

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Навчально-науковий медичний інститут

Кафедра екології



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМ

Рівень вищої освіти: III (освітньо-науковий)
галузі знань 10 «Природничі науки»
спеціальність 101 «Екологія»
освітньо-наукова програма «Екологія»

Розробники
Завідувач кафедри спеціальності
Гарант освітньої програми
Декан факультету / директор інституту
Начальник НМВ

Патрушева Л. І.
Григор'єва Л. І.
Григор'єва Л. І.
Кузнецова О. А.
Шкірчак С. І.

Розділ 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Характеристика дисципліни	
Найменування дисципліни	Геоінформаційний аналіз і моделювання в екології	
Галузь знань	10 – Природничі науки	
Спеціальність	101 – Екологія	
Спеціалізація (якщо є)	–	
Освітньо-наукова програма	Екологія	
Рівень вищої освіти	третій (доктор філософії)	
Статус дисципліни	Нормативна	
Курс навчання	2	
Навчальний рік	2024–2025	
Номер(и) семестрів (триместрів):	Денна форма	Заочна форма
	3	
Загальна кількість кредитів ЄКТС/годин	4 кредитів / 120 годин	
33Структура курсу: – лекції – семінарські заняття (практичні, лабораторні, пів-групові) – годин самостійної роботи студентів	Денна форма	Заочна форма
	20	
	20	
	80	
Відсоток аудиторного навантаження	33 %	
Мова викладання	українська	
Форма проміжного контролю (якщо є)		
Форма підсумкового контролю	іспит	

Розділ 2. Мета, завдання та результати вивчення дисципліни

Метою дисципліни «Геоінформаційний аналіз і моделювання в екології» для аспірантів є поглиблення наукових знань та розвиток дослідницьких компетентностей у галузі застосування геоінформаційних технологій і просторового моделювання для вивчення структури, динаміки та функціонального стану екосистем. Особлива увага приділяється критичному аналізу джерел просторових даних, інтеграції багат шарової екологічної інформації, розробці та калібруванню моделей природних процесів, а також застосуванню ГІС-інструментів у наукових дослідженнях і проектуванні природоохоронних заходів.

Завданнями дисципліни є:

- опанування теоретичних засад геопросторового аналізу й основних концепцій ГІС релевантних екологічним дослідженням;
- збирання, валідація та інтеграція багато джерельних просторових даних (супутникових, аерофотознімків, польових спостережень, відкритих екологічних баз);
- створення та адміністрування геоданих у базах даних;
- застосування просторової статистики й гео статистичних методів;
- розробка процесно- орієнтованих та емпіричних моделей екосистем (гідрологічні баланси, вуглецевий цикл, ерозійні процеси);
- моделювання сценаріїв змін клімату й землекористування та оцінювання їхнього впливу на структуру й функціонування екосистем;
- підготовка наукових публікацій та звітів з використанням відтворюваних робочих процесів, дотримуючись академічної доброчесності.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант **повинен знати:**

- теоретичні основи геоінформаційних систем (ГІС) та їх застосування в екологічному аналізі й моделюванні.
- принципи організації, зберігання та обробки просторових даних, типи геоданих, структури баз геопросторової інформації.
- методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та особливості використання супутникових знімків для аналізу стану екосистем.
- методи просторової статистики і геостатистики, включаючи побудову варіограм, аналіз автокореляції та інтерполяцію екологічних даних.
- сучасні підходи до моделювання екосистем: просторово-динамічні моделі, агентно-орієнтоване моделювання, моделі екосистемних послуг.
- принципи побудови моделей сценаріїв змін довкілля: кліматичних, антропогенних, землекористування тощо.
- інструменти візуалізації просторової інформації, способи створення карт, дашбордів, інтерактивних геопорталів.
- етичні та правові аспекти використання просторових даних у наукових і прикладних екологічних дослідженнях.

вміти:

- збирати, обробляти та аналізувати просторові дані з різних джерел (супутникові знімки, польові дані, відкриті бази даних) для оцінки стану та динаміки екосистем;
- створювати і вести бази геопросторових даних із використанням сучасного програмного забезпечення (QGIS, ArcGIS, PostGIS).
- використовувати методи дистанційного зондування для виявлення змін покриття, типів землекористування, біофізичних параметрів рослинності, водних об'єктів тощо;
- застосовувати інструменти просторової статистики та аналізу геоданих (зональний аналіз, буферизація, оверлей, інтерполяція, автокореляція тощо);
- моделювати сценарії зміни клімату та землекористування, прогнозуючи їхній вплив на екосистемні компоненти та функції;
- візуалізувати результати геоінформаційного аналізу, створювати якісні аналітичні карти, діаграми, інтерактивні веб-карти для наукової та прикладної комунікації;
- готувати наукові публікації та звіти на основі результатів просторового аналізу та

моделювання з дотриманням стандартів академічної доброчесності та принципів відкритої науки.

Компетентності та програмні результати

Загальні компетентності

- ЗК01 Здатність працювати у міжнародному контексті.
- ЗК02 Здатність розв'язувати комплексні проблеми на основі системного наукового та загальнокультурного світогляду із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

Спеціальні (фахові) компетентності

- СК01 Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері екології та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.
- СК03 Здатність застосовувати сучасні інструменти, електронні інформаційні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності, зокрема для моделювання процесів та прийняття оптимальних рішень у сфері екології, охорони природи та раціонального природокористування.
- СК05 Здатність використовувати сучасні методи оцінювання стану екосистем для розв'язання комплексних природоохоронних задач у галузі екології.
- СК06 Здатність до використання сучасних методів аналізу якості довкілля та його компонент, необхідних для проведення наукових досліджень, спрямованих на розв'язання екологічних проблем у сфері екології, охорони довкілля та оптимізації природокористування.

Програмні результати навчання

- РН01 Глибоко розуміти концептуальні принципи та методологію природничих наук, формулювати і перевіряти гіпотези, використовувати для обґрунтування висновків 7 належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання з метою розв'язання значущих наукових та науково-прикладних проблем екології.
- РН02 Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з екології, охорони довкілля та оптимізації природокористування з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.
- РН06. Застосовувати сучасні інструменти та технології пошуку оброблення й аналізу інформації з проблем екології та дотичних питань, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.
- РН08 Вміти використовувати сучасні методи оцінювання стану екосистем для розв'язання комплексних природоохоронних задач у галузі екології.
- РН09 Вміти використовувати сучасні методи аналізу якості довкілля та його компонент, необхідних для проведення наукових досліджень, спрямованих на розв'язання екологічних проблем у сфері екології, охорони довкілля та оптимізації природокористування.

Розділ 3. Програма навчальної дисципліни

№ з/п	Теми	Лекції	Практичні	Самостійна робота
1	<i>Тема 1.</i> Вступ до геоінформаційного аналізу екосистем	2	0	2
2	<i>Тема 2.</i> Інструменти і ПЗ для моделювання	4	2	10
3	<i>Тема 3.</i> Джерела даних для екосистемного моделювання	2	4	12
4	<i>Тема 4.</i> Базові ГІС-операції в аналізі екосистем	2	2	10
5	<i>Тема 5.</i> Моделювання структури та меж екосистем	2	2	12
6	<i>Тема 6.</i> ГІС-аналіз функціонування екосистем	2	2	10
7	<i>Тема 7.</i> Моделювання змін і загроз для екосистем	2	2	8
8	<i>Тема 8.</i> ГІС для природоохоронного планування та моніторингу	2	4	8
9	<i>Тема 9.</i> Методи валідації та оцінки точності моделей	2	2	8
Всього		20	20	80

Розділ 4. Зміст навчальної дисципліни

4.1. План лекцій

№ з/п	Тема заняття / план
1	Тема 1. Вступ до геоінформаційного аналізу екосистем. Екосистемний підхід в екології. Просторово-часові властивості екосистем. Принципи ГІС в екологічних дослідженнях.
2	Тема 2. Інструменти і ПЗ для моделювання QGIS, ArcGIS, GRASS GIS. SAGA GIS, Google Earth Engine.
3	Тема 2. Інструменти і ПЗ для моделювання. Інтеграція з Python/R для екосистемного аналізу.
4	Тема 3. Джерела даних для екосистемного моделювання ДЗЗ (дистанційне зондування Землі): супутникові знімки, аерофотозйомка. Векторні та растрові ГІС-дані. Метадані та стандарти екологічної інформації.
5	Тема 4. Базові ГІС-операції в аналізі екосистем Просторове зонування. Буферизація, накладення шарів, кластеризація. Оцінка ландшафтної різноманітності.
6	Тема 5. Моделювання структури та меж екосистем Просторове виділення екосистем. Картографічні моделі біотопів. Методи екологічної стратифікації територій.
7	Тема 6. ГІС-аналіз функціонування екосистем Моделі потоку речовин і енергії. Індексна оцінка екосистемних послуг. Визначення екологічної стійкості.
8	Тема 7. Моделювання змін і загроз для екосистем Сценарії зміни землекористування. Моделі впливу кліматичних чинників. Оцінка вразливості екосистем.
9	Тема 8. ГІС для природоохоронного планування та моніторингу Побудова екологічної мережі (екомережі). Моніторинг змін екосистем. Застосування ГІС в управлінні ПЗФ.
10	Тема 9. Методи валідації та оцінки точності моделей Калібрування моделей. Просторові помилки та їх урахування. Статистичні методи оцінки (ROC, AUC, MAE тощо).

4.2. План практичних занять

№ з/ п	Тема заняття / план
1	Тема 2. Інструменти і ПЗ для моделювання Коротка характеристика програм (QGIS, ArcGIS, GRASS GIS, SAGA GIS, Google Earth Engine). Порівняння інтерфейсів та функціоналу інструментів.
2	Тема 3. Джерела даних для екосистемного моделювання Основні джерела екологічних геопросторових даних. Види ДЗЗ: супутникові знімки (Sentinel, Landsat), аерофотознімки. Векторні та растрові дані: приклади та особливості. Метадані, формати (XML, ISO 19115) та екологічні стандарти (INSPIRE, GBIF, GEMET).
3	Тема 3. Джерела даних для екосистемного моделювання Огляд онлайн-ресурсів і відкритих платформ: Earth Explorer (USGS) Copernicus Open Access Hub OpenAerialMap OpenStreetMap, Natural Earth GEOSS Portal
4	Тема 4. Базові ГІС-операції в аналізі екосистем Основи просторового зонування (екологічні зони, функціональні типи територій). Буферизація: створення охоронних зон навколо об'єктів. Просторові операції: перетин, об'єднання, віднімання (intersect, union, difference). Основи кластерного аналізу геоданих. Індекси ландшафтної різноманітності (наприклад, Shannon Index, Patch Density).
5	Тема 5. Моделювання структури та меж екосистем Просторове виділення екосистем. Картографічні моделі біотопів. Методи екологічної стратифікації територій.
6	Тема 6. ГІС-аналіз функціонування екосистем Основи моделювання потоку речовин і енергії (наприклад, моделі водного стоку, кругообігу поживних речовин). Екосистемні послуги: класифікація (постачальні, регулювальні, культурні). Індексна оцінка послуг (наприклад, CICES, MAES). Поняття екологічної стійкості: індикатори, просторові методи оцінки.
7	Тема 7. Моделювання змін і загроз для екосистем Основи просторового сценарного аналізу. Приклади змін землекористування (урбанізація, аграрне освоєння, лісозміни). Кліматичні фактори ризику (температура, опади, посухи, пожежі). Оцінка вразливості: поняття, індикатори, індексні методи.
8	Тема 8. ГІС для природоохоронного планування та моніторингу Поняття екологічної мережі (ядра, екокоридори, буферні зони). Основи моніторингу екосистемних змін у ГІС. Роль ГІС у плануванні та обліку природно-заповідного фонду.

9	Тема 8. ГІС для природоохоронного планування та моніторингу Візуалізація меж ПЗФ. Оцінка покриття території ПЗФ екосистемами/типами ландшафтів. Виявлення "білі плями" — цінні природні ділянки поза межами ПЗФ.
10	Тема 9. Методи валідації та оцінки точності моделей Основи валідації моделей у просторовому аналізі. Типи помилок: похибки введення даних, інтерполяції, класифікації. Методи оцінки:

4.3. Завдання для самостійної роботи

Основною формою активізації пізнавальної діяльності аспірантів є лекція, в ході якої викладач орієнтує студентів на творче оволодіння матеріалом, дає настанови для наступної самостійної роботи. На лекції викладаються лише узагальнені питання навчальної дисципліни, методи й алгоритми розв'язання основних завдань.

Практичні заняття покликані поглибити знання аспірантів з тем змістового модуля, сприяють опануванню практичних умінь та навичок.

Метою практичних занять є засвоєння прикладних аспектів курсу, дискусійне обговорення нового матеріалу; вивчення особливостей та можливості використання ГІС; аналіз можливостей застосування результатів ДЗЗ, ознайомлення зі структурою та типами баз даних; ознайомлення з методами та засобами моделювання.

Обов'язковим видом навчальної діяльності студентів є самостійна робота, яка виконується в позааудиторний час.

Самостійна робота з дисципліни «Геоінформаційний аналіз і моделювання в екології» виконується аспірантами в обсязі 80 годин протягом 3 семестру 2 курсу навчання. Зі структурою, змістом і формами самостійної роботи, графіком, термінами виконання, обсягами годин і оцінкою самостійної роботи в балах аспіранти знайомляться на першому занятті.

Поза аудиторією аспіранти самостійно виконують наступні роботи:

доповнення конспекту лекцій за літературними джерелами;

виконання індивідуальних практичних завдань;

підготовка до здачі іспиту.

Опрацювання конспекту лекцій рекомендовано виконувати одразу після прослуховування лекцій. Конспекти доповнюються матеріалом з літературних джерел відповідно до плану лекції.

Індивідуальні практичні завдання аспірант отримує після знайомства з методикою виконання. Викладач пояснює на практичному груповому занятті методику та в аудиторії розглядає приклади виконання подібних завдань.

До екзамену аспірант готується за переліком теоретичних питань та практичних завдань. Підготовка до здачі екзамену полягає в опрацюванні навчального матеріалу, самостійному пошуку наукової інформації з певного питання, аналізі та узагальненні інформації, одержаної в результаті самостійної навчально-науково-пошукової діяльності.

Питання для самостійного опрацювання та додаткового обговорення

1. Характеристика дисципліни, мета та задачі ГІС.
2. Загальне поняття про ГІС.
3. Складові частини ГІС.
4. Розробка та впровадження ГІС.
5. CAD - системи.
6. АМ - системи.
7. FM - системи.
8. Системи дрібномасштабного просторового аналізу.
9. Програмні засоби ГІС.
10. Програмне ГІС-забезпечення компанії ESRI (США).
11. Сімейство програмних пакетів ArcGIS.
12. Загальна характеристика. Пакет ArcView.
13. Система ArcInfo.
14. Загальна характеристика. Пакет QGIS
15. ГІС як засіб прийняття рішень.
16. Організація інформації у ГІС.
17. Поняття об'єкту. Поняття шару. Системи координат
18. Введення графічної інформації у ГІС.
19. Стандартні формати.
20. Способи вводу графічної інформації у ГІС.
21. Вибір способу вводу графічної інформації.
22. Тематична інформація у ГІС.
23. Виникнення баз даних.
24. Системи управління базами даних.
25. Утиліти для роботи з полями баз даних.
26. Сітьовий аналіз.
27. Виділення об'єктів за просторовими критеріями.
28. Зонування.
29. Створення моделей поверхонь.
30. Аналіз растрових зображень.
31. Спеціалізований аналіз
32. Утворення прикладок, представлення результатів аналізу та виробництві карт.
33. Представлення результатів аналізу та побудування карт.
34. Використання растрових образів при утворенні карт.
35. Підготовка карт до виводу на засоби друку

4.4. Форми і методи навчання та викладання дисципліни

Основними **формами навчання** є **лекції**, які дозволяють здобувачу вищої освіти усвідомити теоретичний зміст курсу, та **практичні заняття**, які передбачають оволодіння системою практичних професійних умінь та навичок з навчальної дисципліни.

Основними **методами навчання** є **пояснювально-ілюстративний** (коли викладач повідомляє інформацію, розповідає та підкріплює візуальне сприйняття демонстрацією презентацій, інтернет-джерел), **метод виокремлення основного** (полягає

він у розподілі інформації на логічні частини і виокремленні серед них основних), **метод конкретизації** та **графічний метод** (допомагають здобувачу вищої освіти перейти від безпосередніх вражень до розуміння сутності того, що вивчається: результати конкретизації постають у формі прикладних, ситуативних вправ), **аналітичний метод**, який застосовується здобувачем у ході виконання аналітичної роботи відповідно до орієнтовного переліку аналітичних тем або за самостійно обраною темою, **метод тестування**, що дозволяє визначити рівень успішності засвоєння матеріалу здобувачем вищої освіти.

4.5. Матеріально-технічне та методичне забезпечення освітнього процесу

Методичне забезпечення навчальної дисципліни містить такі складові:

1. опорний конспект лекцій на паперовому носії;
2. опорний конспект лекцій на електронному носії;
3. друкований матеріал;
4. відео матеріал;
5. растрові паперові карти;
6. проєкційне мультимедійне обладнання (проєктор, екран, ноутбук/комп'ютер);
7. доступ до мережі Internet, точка доступу Wi-Fi;
8. OS: Windows, Android, iOS;
9. browsers: Chrome / Opera / Mozilla Firefox / MS Edge;
10. програмне забезпечення: Word, Excel, PowerPoint; Skype, Zoom, Google Meet, ArcGis, QGIS, Google Earth, Google map
11. інтерактивні карти України та світу: <https://map.meta.ua/>; <https://maps.visicom.ua/>; <https://gisfile.com/>; <https://gisfile.com/map/>; <https://www.google.com/maps>
12. система електронного навчання Moodle 3.9, в рамках якої для аспірантів розміщено в мережу робочу програму, силабус, опорний конспект лекції, матеріали до практичних робіт; перелік питань до іспиту, завдання до контрольних робіт, ситуативні завдання.

Розділ 5. Проміжний та підсумковий контроль

Для визначення рівня засвоєння аспірантами навчального матеріалу за весь курс освітньої компоненти передбачається проведення таких видів контролю:

- поточний контроль проводиться за допомогою виконання індивідуальних та групових практичних робіт упродовж усього курсу;
- доповнення конспекту лекцій за літературними джерелами;
- підсумковий контроль – екзамен.

Методи контролю роботи аспірантів

Письмовий контроль. Його метою є з'ясування в письмовій формі ступеня оволодіння студентами знаннями, вміннями та навичками з предмета, визначення їх якості – правильності, точності, усвідомленості, вміння застосувати знання на практиці. письмова перевірка здійснюється у формі розрахункової роботи. Перевагою письмової перевірки є те, що за короткий термін вдається скласти уявлення про знання багатьох студентів, результати перевірки зберігаються і є змога з'ясувати деталі й неточності у відповідях.

Практична перевірка. Її застосовують з навчальних дисциплін, які передбачають оволодіння системою практичних професійних умінь та навичок, і здійснюють під час проведення практичних занять.

Форми контролю

Під час навчальних занять у вищому навчальному закладі використовують індивідуальну та фронтальну перевірки знань, умінь і навичок студентів, а також підсумкові форми контролю.

Індивідуальна перевірка. Стосується вона конкретних аспірантів і має на меті з'ясування рівня засвоєння аспірантом певних знань, умінь і навичок, рівня формування професійних рис, а також визначення напрямів наукової роботи. Індивідуальне опитування передбачає розгорнуту відповідь аспіранта на оцінку. Він повинен самостійно пояснити вивчений матеріал, довести наукові положення, навести власні приклади. Проводячи індивідуальне опитування, викладач має передбачити, що в цей час робитимуть інші аспіранти. Їм можна запропонувати виправляти помилки у відповіді їхнього товариша, визначити правильність і точність викладу фактичного матеріалу, доповнювати відповідь і рецензувати її.

Підсумкова форма контролю. Екзамени складають за іспитовими білетами, затвердженими кафедрою. На консультаціях перед іспитом викладач ознайомлює з питаннями до іспитових білетів (додаток 1) аспірантів.

Критерії оцінювання завдань для досягнення максимальної кількості балів

Основними критеріями, що характеризують рівень компетентності аспіранта при оцінюванні результатів поточного та підсумкового контролів з дисципліни, є такі:

- виконання всіх видів навчально-наукової роботи, передбачених робочою програмою з дисципліни;
- глибина та характер знань навчального та наукового матеріалу за змістом навчальної дисципліни, що міститься в основних та додаткових рекомендованих літературних джерелах;
- вміння аналізувати явища, що вивчаються, у їх взаємозв'язку й розвитку;
- характер відповідей на поставлені питання (чіткість, лаконічність, логічність, послідовність тощо);
- вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;
- вміння аналізувати достовірність та об'єктивність одержаних результатів.

У відповідності до положення про систему рейтингової оцінки знань аспірантів при вивченні дисципліни «Геоінформаційний аналіз і моделювання в екології» застосовується наступна система оцінки роботи:

1) Підготовка та виконання практичних завдань оцінюється в процесі їх проведення. Сумарна максимальна оцінка за виконання практичних завдань складає 55 балів.

Оцінювання рівня володіння аспірантами практичними вміннями та навичками здійснюється під час підготовки та при виконанні практичних завдань.

Під час перевірки та оцінювання практичних робіт з дисципліни «Геоінформаційний аналіз і моделювання екосистем» викладач звертає увагу на такі показники: використання наукових термінів; повнота та правильність відповіді; логічність побудови відповіді; повнота й глибина висновку до роботи; самостійність і охайність виконання роботи; застосування окремих джерел інформації, рівень володіння прийомами навчальної роботи.

Критерії оцінювання навчальних досягнень при виконанні розрахункових практичних робіт:

За кожну з помилок у розрахункових завданнях викладач віднімає 1-2 бали.

2) Самостійне опрацювання лекційного матеріалу оцінюється наприкінці семестру (перевірка законспектованої додаткової інформації із запропонованих викладачем тем та вірність наданих при подальшому опитуванні відповідей). Максимально цей вид роботи оцінюється у 5 балів.

Критерії оцінювання самостійного опрацювання лекційного матеріалу.

При оцінюванні даного виду роботи враховується:

- чіткість викладу теоретичного матеріалу;
- обсяг відтвореної інформації та її співвідношення до обсягу повної інформації з даного питання;
- обсяг додаткової інформації, здобутої студентом, та доцільність її використання;
- кількість помилок (помилки, недоліків, неточностей) у відповіді;
- логічний зв'язок відтвореної інформації;
- дотримання принципів академічної доброчесності, зокрема самостійність виконання роботи, відсутність плагіату, належне оформлення посилань на використані джерела.

3) Підсумковий контроль знань проводиться у вигляді екзамену. Підсумковий контроль забезпечує оцінку результатів навчання аспірантів на заключному етапі вивчення дисципліни. Максимальна оцінка за екзамен складає 40 балів. Приклади іспитових білетів наведено у Додатку 2.

До екзамену аспірант готується за переліком питань та завдань. Підготовка до здачі іспиту полягає в опрацюванні навчального матеріалу, самостійному пошуку наукової інформації з певного питання, аналізі та узагальненні інформації, одержаної в результаті самостійної навчально-пошукової діяльності.

Підсумковий контроль з дисципліни «Геоінформаційний аналіз і моделювання екосистем» відбувається під час складання аспірантами екзамену згідно до розкладу сесії.

Система оцінювання роботи і знань аспірантів з дисципліни є традиційною для університету.

Студент отримує 100 балів за якісне і своєчасне виконання поточних робіт в аудиторії та вдома при високій якості підсумкового контрольного завдання. Особливу увагу викладач звертає на своєчасність виконання поза аудиторних робіт, передбачених у самостійній роботі. Порушення планових термінів виконання робіт без поважних причин супроводжується зниженням балів.

Поточне оцінювання роботи аспірантів здійснюється шляхом присвоєння певної кількості балів по кожному виду виконаних завдань.

Поточний контроль полягає в оцінюванні рівня підготовленості аспірантів до виконання конкретних робіт, повноти та якості засвоєння аспірантами навчального матеріалу та виконання індивідуальних завдань відповідно до робочої програми навчальної дисципліни і здійснюється викладачем впродовж семестру.

По кожній темі аспірант прослуховує лекції, виконує практичні роботи, за що шляхом накопичення отримує загальну кількість балів. До підсумкового контролю аспірант допускається у випадку, якщо до іспиту він набрав не менше 20 балів.

Для ефективної перевірки рівня засвоєння аспірантами знань, умінь та навичок з навчальної дисципліни викладач використовує різні **методи і форми контролю**.

Критерії оцінювання та засоби діагностики результатів навчання у 10 семестрі

№ з/п	Вид діяльності (завдання)	Максимальна кількість балів
1	Індивідуальна робота студента (ситуативні вправи, задачі)	55
2	Перевірка конспекту	5
3	Екзамен	40
4	Всього	100

Критерії підсумкового оцінювання

Оцінка «відмінно» (90–100 балів) виставляється аспіранту, який повністю оволодів програмним матеріалом, точно й повно виконав практичні завдання; виявив творчу самостійність, знання спеціальної літератури, тверді переконання та вміння їх захищати, високу комунікативну культуру, уміння робити практичні висновки; на семінарських, лабораторних, практичних заняттях показав достатній рівень розвитку умінь і навичок точного застосування знань під час виконання наукових робіт.

Оцінка «добре» (75–89 балів) виставляється за тих же умов. Відмінність у знаннях студента полягає в дещо обмеженому й звуженому прояві тих же якостей, які слугують критерієм відмінної оцінки – творча самостійність, знання літератури тощо. Але вже немає тієї свободи викладу матеріалу, як у першому випадку, можуть допускатися окремі помилки, що легко виправляються самим аспірантом під час бесіди.

Оцінка «задовільно» (60–74 бали) виставляється за повне знання програми та за виконання завдань. У цьому випадку студент може й не виявити самостійності суджень. Відчувається, що він дещо просто «завчив», однак навчальний матеріал він загалом знає. Має певне уявлення про вимоги практики, може знайти нові приклади або умови застосування знань на практиці. Знає літературу, але, можливо, не всю і не може дати достатньої критичної оцінки. Володіє необхідними вміннями. Можливі недоліки в аспекті комунікативної культури.

Оцінка «незадовільно» (1–59 балів) виставляється, якщо студент не має повних знань. Завдання не виконані або виконані невірно. Уміннями й навичками аспірант не володіє. Навчально-наукової літератури зовсім не знає.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи., практики	ПМК, залік, атестація
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
67-74	D	задовільно	
60-66	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

Основна література

1. Білявський Г. О., Кравець М. Ю. *Геоінформаційні системи в екології та управлінні природними ресурсами*. – К.: Центр екологічної освіти, 2020. – 320 с.
2. Єршов Д. В. *Вступ до ГІС: навчальний посібник*. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 198 с.
3. Ковальчук І. П. *Основи дистанційного зондування Землі: навч. посібник*. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2018. – 240 с.
4. Longley P., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. *Geographic Information Systems and Science*. – 4th ed. – Wiley, 2015. – 500 p.
5. Burrough P. A., McDonnell R. A. *Principles of Geographical Information Systems*. – Oxford University Press, 2011. – 356 p.
6. Smith M. J. *Geospatial Analysis – A Comprehensive Guide: Software tools and companion materials* [Електронний ресурс] / М. J. de Smith. 2024 – Режим доступу:
https://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html?software_tools_and_companion_m.htm
7. Tomlinson R. *Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers*. – ESRI Press, 2013. – 270 p.

Додаткова література

1. Чабанюк В. І. *ГІС у природоохоронному плануванні: навч. посібник*. – Київ: НАУ, 2019. – 215 с.
2. Мельничук В. С., Іванов В. О. *Моделювання екосистем: методи та практики*. – Київ: Академперіодика, 2021. – 278 с.
3. Congalton R. G., Green K. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. – 3rd ed. – CRC Press, 2019. – 330 p.
4. Schröder W. (Ed.) *GIS and Remote Sensing Applications in Environmental Sciences*.

- Nova Science Publishers, 2020. – 420 p.
5. European Environment Agency (EEA).
CORINE Land Cover — Methodology and Nomenclature. – Luxembourg:
Publications Office of the European Union, 2018.

Онлайн-ресурси та платформи

<https://earthengine.google.com> – Google Earth Engine
<https://earthexplorer.usgs.gov> – USGS Earth Explorer
<https://scihub.copernicus.eu> – Copernicus Open Access Hub
<https://www.gbif.org> – GBIF: Global Biodiversity Information Facility
<https://www.openstreetmap.org> – OpenStreetMap (OSM)

Перелік питань до іспиту

Теоретична частина

1. Основні поняття екосистемного моделювання в ГІС.
Класифікація ГІС-моделей: аналітичні, картографічні, симуляційні.
2. Основні інструменти та програмне забезпечення для моделювання екосистем (QGIS, ArcGIS, GRASS GIS).
3. Особливості використання Google Earth Engine для екологічного аналізу.
Джерела даних для екосистемного моделювання: супутникові знімки, аерофотозйомка.
4. Векторні та растрові ГІС-дані: структура, переваги, застосування.
5. Метадані та стандарти екологічної інформації (INSPIRE, ISO 19115 тощо).
6. Основні просторові операції в аналізі екосистем: буферизація, накладання, зонування.
7. Картографічні методи класифікації екосистем.
8. Методи просторового виділення меж екосистем.
9. Побудова карт біотопів і їх роль у природоохоронному плануванні.
10. Методи екологічної стратифікації територій.
11. ГІС-аналіз функціонування екосистем: моделі потоків речовин і енергії.
12. Індексна оцінка екосистемних послуг (ESI, HAI, LPI тощо).
13. Визначення екологічної стійкості за допомогою ГІС-даних.
14. Сценарії змін землекористування та їх моделювання.
15. Моделі впливу кліматичних факторів на екосистеми.
16. Просторовий аналіз вразливості екосистем до антропогенних і природних загроз.
17. Побудова екологічної мережі: ядра, коридори, буферні зони.
18. ГІС-моніторинг змін у природних екосистемах.
19. Застосування ГІС в управлінні територіями ПЗФ.
20. Методи калібрування та валідації просторових моделей.
21. Просторові помилки в моделюванні: типи, джерела, способи виявлення.
22. Приклади використання ГІС-моделей для прийняття управлінських рішень у сфері екології.

Практична частина

1. Інтерфейси та можливості ГІС-систем
Порівняння інтерфейсу та функціоналу QGIS, ArcGIS, GRASS GIS, SAGA GIS.
Завантаження векторного шару, базова візуалізація та стилізація в QGIS.
2. Джерела та типи геоданих
Завантаження супутникового знімка Sentinel-2 або Landsat з Earth Explorer / Copernicus Open Access Hub.
Відкриття та перегляд метаданих растрового шару (проекція, формат, охоплення).
Робота з векторними шарами з OpenStreetMap: завантаження, фільтрація, створення карти.
3. Просторові операції та зонування
Створення буферної зони навколо водних об'єктів або доріг (1 км).

Виконання просторових операцій: перетин (intersect), об'єднання (union), віднімання (difference).
Класифікація території за функціональними типами (ліси, забудова, с/г землі).

4. Аналіз ландшафтної різноманітності

Розрахунок індексу ландшафтної різноманітності (Shannon Index) або Patch Density.

Побудова карти з кластерами екосистем за допомогою кластерного аналізу.

5. Моделювання меж екосистем

Виділення меж екосистем за даними земного покриття (CORINE / ESA CCI).

Побудова карти екологічної стратифікації за висотою, температурою, вологістю.

6. Моделі функціонування екосистем

Створення карти водного стоку на основі цифрової моделі рельєфу (DEM).

Визначення та візуалізація регулювальних екосистемних послуг (напр., водозбереження).

8. Природоохоронне планування

Побудова карти екологічної мережі: ядра, екокоридори, буферні зони.

Аналіз покриття ПЗФ типами екосистем (ліси, болота тощо).

Виявлення "білих плям" — цінних природних ділянок поза межами ПЗФ.

Додаток 2

ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА
МОГИЛИ

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № ____

Дисципліна: **Геоінформаційний аналіз і моделювання в екології**

1. Поясніть основні типи геоданих, які використовуються в ГІС для моделювання екосистем (векторні, растрові, точкові, поверхні).

Кількість балів – 10

2. Охарактеризуйте методи просторового аналізу в ГІС: буферизація, накладення шарів, просторове зонування.

Кількість балів – 10

3. Виконайте побудову буферної зони (500 м) навколо водних об'єктів на наданому фрагменті топографічної карти в QGIS.

Кількість балів – 10

4. Визначте площу покриття природно-заповідного фонду (ПЗФ) певним типом ландшафту за наданим векторним шаром.

Кількість балів – 10

Затверджено на засіданні кафедри екології,
протокол № ____ від «__» _____ 2025 р.

Завідувач кафедри _____ професор Л. ГРИГОР'ЄВА

Екзаменатор _____ доцент Л. ПАТРУШЕВА