

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

Навчально-науковий інститут агроєкології та землеустрою

Кафедра землеустрою, кадастру, моніторингу земель та
геоінформатики

05-05-123М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

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

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 друга) 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. – 32 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 самостійної роботи.....	4
2. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи....	5
3. Рекомендована література.....	32

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

ВСТУП

Навчальна дисципліна «ГІС в задачах моніторингу» є складовою професійної підготовки здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геоінформаційні системи і технології» і спрямована на формування системного розуміння принципів організації, оброблення та просторового аналізу моніторингових даних із використанням сучасних геоінформаційних технологій.

Самостійна робота здобувачів вищої освіти є важливою складовою освітнього процесу, що забезпечує поглиблення теоретичних знань, розвиток аналітичного мислення та формування практичних навичок роботи з моніторинговими даними в середовищі ГІС. Особлива увага у межах самостійної роботи приділяється опануванню геостатистичного інструментарію, аналізу просторових закономірностей, побудові картографічних моделей, використанню відкритих геоінформаційних систем та інтеграції даних дистанційного зондування Землі й супутникової навігації.

Метою даних методичних вказівок є методичне забезпечення виконання самостійної роботи з дисципліни «ГІС в задачах моніторингу», формування у здобувачів здатності самостійно аналізувати моніторингові дані, застосовувати геоінформаційні та геостатистичні методи для дослідження стану довкілля, а також інтерпретувати результати просторового аналізу для вирішення прикладних моніторингових задач.

Методичні вказівки містять перелік тем самостійної роботи, методичні рекомендації щодо їх опрацювання, практично орієнтовані завдання дослідницького характеру, питання для самоконтролю та очікувані результати навчання. Запропонована структура забезпечує логічну послідовність вивчення матеріалу та сприяє формуванню професійних компетентностей майбутніх фахівців у галузі геоінформаційних систем і моніторингу.

1. Тематика самостійної роботи

№ з/п	Назва	Кількість годин (д/з форма)
1	Поняття моніторингу як системи, види й рівні, мета й основні задачі досліджень навколишнього середовища. Картограми ґрунтово-геоморфологічного районування.	16/20
2	Методи опрацювання даних моніторингу земної поверхні. Картограми техногенного навантаження.	18/28
3	Системний підхід до збору інформації про природні явища. Проектування мережі ПОІ	16/28
4	Моделювання довкілля як галузь пошуку нових рішень. Концептуальні моделі та бази даних для зберігання та обробки моніторингових даних.	22/30
5	Геостатистичний аналіз даних спостережень. Дослідження законів розподілу даних	20/28
6	Геостатистичний інструментарій при вирішенні моніторингових задач в ГІС.	16/24
7	Можливості геоінформаційних систем з відкритим кодом при вирішенні моніторингових задач. Побудова картографічної моделі та виконання перехресної перевірки даних	26/28
8	Використання диференціальних навігаційних сервісів в моніторингових ГІС	26/30
ВСЬОГО		160/216

2. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи

Тема 1. Поняття моніторингу як системи, види й рівні, мета й основні задачі досліджень навколишнього середовища. Картограми ґрунтово-геоморфологічного районування.

Теоретичні питання для самостійного опрацювання

Студент повинен самостійно опрацювати та узагальнити такі ключові теоретичні положення:

1. Моніторинг як система:

- сутність поняття «моніторинг» у природоохоронному та геоінформаційному контексті;
- відмінність моніторингу від контролю, спостереження та інвентаризації;
- системний підхід до організації моніторингових досліджень (об'єкт, суб'єкт, показники, періодичність, зворотний зв'язок).

2. Види моніторингу:

- екологічний, земельний, ґрунтовий, геоморфологічний, агроекологічний;
- локальний, регіональний, національний, глобальний моніторинг;
- фоновий, імпактний, оперативний та довготривалий моніторинг.

3. Рівні моніторингу:

- просторові рівні (польовий, регіональний, державний);
- ієрархія даних у системах моніторингу;
- роль ГІС у інтеграції багаторівневих даних.

4. Мета та основні задачі моніторингу навколишнього середовища:

- оцінка сучасного стану компонентів довкілля;
- виявлення змін і тенденцій;
- прогнозування розвитку негативних процесів;
- інформаційне забезпечення управлінських рішень.

5. Ґрунтово-геоморфологічне районування:

- поняття та наукові засади районування;
- зв'язок ґрунтового покриву з рельєфом;
- роль геоморфологічних чинників у формуванні ґрунтів.

Аналітичне опрацювання картографічних матеріалів

Студенту необхідно:

- проаналізувати **прикладні карти ґрунтового та геоморфологічного районування** (атласи України, наукові публікації, відкриті геопортали);
- визначити:
 - масштаб карт;
 - принципи класифікації районів;
 - типи умовних позначень і способи картографічного зображення;
- встановити, **які елементи картограм є найбільш інформативними для задач моніторингу**;
- оцінити можливості використання таких карт як базового шару в моніторинговій ГІС.

Практичне завдання дослідницького характеру

У межах самостійної роботи студент виконує одне з таких завдань (за вибором або за завданням викладача):

1. Побудова простої картограми:

- вибрати територію (адміністративний район, громада, водозбір);
- на основі відкритих даних або навчальних матеріалів створити картограму ґрунтово-геоморфологічного районування;
- визначити, які зони є найбільш уразливими до деградаційних процесів.

2. Аналітичний опис території:

- охарактеризувати ґрунтово-геоморфологічні умови обраної території;
- описати можливі екологічні ризики (ерозія, підтоплення, деградація ґрунтів);

- сформулювати пропозиції щодо моніторингових спостережень.

Практичне застосування теми в системах моніторингу

Студент має самостійно проаналізувати та письмово обґрунтувати:

- роль ґрунтового-геоморфологічних карт у:
 - плануванні моніторингової мережі;
 - виборі пунктів спостережень;
 - інтерпретації результатів аналізу;
- значення районування для:
 - зонування територій за рівнем ризику;
 - моделювання екологічних процесів;
 - прийняття управлінських рішень у сфері охорони земель.

Питання для самоконтролю та рефлексії

Студент повинен уміти дати аргументовані відповіді на такі питання:

1. Чому моніторинг слід розглядати як цілісну систему?
2. У чому полягає практична цінність багаторівневого моніторингу?
3. Які переваги дає використання ґрунтового-геоморфологічного районування в моніторингових дослідженнях?
4. Як результати районування можуть впливати на проектування ГІС-моніторингу?

Очікувані результати самостійної роботи

Після виконання самостійної роботи студент повинен:

- розуміти системну сутність моніторингу;
- орієнтуватися у видах і рівнях моніторингових досліджень;
- вміти аналізувати ґрунтового-геоморфологічні картограми;

- усвідомлювати практичну роль картографічних матеріалів у задачах моніторингу стану та охорони земель.

Рекомендована література: [1, 3, 5, 6, 12]

Тема 2. Методи опрацювання даних моніторингу земної поверхні. Картограми техногенного навантаження

Теоретичні основи опрацювання моніторингових даних

Студент повинен самостійно опрацювати та систематизувати такі теоретичні положення:

1. Поняття даних моніторингу земної поверхні:

- типи даних (польові, лабораторні, дистанційні, статистичні);
- первинні та похідні моніторингові дані;
- просторові та атрибутивні характеристики даних.

2. Методи опрацювання моніторингових даних:

- попередня обробка даних (перевірка повноти, коректності, узгодженості);
- нормалізація та уніфікація показників;
- агрегування та узагальнення даних за просторовими одиницями;
- класифікація та групування показників.

3. ГІС як середовище опрацювання моніторингових даних:

- інтеграція різнорідних джерел інформації;
- просторове зіставлення (overlay) та аналіз;
- роль геоінформаційних технологій у прийнятті рішень.

4. Поняття техногенного навантаження:

- основні джерела техногенного впливу;
- показники оцінки техногенного навантаження;
- зв'язок техногенного навантаження зі станом земної поверхні.

Картограми техногенного навантаження: сутність і класифікація

Студент самостійно вивчає:

- поняття та призначення картограм техногенного навантаження;
- основні типи картограм:
 - за цільністю джерел техногенного впливу;
 - за інтенсивністю навантаження;
 - інтегральні картограми техногенного ризику;
- методи відображення даних:
 - спосіб кількісного фону;
 - градаційна шкала;
 - комбіновані способи картографування.

Окрему увагу слід звернути на **вибір класифікаційної шкали** та її вплив на інтерпретацію результатів.

Аналітичне опрацювання прикладів картографічних матеріалів

Студент повинен:

- проаналізувати приклади карт техногенного навантаження з:
 - наукових публікацій;
 - державних екологічних звітів;
 - відкритих геоінформаційних ресурсів;
- визначити:
 - джерела вихідних даних;
 - методи їх обробки;
 - спосіб картографічного зображення;
- оцінити **придатність таких карт для використання в системах моніторингу.**

Практичне завдання дослідницького характеру

У межах самостійної роботи студент виконує одне з практичних завдань:

1. Розрахунок інтегрального показника техногенного навантаження:

- обрати набір показників (промисловість, транспорт, землекористування);
 - виконати їх нормалізацію;
 - обґрунтувати метод інтеграції показників.
- або

2. Підготовка картограми техногенного навантаження:

- вибрати територію дослідження;
- підготувати просторові та статистичні дані;
- обґрунтувати вибір способу картографування та шкали.

Практичне застосування результатів у моніторингових системах

Студент аналізує та письмово висвітлює:

- використання картограм техногенного навантаження для:
 - екологічного зонування територій;
 - визначення пріоритетних зон моніторингу;
 - оцінки ризиків деградації земної поверхні;
- роль таких карт у підтримці управлінських рішень на регіональному рівні.

Питання для самоконтролю

1. Які методи опрацювання даних є ключовими для моніторингу земної поверхні?
2. У чому полягають переваги ГІС-аналізу при оцінці техногенного навантаження?
3. Як вибір шкали картограми впливає на сприйняття результатів?
4. Чому інтегральні показники є важливими для моніторингових досліджень?

Очікувані результати самостійної роботи

Після виконання самостійної роботи студент повинен:

- розуміти основні методи опрацювання моніторингових даних;
- вміти аналізувати та інтерпретувати картограми техногенного навантаження;
- усвідомлювати роль просторового аналізу в оцінці антропогенного впливу;
- застосовувати отримані знання для задач моніторингу стану земної поверхні.

Рекомендована література: [1, 3, 5, 6, 11, 12]

Тема 3. Системний підхід до збору інформації про природні явища. Проектування мережі ПОІ

Системний підхід у моніторингових дослідженнях

Студент самостійно опрацьовує такі теоретичні аспекти:

- 1. Поняття системного підходу в екологічному та геоінформаційному моніторингу:**
 - система як сукупність взаємопов'язаних елементів;
 - вхідні дані, процеси обробки, вихідні результати;
 - зворотні зв'язки в системах моніторингу.
- 2. Особливості системного збору інформації про природні явища:**
 - комплексність і багатоаспектність спостережень;
 - просторово-часова узгодженість даних;
 - безперервність та повторюваність вимірювань.
- 3. Роль пунктів отримання інформації (ПОІ):**
 - ПОІ як базові елементи моніторингової мережі;
 - функції ПОІ в загальній структурі системи;
 - взаємодія ПОІ з аналітичними та керуючими підсистемами.

Особливу увагу слід звернути на зв'язок між цілями моніторингу та структурою мережі збору даних.

Технології збору інформації за матеріалами аерокосмічних зйомок

У межах самостійної роботи студент вивчає:

1. Аерокосмічні методи збору моніторингової інформації:

- супутникові зйомки (оптичні, радарні, мульти- та гіперспектральні);
- безпілотні літальні апарати (БПЛА);
- літакові та аерофотозйомки.

2. Основні параметри аерокосмічних даних:

- просторове, спектральне, радіометричне та часове розрізнення;
- періодичність зйомок;
- масштаб використання даних.

3. Переваги та обмеження аерокосмічних технологій у моніторингу:

- охоплення великих територій;
- оперативність отримання інформації;
- залежність від погодних умов та типу сенсорів.

Студент має самостійно підібрати приклади використання аерокосмічних даних для моніторингу стану земель, рослинного покриву, деградаційних процесів.

Технічні засоби збору інформації для задач моніторингу

Студент повинен опрацювати:

1. Наземні технічні засоби збору інформації:

- автоматизовані станції спостережень;
- датчики фізичних, хімічних і біологічних параметрів;
- мобільні вимірювальні комплекси.

2. Комунікаційні технології:

- дротові та бездротові канали передачі даних;
- IoT-рішення для моніторингових мереж;
- стандартні протоколи обміну даними.

3. Вимоги до технічних засобів:

- точність і надійність вимірювань;
- автономність та енергоефективність;
- сумісність з ГІС і базами даних.

Принципи проектування мережі пунктів отримання інформації

Студент самостійно вивчає та аналізує ключові принципи проектування ПОІ:

- **надійність** (резервування, fault-tolerance);
- **масштабованість** (можливість додавання нових ПОІ);
- **гнучкість та розширюваність** (підтримка різних типів даних);
- **безпека** (захист від втручань, контроль доступу);
- **ефективність** (оптимізація витрат і ресурсів).

Окремо необхідно опрацювати:

- **ієрархічну структуру мережі ПОІ:**
 - рівень датчиків;
 - локальні вузли збору;
 - регіональні центри;
 - центральний сервер моніторингу;
- роль стандартизованих протоколів у централізованому управлінні та візуалізації даних у реальному часі.

Самостійне практичне завдання

Студент виконує аналітично-проектне завдання:

- обрати тип природного явища або процесу (деградація земель, забруднення ґрунтів, підтоплення);
- запропонувати **структуру мережі ПОІ** для вибраної території;
- обґрунтувати:
 - кількість пунктів;
 - їх просторове розміщення;
 - типи технічних засобів;

- канали передачі даних.

Результати подати у вигляді схеми або описової моделі.

Практичне застосування результатів у системах моніторингу

Студент описує можливості використання спроектованої мережі ПОІ для:

- оперативного виявлення змін природного середовища;
- підтримки управлінських рішень;
- інтеграції з ГІС та вебмоніторинговими платформами.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає системний підхід до збору моніторингових даних?
2. Які переваги мають аерокосмічні технології порівняно з наземними спостереженнями?
3. Чому ієрархічна структура мережі ПОІ є оптимальною?
4. Які ризики виникають при порушенні принципів надійності та безпеки?

Очікувані результати самостійної роботи

Після виконання самостійної роботи студент повинен:

- розуміти принципи системного збору моніторингової інформації;
- орієнтуватися в сучасних технологіях та технічних засобах збору даних;
- вміти проєктувати мережу пунктів отримання інформації;
- оцінювати ефективність і надійність моніторингових систем.

Рекомендована література: [1, 2, 3, 5, 6, 12]

Тема 4. Моделювання довкілля як галузь пошуку нових рішень. Концептуальні моделі та бази даних для зберігання та обробки моніторингових даних.

Моделювання в екологічних і моніторингових дослідженнях

Студент самостійно опрацьовує:

1. Поняття моделювання довкілля:

- моделювання як інструмент наукового пізнання;
- роль моделей у прогнозуванні та управлінні станом довкілля;
- переваги моделювання порівняно з виключно емпіричними спостереженнями.

2. Метод моделювання в екологічних дослідженнях:

- цілі застосування моделей;
- етапи побудови екологічних моделей;
- обмеження та припущення при моделюванні природних процесів.

Окрему увагу слід приділити зв'язку між моніторинговими даними та моделями, які використовують ці дані як вхідну інформацію.

Типи моделей у дослідженнях довкілля

Студент самостійно вивчає класифікацію моделей:

- **за рівнем абстракції:**
 - концептуальні;
 - математичні;
 - імітаційні;
- **за характером опису:**
 - детерміновані та стохастичні;
 - статичні та динамічні;
- **за просторовим виміром:**
 - одномірні;
 - дво- та тривимірні;
 - просторово-часові.

Студент має навести приклади застосування різних типів моделей у задачах **екологічного та земельного моніторингу**.

Особливості математичного моделювання природних процесів

У межах самостійної роботи необхідно опрацювати:

1. **Особливості математичного опису довкілля:**
 - нелінійність процесів;
 - складні взаємозв'язки між компонентами системи;
 - невизначеність і варіабельність параметрів.
2. **Проблеми та виклики математичного моделювання:**
 - обмеженість і неоднорідність вихідних даних;
 - масштабні ефекти;
 - складність валідації моделей.
3. **Роль статистичних і геостатистичних методів у побудові моделей стану довкілля.**

Системний аналіз довкілля та системний підхід до побудови моделей

Студент самостійно вивчає:

1. **Суть системного аналізу довкілля:**
 - довкілля як відкрита динамічна система;
 - взаємодія природних і антропогенних компонентів;
 - багаторівневість екологічних систем.
2. **Системний підхід до побудови математичних моделей:**
 - визначення меж системи;
 - ідентифікація елементів і зв'язків;
 - формування структури моделі.

Особливу увагу слід звернути на **узгодження структури моделі з цілями моніторингу**.

Концептуальні моделі та бази даних моніторингових систем

Студент повинен самостійно опрацювати:

- поняття **концептуальної моделі**;
- роль концептуальних моделей у проектуванні інформаційних систем;
- зв'язок концептуальної моделі з:
 - логічною моделлю бази даних;
 - фізичною реалізацією БД;
- типові об'єкти та зв'язки в БД моніторингової ГІС.

Наголос робиться на тому, що **концептуальна модель є основою для побудови конкретної програмної системи**, що дозволяє уникнути хаотичного розвитку та забезпечує відповідність функціоналу поставленим завданням.

Самостійне практичне завдання

Студент виконує аналітичне завдання:

- обирає компонент довкілля або процес (стан ґрунтів, забруднення, ерозія);
- формує **спрощену концептуальну модель**:
 - основні об'єкти;
 - потоки даних;
 - взаємозв'язки між елементами;
- описує можливу реалізацію моделі у вигляді ГІС або БД.

Практичне застосування результатів моделювання

Студент письмово аналізує:

- можливості використання моделей для прогнозування змін довкілля;
- роль моделей у підтримці управлінських рішень;
- значення моделювання для сталого розвитку територій.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає значення моделювання для екологічних досліджень?

2. Чим концептуальна модель відрізняється від математичної?
3. Які особливості ускладнюють математичне моделювання довкілля?
4. Чому системний підхід є необхідним при побудові моделей?

Очікувані результати самостійної роботи

Після виконання самостійної роботи студент повинен:

- розуміти роль моделювання в системах моніторингу;
- орієнтуватися в типах моделей та їх призначенні;
- застосовувати системний підхід до аналізу довкілля;
- формувати концептуальні моделі для подальшої програмної реалізації.

Рекомендована література: [1, 3,4, 5, 10-12]

Тема 5. Геостатистичний аналіз даних спостережень. Дослідження законів розподілу даних

Планування геостатистичних досліджень у системах моніторингу

Студент самостійно опрацьовує:

1. **Розроблення плану досліджень:**
 - формулювання мети та задач геостатистичного аналізу;
 - визначення об'єкта та території спостережень;
 - вибір показників моніторингу.
2. **Методика спостережень:**
 - визначення схеми розміщення пунктів спостережень;
 - вибір масштабу дослідження;
 - забезпечення репрезентативності вибірки.

Особливу увагу необхідно звернути на **вплив схеми спостережень на результати геостатистичного аналізу.**

Статистичні характеристики вибірки спостережень

Студент самостійно вивчає та аналізує:

1. Основні статистичні характеристики:

- середнє, медіана, мода;
- дисперсія та стандартне відхилення;
- коефіцієнт варіації.

2. Аналіз розподілу даних:

- нормальний та ненормальний розподіли;
- асиметрія та ексцес;
- виявлення викидів.

3. Використання статистичних характеристик у моніторингу:

- оцінка стабільності природних процесів;
- виявлення зон аномальних значень;
- попередній контроль якості даних.

Статистичний аналіз екологічних явищ по карті змін

У межах самостійної роботи студент опрацьовує:

- методи просторової інтерпретації статистичних показників;
- аналіз карт екологічних змін;
- зіставлення статистичних характеристик із просторовими закономірностями.

Студент повинен звернути увагу на **відмінності між класичним статистичним аналізом і просторово орієнтованим геостатистичним підходом.**

Оцінка впливу окремих факторів на природні явища

Студент самостійно вивчає:

- поняття факторного аналізу в екологічних дослідженнях;
- кореляційні зв'язки між показниками;
- просторову диференціацію впливу факторів.

Окремо необхідно розглянути приклади:

- впливу техногенних чинників;

- природних факторів;
- комплексного впливу декількох чинників.

Використання модуля Geostatistical Analyst

Студент самостійно опрацьовує можливості геостатистичного інструментарію:

- підготовка даних до геостатистичного аналізу;
- дослідження закону розподілу даних;
- застосування інструментів:
 - гістограми;
 - нормального графіка (Normal Q–Q Plot);
 - первинного аналізу просторових даних.

Особливу увагу слід приділити **інтерпретації результатів**, а не лише технічному виконанню операцій.

Самостійне практичне завдання

Студент виконує одне з аналітичних завдань:

- побудова гістограми та Normal Q–Q Plot для обраного моніторингового показника;
- аналіз відповідності даних нормальному закону розподілу;
- підготовка короткого висновку щодо придатності даних для подальшого геостатистичного моделювання.

Практичне значення геостатистичного аналізу в моніторингу

Студент письмово обґрунтовує:

- значення геостатистичних методів для виявлення внутрішніх структур даних;
- можливість прогнозування майбутніх значень з певною ймовірністю;
- роль геостатистики у підтримці управлінських рішень.

Питання для самоконтролю

1. Чому планування досліджень є критично важливим для геостатистичного аналізу?
2. Які статистичні характеристики найбільш інформативні для моніторингових даних?
3. У чому полягає відмінність між статистичним і геостатистичним аналізом?
4. Яке практичне значення мають гістограма та Normal Q–Q Plot?

Очікувані результати самостійної роботи

Після виконання самостійної роботи студент повинен:

- володіти базовими методами статистичного аналізу моніторингових даних;
- розуміти просторові закономірності екологічних явищ;
- застосовувати інструменти Geostatistical Analyst для аналізу розподілу даних;
- оцінювати вплив факторів на природні процеси.

Рекомендована література: [1, 3, 4, 9-10, 12]

Тема 6. Геостатистичний інструментарій при вирішенні моніторингових задач в ГІС.

Геостатистичний інструментарій у складі сучасних ГІС

Студент самостійно опрацьовує:

1. **Місце геостатистичних модулів у структурі інструментальних ГІС:**
 - геостатистичний аналіз як складова просторової аналітики;
 - інтеграція геостатистичних модулів з базами даних і ГІС-проектами;
 - приклади програмних продуктів (ArcGIS, QGIS та ін.).

2. Призначення геостатистичних модулів у моніторингу:

- аналіз дискретних просторово-координованих даних;
- побудова безперервних поверхонь;
- прогноз значень у точках, де вимірювання не проводилися.

Особливу увагу слід звернути на роль геостатистики як інструменту переходу від точкових спостережень до просторових моделей.

Структура просторових моніторингових даних і їх підготовка

Студент самостійно вивчає:

1. Типи просторових даних для геостатистичного аналізу:

- точкові набори даних;
- растрові та векторні представлення;
- дані дистанційного зондування Землі.

2. Підготовка даних до геостатистичного моделювання:

- перевірка якості та повноти даних;
- виявлення аномальних значень;
- аналіз просторового розподілу точок спостережень.

Наголос робиться на тому, що **якість геостатистичного моделювання напряму залежить від якості вихідних даних.**

Просторова інтерполяція як основа геостатистичного моделювання

Студент самостійно опрацьовує:

1. Поняття просторової інтерполяції:

- мета та задачі інтерполяції;
- принцип переходу від дискретних даних до безперервної поверхні.

2. Основні методи інтерполяції в ГІС:

- Inverse Distance Weighting (IDW);

- сплайн-інтерполяція;
- природний сусід.
- 3. **Обмеження класичних методів інтерполяції:**
- ігнорування просторової автокореляції;
- відсутність оцінки похибки;
- спрощені припущення щодо структури даних.

Крігінг як геостатистичний метод моделювання

У межах самостійної роботи студент вивчає:

1. Сутність крігінгу:

- просторову автокореляцію як основу методу;
- варіограму та її роль у моделюванні;
- типи крігінгу (Ordinary, Universal).

2. Переваги крігінгу в моніторингових задачах:

- урахування просторової структури даних;
- можливість прогнозування значень;
- оцінка похибки моделі.

3. Практичне значення крігінгу:

- моделювання забруднення ґрунтів;
- аналіз агрохімічних показників;
- оцінка кліматичних і гідрологічних параметрів.

Оцінка точності та надійності геостатистичних моделей

Студент самостійно опрацьовує:

- поняття похибки геостатистичної моделі;
- методи оцінки точності:
 - перехресна перевірка (cross-validation);
 - середня помилка та середньоквадратична помилка;
- інтерпретація карт похибок.

Особлива увага приділяється **аналізу надійності прогнозів**, а не лише візуальному результату.

Інтеграція геостатистичних методів з даними ДЗЗ

Студент самостійно вивчає:

- поєднання точкових даних спостережень із супутниковими знімками;

- використання дистанційного зондування для уточнення геостатистичних моделей;
- можливості оперативного оновлення моделей у реальному часі.

Наголос робиться на застосуванні геостатистики в екологічному та аграрному секторах.

Самостійне практичне завдання

Студент виконує аналітичне завдання:

- порівняти результати інтерполяції (IDW) та крігінгу для одного показника;
- оцінити відмінності у просторовій структурі результатів;
- сформулювати висновок щодо доцільності використання геостатистичного підходу.

Практичне застосування геостатистичного інструментарію

Студент письмово аналізує:

- можливості використання геостатистичних моделей для прогнозування змін у довкіллі;
- роль геостатистики в раціональному природокористуванні;
- значення просторового прогнозування для управлінських рішень.

Питання для самоконтролю

1. Яку роль відіграють геостатистичні модулі в ГІС?
2. Чим крігінг відрізняється від класичних методів інтерполяції?
3. Чому оцінка похибки є важливою складовою геостатистичного аналізу?
4. Які переваги дає інтеграція геостатистики з даними ДЗЗ?

Очікувані результати самостійної роботи

Після виконання самостійної роботи студент повинен:

- розуміти принципи геостатистичного аналізу в ГІС;
- володіти методами просторової інтерполяції;
- застосовувати крігінг для моніторингових задач;
- оцінювати точність і надійність просторових моделей;
- використовувати геостатистичний інструментарій для прогнозування стану довкілля.

Рекомендована література: [1-3, 5-8, 10-12]

Тема 7. Можливості геоінформаційних систем з відкритим кодом при вирішенні моніторингових задач. Побудова картографічної моделі та виконання перехресної перевірки даних

Геоінформаційні системи з відкритим кодом у моніторингових дослідженнях

Студент самостійно опрацьовує:

1. Поняття та принципи ГІС з відкритим кодом:

- відкрите програмне забезпечення як основа сталого розвитку;
- спільноти розробників та роль відкритих стандартів;
- ліцензування та доступність.

2. Переваги використання відкритих ГІС у моніторингу:

- відсутність ліцензійних обмежень;
- прозорість алгоритмів;
- гнучкість і розширюваність.

3. Недоліки та обмеження відкритих ГІС:

- складність налаштування;
- фрагментарність документації;
- потреба в підвищеній кваліфікації користувача.

Порівняння відкритих і комерційних ГІС

Студент самостійно аналізує:

- функціональні можливості відкритих і комерційних ГІС;
- підтримку геостатистичного інструментарію;
- можливості автоматизації та скриптингу;
- застосування в наукових і виробничих системах моніторингу.

Особливу увагу необхідно звернути на **придатність відкритих ГІС для довготривалих моніторингових програм.**

Можливості ГІС з відкритим кодом GRASS

Студент самостійно вивчає:

- архітектуру GRASS GIS;
- модулі просторового аналізу;
- інструменти геостатистичного моделювання;
- можливості автоматизації процесів.

Наголос робиться на **застосуванні GRASS для моделювання безперервних поверхонь і аналізу просторових процесів.**

Можливості ГІС з відкритим кодом QGIS

У межах самостійної роботи студент опрацьовує:

- інтерфейс і логіку роботи QGIS;
- плагіни для моніторингових задач;
- інтеграцію з GRASS та SAGA;
- засоби візуалізації та аналізу просторових даних.

Особлива увага приділяється **побудові картографічних моделей у QGIS.**

Можливості ГІС з відкритим кодом SAGA

Студент самостійно вивчає:

- спеціалізацію SAGA GIS;
- геостатистичні та морфометричні модулі;
- інструменти аналізу рельєфу та доквілля.

Наголос робиться на використанні SAGA для перехресної перевірки результатів моделювання.

Можливості ГІС з відкритим кодом gvSIG

Студент самостійно опрацьовує:

- функціональні особливості gvSIG;
- підтримку стандартів просторових даних;
- можливості застосування у регіональних системах моніторингу.

Побудова картографічної моделі в середовищі відкритих ГІС

Студент самостійно аналізує:

- послідовність створення картографічної моделі;
- інтеграцію різних джерел даних;
- параметри просторового аналізу.

Перехресна перевірка даних (Cross-validation)

Студент опрацьовує:

- поняття та призначення перехресної перевірки;
- методи оцінки точності моделі;
- інтерпретацію результатів перевірки.

Самостійне практичне завдання

Студент виконує завдання:

- побудувати картографічну модель у відкритій ГІС;
- виконати перехресну перевірку результатів;
- підготувати висновки щодо точності та надійності моделі.

Практичне застосування результатів

Студент письмово аналізує:

- можливості використання відкритих ГІС у моніторингових системах;
- значення перехресної перевірки для обґрунтованості результатів;

- роль відкритого ПЗ у сталому розвитку.

Питання для самоконтролю

1. Які переваги мають ГІС з відкритим кодом у порівнянні з комерційними?
2. У чому полягає спеціалізація GRASS, QGIS, SAGA та gvSIG?
3. Чому перехресна перевірка є важливою складовою моделювання?
4. Які ризики пов'язані з використанням відкритих ГІС?

Очікувані результати самостійної роботи

Після виконання самостійної роботи студент повинен:

- орієнтуватися в можливостях відкритих ГІС;
- порівнювати відкриті та комерційні програмні продукти;
- будувати картографічні моделі в середовищі відкритого ПЗ;
- виконувати перехресну перевірку даних;
- застосовувати відкриті ГІС для вирішення моніторингових задач.

Рекомендована література: [1-3, 5-7, 9-12]

Тема 8. Використання диференціальних навігаційних сервісів в моніторингових ГІС

Диференціальні навігаційні сервіси у системах моніторингу

Студент самостійно опрацьовує:

1. **Поняття диференціальної навігації:**
 - принципи підвищення точності GNSS-вимірювань;
 - джерела похибок супутникового позиціонування;
 - роль коригувальних сигналів у моніторингових ГІС.

2. Значення диференціальних сервісів для моніторингових задач:

- підвищення просторової точності;
- забезпечення надійності довготривалих спостережень;
- застосування в екологічному, аграрному та інфраструктурному моніторингу.

Система диференціального сервісу EGNOS

Студент самостійно вивчає:

- структуру та принципи роботи системи EGNOS;
- склад наземного та супутникового сегментів;
- характеристики точності та надійності позиювання;
- можливості використання EGNOS у Європі та Україні.

Окрема увага приділяється **інтеграції даних EGNOS у геоінформаційні системи для задач моніторингу.**

Система диференціального сервісу WAAS

У межах самостійної роботи студент опрацьовує:

- призначення та архітектуру системи WAAS;
- особливості функціонування в Північній Америці;
- параметри точності та доступності сигналу;
- приклади використання WAAS у моніторингових та навігаційних задачах.

Проводиться **порівняльний аналіз WAAS та EGNOS.**

Система диференціального сервісу MSAS

Студент самостійно аналізує:

- принципи роботи системи MSAS;
- зону покриття та функціональні можливості;
- особливості використання в Азійсько-Тихоокеанському регіоні;
- обмеження та перспективи застосування.

Система диференціального сервісу OmniStar

Студент самостійно вивчає:

- комерційні диференціальні сервіси та їх місце у GNSS;
- принципи роботи сервісу OmniStar;
- рівні точності позиювання;
- можливості використання в аграрному та екологічному моніторингу.

Особлива увага приділяється **інтеграції OmniStar з мобільними ГІС та польовими вимірюваннями.**

Порівняльна характеристика диференціальних навігаційних сервісів

Студент самостійно виконує:

- порівняння EGNOS, WAAS, MSAS та OmniStar;
- аналіз точності, доступності та сфери застосування;
- оцінку доцільності використання кожного сервісу в моніторингових ГІС.

Практична складова: використання диференціальних сервісів у моніторинговій ГІС

Студент опрацьовує:

- приклади збору польових даних із використанням диференціальних сервісів;
- інтеграцію GNSS-вимірювань у ГІС;
- візуалізацію результатів моніторингу.

Аналіз точності та надійності навігаційних даних

Студент самостійно вивчає:

- методи оцінки точності GNSS-даних;
- вплив диференціальних поправок на результати моніторингу;
- похибки та їх інтерпретацію в ГІС.

Самостійне практичне завдання

Студент виконує завдання:

- проаналізувати приклад використання диференціального навігаційного сервісу;
- оцінити точність позиціонування;
- підготувати короткі висновки щодо ефективності сервісу.

Практичне значення результатів

Студент письмово аналізує:

- роль диференціальних сервісів у сучасних моніторингових ГІС;
- значення високоточного позиціонування для управлінських рішень;
- перспективи розвитку GNSS-сервісів.

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає принцип диференціального позиціонування?
2. Які основні відмінності між EGNOS, WAAS та MSAS?
3. Які переваги має комерційний сервіс OmniStar?
4. Чому точність навігаційних даних критична для моніторингових ГІС?

Очікувані результати самостійної роботи

Після виконання самостійної роботи студент повинен:

- розуміти принципи диференціальної навігації;
- орієнтуватися в можливостях основних диференціальних сервісів;
- оцінювати точність GNSS-даних;
- інтегрувати навігаційні вимірювання у моніторингові ГІС;
- застосовувати диференціальні сервіси для підвищення якості моніторингу.

Рекомендована література: [3, 5, 7-12]

3. Рекомендована література

Базова література

1. Багмет О. М., Бондар О. І., Хвесик М. А. Моніторинг довкілля : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 256 с.
2. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
3. Зубкович І. В., Корбутяк В. М. Геоінформаційні системи в землеустрої та кадастрі : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2020. 218 с.
4. Ковальчук І. П. Геоекологія : підручник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 412 с.
5. Мошинський В. С. Моніторинг земель : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2018. 240 с.
6. Сохнич А. Я., Хвесик М. А. Земельні ресурси України: стан, використання, охорона : монографія. Київ : ДУ ІЕПСР НАН України, 2016. 368 с.

Допоміжна література

7. Burrough P. A., McDonnell R. A., Lloyd C. D. Principles of Geographical Information Systems. Oxford : Oxford University Press, 2015. 432 p.
8. Cressie N. Statistics for Spatial Data. New York : Wiley, 1993. 900 p.
9. ESRI. ArcGIS Geostatistical Analyst: User Guide. Redlands, CA : Esri Press, 2022.
10. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic Information Systems and Science. Hoboken : Wiley, 2015. 560 p.
11. QGIS Development Team. QGIS User Guide [Electronic resource]. Open Source Geospatial Foundation, 2023. URL: <https://docs.qgis.org>
12. Webster R., Oliver M. A. Geostatistics for Environmental Scientists. Chichester : John Wiley & Sons, 2007. 330 p.