: [1-2, 14]

Практична робота 4. Геостатистичний аналіз даних спостережень. Дослідження законів розподілу даних

Метою практичної роботи є набуття практичних навичок аналізу законів розподілу моніторингових даних, оцінки їх статистичних характеристик та підготовки даних до подальшого геостатистичного моделювання з використанням інструментів ArcGIS та QGIS.

Завдання практичної роботи

У процесі виконання практичної роботи студент повинен:

1. Проаналізувати вихідні моніторингові дані.
2. Визначити основні статистичні характеристики вибірки.
3. Побудувати гістограму розподілу даних.
4. Побудувати нормальний графік імовірностей (Normal Q–Q Plot).
5. Оцінити відповідність розподілу даних нормальному закону.
6. Зробити висновки щодо можливості застосування геостатистичних методів.

Вихідні дані

- точковий шар моніторингових спостережень (пункти відбору проб, стаціонари, пости);
- числовий показник (вміст забруднювача, агрохімічний показник, екологічний індекс тощо);
- координатна система — єдина для всіх даних.

Порядок виконання практичної роботи

1. Підготовка даних до аналізу

1. Завантажити точковий шар моніторингових даних у ГІС.
2. Перевірити:
 - правильність просторового положення точок;
 - наявність і коректність атрибутивних даних;
 - відсутність пропусків і дублювання значень.
3. За потреби виконати попереднє очищення даних (видалення помилкових або аномальних значень).

2. Розрахунок статистичних характеристик

Для досліджуваного показника визначити:

- мінімальне та максимальне значення;
- середнє арифметичне;

- медіану;
- стандартне відхилення;
- коефіцієнт варіації;
- асиметрію та ексцес (за наявності відповідних інструментів).

✦ **Звернути увагу** на ступінь варіабельності даних і можливу наявність викидів.

3. Побудова гістограми розподілу даних

1. Побудувати гістограму розподілу значень показника.
2. Проаналізувати:
 - форму гістограми (симетрична / асиметрична);
 - наявність одного або кількох максимумів;
 - діапазон зміни значень.
3. Порівняти отриману форму з теоретичним нормальним розподілом.

✦ **Мета етапу** — візуально оцінити характер розподілу даних.

4. Побудова нормального графіка імовірностей (Normal Q–Q Plot)

1. Побудувати Q–Q графік для досліджуваного показника.
2. Проаналізувати:
 - ступінь наближеності точок до діагональної лінії;
 - відхилення в центральній та крайових частинах графіка.
3. Зробити висновок щодо відповідності вибірки нормальному закону розподілу.

✦ **Звернути увагу:** суттєві відхилення від лінії свідчать про ненормальність розподілу.

5. Інтерпретація результатів

На основі виконаного аналізу:

- визначити, чи відповідають дані нормальному розподілу;
- оцінити можливість застосування:
 - Ordinary Kriging (за відсутності тренду);

- Universal Kriging (за наявності тренду);
- зробити висновок щодо необхідності трансформації даних (логарифмічної, квадратного кореня тощо).

Очікувані результати практичної роботи

У результаті виконання практичної роботи студент повинен:

- отримати числові статистичні характеристики вибірки;
- побудувати гістограму та нормальний графік імовірностей;
- проаналізувати закон розподілу моніторингових даних;
- зробити обґрунтовані висновки щодо підготовленості даних до геостатистичного аналізу;
- підготувати дані для подальшого просторового моделювання.

Практичне значення роботи

Результати дослідження законів розподілу даних:

- дозволяють правильно обрати метод геостатистичного аналізу;
- підвищують достовірність просторового моделювання;
- забезпечують коректну інтерпретацію результатів моніторингу;
- є обов'язковим етапом при створенні карт розподілу екологічних і ґрунтових показників.

Вимоги до результатів практичної роботи

У результаті виконання практичної роботи студент повинен подати:

1. **Підготовлений набір даних**, що:
 - містить коректні атрибутивні значення;
 - не має пропусків або необґрунтованих аномалій;
 - відповідає єдиній системі координат.

2. **Розраховані статистичні характеристики** досліджуваного показника:
 - мінімум і максимум;
 - середнє арифметичне та медіана;
 - стандартне відхилення;
 - коефіцієнт варіації (за можливості).
3. **Гістограму розподілу даних**, яка:
 - побудована коректно з оптимальною кількістю інтервалів;
 - має підписи осей та одиниці вимірювання;
 - дозволяє візуально оцінити форму розподілу.
4. **Нормальний графік імовірностей (Q–Q Plot)**, що:
 - побудований для досліджуваного показника;
 - дає змогу оцінити відхилення від нормального розподілу.
5. **Аналітичні висновки**, у яких:
 - охарактеризовано закон розподілу даних;
 - обґрунтовано можливість або неможливість застосування геостатистичних методів;
 - визначено доцільність трансформації даних.
6. **Короткий підсумковий висновок**, що відображає:
 - значення виконаного аналізу для подальшого просторового моделювання;
 - практичну цінність отриманих результатів.

Примітка для оформлення звіту

Результати практичної роботи повинні бути:

- логічно структуровані;
- доповнені графічними матеріалами;
- оформлені згідно з вимогами до навчальних звітів;
- супроводжені самостійними висновками студента.

Контрольні питання

1. Що розуміють під статистичним розподілом моніторингових даних?

2. Які основні закони розподілу використовуються при аналізі геоекологічних даних?
3. У чому полягає відмінність між нормальним та ненормальним розподілом?
4. Які статистичні характеристики використовуються для опису вибірки спостережень?
5. Що відображає гістограма розподілу даних і як її інтерпретувати?
6. Які ознаки на гістограмі свідчать про асиметрію розподілу?
7. Для чого будується нормальний графік імовірностей (Q–Q Plot)?
8. Як за допомогою Q–Q Plot оцінити відповідність даних нормальному закону?
9. Яку роль відіграє закон розподілу даних при виборі методу геостатистичного аналізу?
10. У яких випадках виникає необхідність трансформації моніторингових даних?
11. Як впливають викиди (аномальні значення) на результати статистичного аналізу?
12. Чому перевірка розподілу даних є обов'язковим етапом перед побудовою варіограми?
13. Які помилки можуть виникати при ігноруванні аналізу закону розподілу?
14. Які переваги дає попередній статистичний аналіз при просторовому моделюванні?
15. Яке практичне значення має дослідження законів розподілу для екологічного моніторингу?

Рекомендована література: [1-2, 9-14]

Практична робота 5. Геостатистичний інструментарій при вирішенні моніторингових задач в ГІС.

Метою роботи є ознайомитися з можливостями геостатистичного інструментарію геоінформаційних

систем для аналізу та моделювання просторово-розподілених моніторингових даних, набуті практичних навичок побудови безперервних поверхонь показників довкілля на основі дискретних спостережень, оцінки точності моделей та інтерпретації результатів для задач екологічного і земельного моніторингу.

Завдання практичної роботи

У процесі виконання практичної роботи студент повинен:

1. Проаналізувати вихідні моніторингові дані як просторово-координований набір спостережень.
2. Обрати доцільний метод просторової інтерполяції для вирішення поставленої моніторингової задачі.
3. Побудувати геостатистичну модель просторового розподілу досліджуваного показника.
4. Отримати прогнозу карту значень показника та карту оцінки похибок.
5. Виконати перехресну перевірку результатів геостатистичного моделювання.
6. Проаналізувати можливості використання отриманих результатів у системах моніторингу довкілля.

Теоретичні відомості (коротко)

Геостатистичний інструментарій у ГІС базується на аналізі просторової автокореляції даних і дозволяє переходити від дискретних точкових спостережень до безперервних поверхонь. На відміну від детермінованих методів інтерполяції, геостатистичні методи (кригінг) не лише прогнозують значення показника, але й надають кількісну оцінку похибки прогнозу, що є критично важливим для моніторингових систем.

Основними етапами геостатистичного аналізу є:

- дослідження просторової структури даних;
- побудова варіограми;
- моделювання просторового розподілу;
- оцінка точності результатів.

Вихідні дані

Для виконання практичної роботи використовуються:

- точковий шар моніторингових спостережень (грунти, забруднення, гідрохімічні показники, агроекологічні параметри тощо);
- атрибутивні дані зі значеннями досліджуваного показника;
- межі досліджуваної території.

Допускається використання як навчальних наборів даних, так і власних даних студента.

Програмне забезпечення

- **ArcGIS (модуль Geostatistical Analyst)** або
- **QGIS** (інструменти SAGA / GRASS / Processing Toolbox).

Порядок виконання практичної роботи

1. Підготовка та аналіз вихідних даних

1. Завантажити точковий шар моніторингових спостережень у ГІС.
2. Перевірити коректність координатної прив'язки та атрибутивних даних.
3. Проаналізувати просторове розміщення точок (щільність, наявність кластерів, прогалів).
4. Оцінити доцільність застосування геостатистичних методів для даного набору даних.

2. Вибір методу геостатистичного аналізу

1. Обґрунтувати вибір геостатистичного підходу (кригінг або альтернативний метод).
2. Визначити, чи необхідно враховувати глобальний або локальний тренд.
3. Проаналізувати можливу анізотропію просторового розподілу показника.

3. Побудова варіограми

1. Побудувати експериментальну варіограму.
2. Проаналізувати характер просторової автокореляції.
3. Підібрати теоретичну модель варіограми.
4. Визначити основні параметри варіограми та їх фізичний зміст для моніторингової задачі.

4. Геостатистичне моделювання

1. Виконати інтерполяцію з використанням обраного геостатистичного методу.
2. Отримати карту прогнозних значень досліджуваного показника.
3. Побудувати карту похибок або стандартного відхилення прогнозу.
4. Проаналізувати просторові особливості отриманих результатів.

5. Перехресна перевірка результатів

1. Виконати процедуру перехресної перевірки (cross-validation).
2. Оцінити статистичні показники точності моделі.
3. Визначити сильні та слабкі сторони побудованої геостатистичної моделі.
4. За необхідності скоригувати параметри моделювання.

6. Аналіз результатів для задач моніторингу

1. Проінтерпретувати отриману карту в контексті моніторингу довкілля.
2. Визначити території з підвищеним або зниженим рівнем показника.
3. Оцінити можливість використання результатів для управлінських рішень.
4. Сформулювати рекомендації щодо подальших досліджень.

Очікувані результати

У результаті виконання практичної роботи студент повинен:

- отримати геостатистичну модель просторового розподілу показника;
- оцінити точність і надійність результатів;
- продемонструвати розуміння ролі геостатистичного аналізу в системах моніторингу.

Висновки

У висновках необхідно:

- коротко описати застосований метод геостатистичного аналізу;
- оцінити ефективність отриманої моделі;
- зазначити практичну цінність результатів для задач моніторингу.

Вимоги до результатів практичної роботи

У результаті виконання практичної роботи студент повинен подати:

1. **Підготовлений просторовий набір даних**, що:
 - містить точкові моніторингові спостереження;
 - має коректні координати та атрибутивні значення;
 - перевірений на повноту і логічну узгодженість.
2. **Побудовану експериментальну варіограму**, для якої:
 - обґрунтовано вибір напрямків аналізу;
 - визначено наявність або відсутність анізотропії;
 - виконано підбір теоретичної моделі.
3. **Геостатистичну модель просторового розподілу показника**, отриману з використанням:
 - одного з методів кригінгу або іншого геостатистичного підходу;
 - коректно налаштованих параметрів моделі.
4. **Карту прогнозних значень**, що:
 - відображає безперервну поверхню досліджуваного показника;

- має легенду, масштаб та одиниці вимірювання;
 - є придатною для інтерпретації в задачах моніторингу.
5. **Карту похибок або невизначеності**, яка:
- демонструє просторовий розподіл помилок прогнозу;
 - дозволяє оцінити надійність отриманої моделі.
6. **Результати перехресної перевірки**, що:
- включають статистичні показники точності;
 - дають змогу оцінити адекватність побудованої моделі.
7. **Аналітичні висновки**, у яких:
- обґрунтовано вибір методу геостатистичного аналізу;
 - оцінено точність та практичну цінність результатів;
 - визначено можливі напрями вдосконалення моделі.

Примітка щодо оформлення звіту

Звіт з практичної роботи повинен:

- містити послідовний опис етапів аналізу;
- включати картографічні матеріали та графіки;
- бути оформленим відповідно до вимог навчально-методичної документації;
- містити самостійні узагальнюючі висновки студента.

Контрольні питання

1. Що розуміють під геостатистичним інструментарієм у геоінформаційних системах?
2. Які типи просторових даних використовуються в геостатистичному аналізі?
3. У чому полягає сутність просторової інтерполяції?
4. Які методи просторової інтерполяції застосовуються при вирішенні моніторингових задач?
5. У чому принципова відмінність детермінованих і геостатистичних методів інтерполяції?
6. Що таке варіограма та яке її призначення?
7. Які основні параметри варіограми і як вони інтерпретуються?
8. Що таке кригінг і які його основні різновиди?

9. Яку роль відіграє аналіз анізотропії у геостатистичному моделюванні?
10. Як враховується просторовий тренд при побудові геостатистичної моделі?
11. Для чого виконується перехресна перевірка (cross-validation) результатів інтерполяції?
12. Які показники використовуються для оцінки точності геостатистичних моделей?
13. Як результати геостатистичного аналізу використовуються у системах моніторингу довкілля?
14. Які можливості геостатистичного аналізу реалізовані в ArcGIS та QGIS?
15. Які обмеження та типові помилки виникають при використанні геостатистичного інструментарію?

Рекомендована література: [1-2, 9-14]

Практична робота 6. Побудова картографічної моделі та виконання перехресної перевірки даних

Метою роботи є ознайомлення студентів з принципами створення веборієнтованих інтерактивних карт для представлення результатів моніторингових досліджень; формування навичок візуалізації просторових даних та аналітичних результатів у форматі, придатному для публічного представлення й прийняття управлінських рішень.

Теоретичні відомості

Інтерактивні карти у системах моніторингу

Інтерактивна карта – це цифровий картографічний продукт, що забезпечує взаємодію користувача з просторовими даними шляхом масштабування, навігації, вибору об'єктів та перегляду атрибутивної інформації. У моніторингових системах інтерактивні карти використовуються для оперативного аналізу стану

територій, інформування зацікавлених сторін та підтримки управлінських рішень.

Особливості платформи Visme (Interactive Map Maker)

Visme Interactive Map Maker є веборієнтованим безкоштовним інструментом, який дозволяє створювати інтерактивні карти без використання спеціалізованого ГІС-програмного забезпечення. Платформа орієнтована на презентаційні та аналітичні задачі і підтримує додавання маркерів, підписів, інформаційних вікон, графіків і гіперпосилань.

Переваги використання Visme для моніторингу

- доступність та простота використання;
- можливість інтеграції результатів ГІС-аналізу у вебформат;
- наочність і зрозумілість для нефармових користувачів;
- підтримка спільного доступу та публікації результатів.

Детальний алгоритм виконання роботи в середовищі Visme Interactive Map Maker

Крок 1. Підготовка вихідних матеріалів

Перед початком роботи необхідно підготувати:

- перелік об'єктів моніторингу (пункти спостережень, полігони, зони впливу);
- атрибутивні дані (назва об'єкта, показники моніторингу, дата вимірювання, короткий висновок);
- результати ГІС-аналізу (карти, діаграми, узагальнені показники), отримані у попередніх лабораторних роботах.

Крок 2. Реєстрація та створення нового проєкту

1. Перейти на вебплатформу Visme та виконати вхід до облікового запису.
2. Обрати пункт створення нового проєкту (Create New Project).
3. У переліку шаблонів вибрати категорію Maps → Interactive Maps.

Крок 3. Вибір базової картографічної основи

1. Обрати потрібний рівень карти (світ, країна, регіон).
2. За необхідності змінити масштаб і фокус карти на досліджувану територію.
3. Налаштувати колірну гаму базової карти відповідно до тематики моніторингу.

Крок 4. Налаштування шарів та об'єктів

1. Додати маркери для точкових об'єктів моніторингу.
2. Для кожного маркера задати точне положення на карті.
3. Налаштувати форму, колір і розмір маркерів залежно від значень показників.

Крок 5. Заповнення атрибутивної інформації

1. Для кожного об'єкта створити інформаційне вікно (popup).
2. Додати текстові дані: назва, показник, одиниці вимірювання, короткий коментар.
3. За потреби додати графіки, іконки або зображення результатів аналізу.

Крок 6. Налаштування інтерактивності

1. Увімкнути інтерактивні дії для об'єктів (hover, click).
2. Налаштувати переходи між елементами карти.
3. Додати підказки для користувача (tooltips).

Крок 7. Візуальне оформлення та картографічний дизайн

1. Дотримуватись принципів контрастності та читабельності.
2. Використовувати єдину стилістику для всіх елементів карти.
3. Додати заголовок карти,

Вимоги до результатів практичної роботи

У результаті виконання практичної роботи студент повинен підготувати інтерактивну карту, яка відповідає таким вимогам:

1. Загальні вимоги

- інтерактивна карта створена в середовищі **Interactive Map Maker (Visme)**;
- карта має чітко визначену тему (екологічна, ґрунтова, техногенна, соціально-економічна тощо);
- структура карти є логічною та зрозумілою для користувача;
- інформація подана в наочній і доступній формі.

2. Картографічні вимоги

- використана базова карта або контурна схема території;
- відображені основні об'єкти моніторингу (пункти спостережень, зони впливу, територіальні одиниці);
- об'єкти мають умовні позначення, зрозумілі легенду та підписи;
- кольорова гама підібрана з урахуванням принципів картографічної візуалізації.

3. Вимоги до інтерактивності

- реалізовані елементи інтерактивності:
 - інформаційні підказки (tooltip);
 - спливаючі вікна з описом;
 - гіперпосилання або навігаційні елементи;
- інтерактивні елементи коректно працюють та логічно пов'язані з об'єктами карти;
- карта реагує на дії користувача (наведення, натискання).

4. Інформаційне наповнення

- для кожного об'єкта подана атрибутивна інформація;
- текстова інформація є стислою, інформативною та коректною;
- за потреби використані графіки, іконки або інфографіка;
- дані відповідають темі та завданням роботи.

5. Аналітична складова

- карта дозволяє:
 - виявляти просторові закономірності;
 - порівнювати показники між об'єктами;
 - оцінювати стан території;
- результати візуалізації можуть бути використані для прийняття управлінських або аналітичних рішень у задачах моніторингу.

6. Представлення результатів

- інтерактивна карта збережена у вигляді:
 - опублікованого веб-посилання або
 - вбудованого інтерактивного об'єкта;
- студент надає короткий опис створеної карти;
- у звіті наведені скріншоти ключових етапів створення карти.

7. Критерії оцінювання результатів

- відповідність карти поставленій темі;
- повнота та якість інтерактивності;
- наочність і зручність користування;
- коректність і актуальність даних;
- творчий підхід до візуалізації.

Контрольні питання

1. Що таке інтерактивна карта та які її основні відмінності від статичної картографічної продукції?
2. Які можливості надає середовище **Interactive Map Maker (Visme)** для створення інтерактивних карт?
3. Які типи просторових об'єктів можна відображати на інтерактивній карті?
4. Які елементи інтерактивності підтримує Visme (підказки, посилання, анімація, фільтрація тощо)?
5. Які етапи створення інтерактивної карти в середовищі Visme?

6. Які вимоги до підготовки вихідних даних для інтерактивної карти?
7. Як реалізується прив'язка інформаційних блоків до картографічних об'єктів?
8. Які способи візуалізації атрибутивної інформації використовуються в інтерактивних картах?
9. Які переваги використання інтерактивних карт у системах моніторингу?
10. Які обмеження має середовище Visme порівняно з повнофункціональними ГІС?
11. Як забезпечується наочність і зручність сприйняття інформації користувачем?
12. Які типові помилки виникають при створенні інтерактивних карт і як їх уникнути?
13. Які сфери практичного застосування інтерактивних карт у задачах моніторингу довкілля?
14. Як здійснюється публікація та поширення інтерактивної карти?
15. Які вимоги до оформлення інтерактивної карти для представлення результатів моніторингу?

Рекомендована література: [1-2, 9-14]

4. Рекомендована література

Базова література

1. Павленко Л. А. Геоінформаційні системи : навч. посіб. Харків : ХНЕУ, 2013. 260 с.
2. Донченко М. В., Коваленко І. І. Геоінформаційні системи : навч. посіб. Миколаїв : ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 132 с.
3. Ачасов А. Б., Тітенко Г. В., Власов О. В., Курілов В. І. Геоінформаційні системи як основа сучасного картографування ґрунтів. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2014. No 1–2. С. 9–14.

4. Шарий Г. І., Нестеренко С. В., Гамерник Д. С., Тимошевський В. В. Геоінформаційні системи в сфері аграрного землекористування. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/8502> (дата звернення: 05.02.2026).

Допоміжна література

5. Atkinson P. M., Lloyd C. D. GeoENV VII – Geostatistics for Environmental Applications. Dordrecht : Springer, 2010. 420 p.
6. Soares A. GeoENV VI – Geostatistics for Environmental Applications. Dordrecht : Springer, 2008. 368 p.
7. Gómez-Hernández J. J., Soares A. GeoENV I – Geostatistics for Environmental Applications. Dordrecht : Springer, 1997. 518 p.
8. QGIS Documentation Team. QGIS User Guide. URL: <https://docs.qgis.org> (дата звернення: 05.02.2026).
9. ESRI. ArcGIS Pro Geostatistical Analyst: Concepts and Tools. Redlands : ESRI Press, 2023. URL: <https://pro.arcgis.com> (дата звернення: 05.02.2026).
10. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.