


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового інституту інноватики, природокористування та інфраструктури


Василь БРИЧ
« 08 » 2023 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ


В. о. проректора з науково-педагогічної роботи


Віктор ОСТРОВЕРХОВ
« 31 » 08 2023 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового інституту новітніх освітніх технологій


Святослав ПИТЕЛЬ
« 31 » 08 2023 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій»

ступінь вищої освіти – бакалавр
галузь знань – 10 «Природничі науки»
спеціальність – 101 «Екологія»

освітньо-професійна програма – «Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища»

Кафедра прикладної математики

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год)	Практичні заняття (год)	ІРС	Тренінг, КПЗ (год)	Самост. робота студ. (год)	Разом (год)	Екзамен (семестр)
Денна	2	4	42	42	5	12	19	120	4
Заочна	2	3,4	8	4	—	—	108	120	4

Тернопіль – ЗУНУ

2023

Робоча програма складена на основі освітньо-професійних програм підготовки бакалавра галузі знань — (10) «Природничі науки», спеціальності (101) «Екологія», затверджених Вченою радою ЗУНУ, протокол № 9 від 15.06. 2022р.

Робочу програму склала доцент кафедри прикладної математики, канд. фіз.-мат. наук Олеся МАРТИНЮК

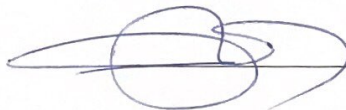
Робоча програма затверджена на засіданні кафедри прикладної математики, протокол № 1 від 28.08 2023 р.

Зав. кафедри, канд. фіз.-мат. наук, доцент Олеся МАРТИНЮК



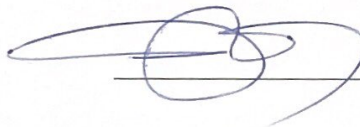
Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності «Екологія», протокол № 1 від 30.08 2023 р.

Голова ГЗС



Леонід БИЦЮРА

Гарант ОПІ



Леонід БИЦЮРА

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Опис дисципліни «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій»

Дисципліна – «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій»	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: 4	Галузь знань 10 “Природничі науки”	Статус дисципліни обов’язкова Мова навчання українська
Кількість залікових модулів — 4	Спеціальність : 101 “Екологія”	Рік підготовки: денна ф. н. — II, заочна ф. н. — II. Семестр: денна ф. н. — 4, заочна ф. н. — 3,4
Кількість змістових модулів — 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: денна ф. н. — 42 год., заочна ф. н. — 8 год. Практичні заняття: денна ф. н. — 42 год., заочна ф. н. — 4 год.
Загальна кількість годин денна ф. н. — 120 год., заочна ф. н. — 120 год.	Освітньо-професійна програма: “Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища”	Самостійна робота: денна ф. н. — 19 год., заочна ф. н. — 108 год. Індивід. робота: денна ф. н. — 5 год. Тренінг, КПЗ денна ф. н. — 12 год.
Тижневих годин – 8 аудиторних – 6.		Вид підсумкового контролю: денна ф. н. іспит– 4, заочна ф. н. іспит – 4.

2. Мета і завдання вивчення дисципліни

«Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій»

2.1. Мета вивчення дисципліни.

Математичні моделі отримали широке розповсюдження в дослідженні економічних систем. Це обумовлено тим, що економічні моделі характеризуються складними кількісними взаємозв'язками, що можна виразити як взаємозалежність множин змінних, що добре піддаються математичному опису у вигляді рівнянь та нерівностей. Аналізуючи останні, можна аналізувати і саму економічну систему. Екологія — сприятлива сфера для ефективного використання економіко-математичних методів і моделей, на основі яких можна скласти ряд завдань з характерними для оптимізації ознаками: безліч варіантів рішення і свобода вибору, обмеженість ресурсів.

Мета та завдання дисципліни — набуття студентами фундаментальних теоретичних знань і практичних навичок з питань постановки та розв'язування задач математичним інструментарієм, основ математичного моделювання і використання отриманих знань у практичних завданнях. Студенти повинні знати методи математичного моделювання, володіти навичками обробки і аналізу інформації із застосуванням виробничих функцій, вміти використовувати оптимізаційні математичні моделі при розробці схем і проектів. Завдання курсу — дати студентам знання, що дозволить їм знаходити оптимальні варіанти вирішення завдань, пов'язаних із прогнозуванням результатів діяльності людини, наслідків екологічних ситуацій, підготувати їх до подальшого творчого осмислення і вирішення конкретних практичних і методичних задач екології.

«Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій» — комплексна наукова дисципліна математичного циклу, яка має важливе методологічне значення в системі підготовки кваліфікованих спеціалістів. У ній найбільш чітко реалізується одна з основних ідей вивчення математичних дисциплін у вищому навчальному закладі — ідея математичного моделювання екологічних явищ і процесів.

Вивчення курсу передбачає наявність системних та ґрунтовних знань із суміжних курсів, цілеспрямованої роботи над вивченням спеціальної літератури, активної роботи на лекціях та практичних заняттях, самостійної роботи та виконання індивідуальних завдань.

2.2. Завдання вивчення дисципліни

Студенти повинні демонструвати навички самостійної роботи, гнучкого мислення, відкритості до нових знань, бути критичним і самокритичним.

Використовувати методи і технології планування використання та охорони земель задля забезпечення екологічної безпеки.

В результаті вивчення курсу «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій» студенти повинні:

- засвоїти методологію побудови математичних моделей;
- вміти формулювати проблему на математичній мові;
- проводити математичний аналіз отриманих результатів і робити обґрунтовані висновки;
- освоїти необхідні програмні продукти для розв'язання задач;
- набути навички практичного використання теоретичних знань у практичній діяльності;
- вміти використовувати набуті знання в науково-дослідній роботі для кращого розуміння спеціальних дисциплін при написанні магістерських, дипломних і курсових робіт.

Завдання лекційних занять

Мета проведення лекцій полягає у тому, щоб ознайомити студентів із головними методологічними та методичними питаннями даного курсу, основними ідеями математичного моделювання.

Основні завдання лекційних занять:

- викладення студентам у відповідності з програмою та робочим планом основних питань методології побудови математичних методів та моделей;
- звернути увагу на математичний аналіз отриманих розрахунків а також необхідність використання цих методів в практичній фаховій діяльності;
- сформулювати у студентів цілісну систему теоретичних знань з курсу «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій».

Завдання проведення практичних занять

Мета проведення практичних занять полягає у тому, щоб виробити у студентів практичні навички економіко-математичного аналізу з метою його використання в практичній діяльності.

Завдання проведення практичних занять:

- засвоїти методику та техніку побудови математичних моделей;
- навчитися на прикладах економіко-математичний аналіз отриманих результатів;
- навчитися використовувати отримані результати в практичній діяльності;
- глибше засвоїти та закріпити теоретичні знання, отримані на лекціях;
- навчитися використовувати прикладне програмне забезпечення у практичній діяльності.

2.3. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій»:

- здатність до адаптації та дії в новій ситуації;
- розуміння основних теоретичних положень, концепцій та принципів математичних та соціально-економічних наук;
- здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю.

2.4. Передумови для вивчення дисципліни

Зазначена дисципліна належить до дисциплін циклу професійної та практичної підготовки. У структурно-логічній схемі навчання дисципліна «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій» розміщена на II-му курсі.

Вивчення курсу «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій» передбачає наявність систематичних і ґрунтовних знань із суміжних курсів (вища математика, теорія ймовірностей та математична статистика), цілеспрямованої роботи над вивченням спеціальної літератури, активної роботи на лекціях та практичних заняттях, самостійної роботи та виконання індивідуальних завдань.

2.5. Результати навчання

Після вивчення дисципліни «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій» студенти повинні вміти: будувати математичні моделі; визначати їх оптимальні розв'язки та використовувати їх з метою прийняття оптимальних рішень; з метою прогнозування будувати моделі; використовувати моделі теорії ігор для вирішення поставлених задач з метою визначення виявлення екологічних ризиків.

Дана дисципліна дозволить закріпити основні принципи і методи обробки та прогнозування статистичних даних і вміння їх застосовувати для опису процесів і явищ на основі сучасних інструментальних засобів.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

- розуміти основні екологічні закони, правила та принципи охорони довкілля та природокористування.
- демонструвати навички оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення.
- уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище.
- брати участь у розробці та реалізації проектів, направлених на оптимальне управління та поводження із виробничими та муніципальними відходами.

3. Програма дисципліни «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій»

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи моделювання екологічних систем. Статистичні моделі.

Тема 1. Зміст і характер моделювання. Види й особливості моделювання в екології. Моделі та їх класифікація.

Мета і актуальність моделювання. Об'єкти моделювання. Основні умови моделювання. Понятійний апарат та загальні принципи моделювання і прогнозування. Місце і види математичного моделювання в аналізі проблем забруднення навколишнього середовища. Поняття системи, її види, характеристики. Системний підхід до побудови математичних моделей. Основні етапи побудови моделі. Використання ПЗ у процесі моделювання. Моделювання в прогнозах і сценаріях стану довкілля.

Тема 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля за допомогою регресійних моделей.

Етап ідентифікації статистичної моделі. Критерій селекції. Засоби візуалізації даних спостережень. Згладжування методом ковзаючого середнього. Згладжування методом експонентного усереднення. Згладжування методом медіанного усереднення.

Тема 3. Лінійні моделі залежності відгуку від одного регресора.

Регресійна модель. Оцінка якості моделі та точності прогнозу. Довірчі інтервали основних параметрів моделі. Перевірка моделі на адекватність.

Тема 4. Нелінійність у регресійних моделях.

Квазілінійні моделі. Лінеаризація експоненційних функцій, степеневих функцій. Приклади застосування нелінійних моделей при моделюванні екологічних ситуацій.

Тема 5. Лінійні моделі залежності відгуку від багатьох регресорів.

Побудова моделі, приклади застосування при прогнозуванні оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю. Основні критерії якості моделі. Матриця кореляції. Перевірка моделі на адекватність.

Тема 6. Динамічні моделі залежності наслідків впливу техногенезу на стан навколишнього середовища.

Часові ряди і задачі їх аналізу. Стаціонарні часові ряди і їх характеристики. Аналітичне вирівнювання (згладжування) часового ряду (виділення не випадкової компоненти). Прогнозування на основі моделей часових рядів.

Тема 7. Моделі Монте-Карло. Марковські моделі процесів у довкіллі.

Розподіл ймовірностей виходів детермінованої системи. Емпірична функція розподілу даних спостережень. Модель рівноважного стану біореактора-змішувача. Статистичні характеристики виходу системи. Моделювання динаміки систем довкілля. Коефіцієнти переходу. Моделі динаміки популяції комах з певним життєвим циклом. Досягнення сталого розподілу.

Змістовий модуль 2 Моделювання і прогнозування впливу людини на екологію. Детерміновані моделі. Моделі динаміки.

Тема 8. Аналітичне моделювання процесів навколишнього середовища.

Нереактивні процеси довкілля (адвекція, дифузія, адсорбція - десорбція, абсорбція – звітрювання, осідання – зависання, біологічне поглинання – біологічне вивільнення). Реактивні процеси довкілля відбуваються з перетворенням речовин. До них відносять такі процеси (хімічні реакції, ферментативні реакції, фотоліз, гідроліз, біотрансформація). Щільності потоків речовини і питомі швидкості нереактивних процесів навколишнього середовища. Питомі швидкості реактивних процесів. Фундаментальні принципи, закони, теорії.

Тема 9. Детерміновані моделі процесів у біореакторах.

Біореактори циклічної дії. Основні фази. Лімітуючі фактори. Біореактори — змішувачі. Стаціонарний стан системи. Біореакторів — визискувачів. Величина вмісту субстрату і біомаси мікроорганізмів в біореакторі циклічної дії у визначені моменти часу.

Тема 10. Детерміновані моделі процесів у водоймах.

Камерна модель вмісту речовини у водоймі. Рівняння балансу маси неконсервативної речовини у водоймищі у стані динамічної рівноваги. Залежність сталого вмісту неконсервативної речовини у водоймі від величини випаровування.

Тема 11. Моделі росту чисельності ізольованих популяцій.

Модель Мальтуса. Логістичні моделі. Логістична крива. Узагальнене логістичне рівняння. Модель Хатчинсона. Модель росту Гомперца. Популяції з обмеженим ресурсом.

Тема 12. Дискретні моделі популяцій.

Загальна дискретна модель популяцій. Дискретна логістична модель. Модель Рікера. Дискретні моделі динаміки чисельності окремих популяцій. Дискретна модель Мея динаміки популяції організмів з коротким періодом часу розмноження у річному життєвому циклі. Зміни чисельності модельної популяції організмів протягом заданого інтервалу часу.

Тема 13. Неперервні моделі динаміки з урахуванням міжвидових відносин.

Моделі динаміки простої екологічної системи. Система Лотки-Вольтерри. Модель Вольтерри. Зміни у часі біомаси популяції організмів. Динамічним рівнянням. Апроксимація скінченими різницями. Моделювання трофічного ланцюга. Моделі «хижак-жертва». Модель Колмогорова.

Тема 14: Прогнозування еволюції екологічних систем.

Сутність прогнозування. Глобальні прогнозні моделі. Схема інтегральної моделі демографічної ситуації. Схема деталізованої моделі демографічної ситуації. Моделювання глобальних процесів. Модель Форрестера «Світова динаміка».

**4. Структура залікового кредиту дисципліни
«Моделювання і прогнозування
екологічних ситуацій»
Денна форма навчання**

Назва теми	Кількість годин					Контр. заходи
	Лекції	Практ. занят.	Самост. робота	Індив. робота	Тренінг, КПЗ	
<i>Змістовий модуль 1. Теоретичні основи моделювання екологічних систем. Статистичні моделі.</i>						
Тема 1. Зміст і характер моделювання. Види й особливості моделювання в екології. Моделі та їх класифікація.	2	-	1			Поточне опитування
Тема 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля за допомогою регресійних моделей.	2	2	2	2	2	
Тема 3 Лінійні моделі залежності відгуку від одного регресора.	4	4	1			
Тема 4. Нелінійність у регресійних моделях.	2	2	1		2	
Тема 5. Лінійні моделі залежності відгуку від багатьох регресорів.	4	4	2			
Тема 6. Динамічні моделі залежності наслідків впливу техногенезу на стан навколишнього середовища.	4	4	1	1	2	
Тема 7. Моделі Монте-Карло. Марковські моделі процесів у довкіллі.	2	2	1			
<i>Змістовий модуль 2. Моделювання і прогнозування впливу людини на екологію. Детерміновані моделі. Моделі динаміки.</i>						
Тема 8. Аналітичне моделювання процесів навколишнього середовища.	2	2	2	1	2	Поточне опитування,
Тема 9. Детерміновані моделі процесів у біореакторах.	2	2	1			
Тема 10. Детерміновані моделі процесів у водоймах.	2	2	1			
Тема 11. Моделі росту чисельності ізольованих популяцій.	4	6	2	1	2	
Тема 12. Дискретні моделі популяцій.	4	4	1			
Тема 13. Неперервні моделі динаміки з урахуванням міжвидових відносин.	4	4	2			
Тема 14: Прогнозування еволюції екологічних систем.	4	4	1			
Разом	42	42	19	5	12	

4.2. Заочна форма навчання

Назва теми	Кількість годин		
	Лекції	Практ. занят.	Самост. робота
<i>Змістовий модуль 1. Теоретичні основи моделювання екологічних систем. Статистичні моделі.</i>			
Тема 1. Зміст і характер моделювання. Види й особливості моделювання в екології. Моделі та їх класифікація.	2	-	5
Тема 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля за допомогою регресійних моделей.		2	5
Тема 3. Лінійні моделі залежності відгуку від одного регресора.			11
Тема 4. Нелінійність у регресійних моделях.	7		
Тема 5. Лінійні моделі залежності відгуку від багатьох регресорів.	11		
Тема 6. Динамічні моделі залежності наслідків впливу техногенезу на стан навколишнього середовища.	2	10	
Тема 7. Моделі Монте-Карло. Марковські моделі процесів у довкіллі.		5	
<i>Змістовий модуль 2. Моделювання і прогнозування впливу людини на екологію. Детерміновані моделі. Моделі динаміки.</i>			
Тема 8. Аналітичне моделювання процесів навколишнього середовища.	4	2	5
Тема 9. Детерміновані моделі процесів у біореакторах.			9
Тема 10. Детерміновані моделі процесів у водоймах.			9
Тема 11. Моделі росту чисельності ізольованих популяцій.			9
Тема 12. Дискретні моделі популяцій.			8
Тема 13. Неперервні моделі динаміки з урахуванням міжвидових відносин.			8
Тема 14: Прогнозування еволюції екологічних систем.			5
Разом			8

5. Тематика практичних занять

Денна форма навчання

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи моделювання екологічних систем. Статистичні моделі.

Практичне заняття 1.

Тема 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля за допомогою регресійних моделей.

Мета: ознайомитись із основними типами статистичних моделей екологічних ситуацій.

Питання для обговорення:

1. Етап ідентифікації статистичної моделі.
2. Критерій селекції.
3. Засоби візуалізації даних спостережень.
4. Згладжування методом ковзаючого середнього.
5. Згладжування методом експонентного усереднення.
6. Згладжування методом медіанного усереднення.

Практичне заняття 2-3.

Тема 3. Лінійні моделі залежності відгуку від одного регресора.

Мета: побудова лінійних регресійних моделей, опис залежностей у .

Питання для обговорення:

1. Математична модель та основні етапи її побудови.
2. Основні якісні та кількісні характеристики системи.
3. Регресійна модель. Знаходження статистичних оцінок параметрів.
4. Показники якості моделі: стандартна похибка оцінки за рівнянням моделі; коефіцієнт детермінації та коефіцієнт кореляції.
5. Побудова інтервалів довір'я рівняння моделі.
6. Прогнозування за допомогою моделі та оцінка його точності.

Практичне заняття 4.

Тема 4. Нелінійність у регресійних моделях.

Мета: навчитись використовувати нелінійної регресійної залежності для опису залежностей даних, що описують екологічні ситуації.

Питання для обговорення:

1. Квазілінійні моделі..
2. Зведення деяких нелінійних моделей до лінійних.
3. Лінеаризація нелінійних функцій.
4. Приклади застосування нелінійних моделей на практиці.

Практичне заняття 5-6.

Тема 5. Лінійні моделі залежності відгуку від багатьох регресорів.

Мета: навчитись будувати прогнозні моделі на основі моделей множинної кореляції

Питання для обговорення:

1. Лінійна багатофакторна модель.

2. Основні критерії якості моделі. Матриця кореляції.
3. Перевірка моделі на адекватність. .
4. Прогнозування за економетричною моделлю.
5. Побудова моделі, приклади застосування при прогнозуванні оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю.

Практичне заняття 7-8.

Тема 6. Динамічні моделі залежності наслідків впливу техногенезу на стан навколишнього середовища.

Мета: засвоїти прогнозування на основі часових рядів

Питання для обговорення:

1. Часові ряди і задачі їх аналізу.
2. Стаціонарні часові ряди і їх характеристики.
3. Автокореляційна функція.
4. Аналітичне вирівнювання (згладжування) часового ряду (виділення не-випадкової компоненти).
5. Прогнозування на основі моделей часових рядів.

Практичне заняття 9.

Тема 7. Моделі Монте-Карло. Марковські моделі процесів у доквіллі.

Мета: ознайомитись із стохастичними моделями, навчитись знаходити основні характеристики процесів для проведення аналізу, навчитись прогнозувати на основі емпіричних функцій; оцінка зміни загальної кількості організмів у часі, визначення факторів від яких вона залежить.

Питання для обговорення:

1. Розподіл ймовірностей виходів детермінованої системи.
2. Емпірична функція розподілу даних спостережень.
3. Модель рівноважного стану біореактора-змішувача. Статистичні характеристики виходу системи.
4. Моделювання динаміки систем доквілля. Коефіцієнти переходу.
5. Моделі динаміки популяції комах з певним життєвим циклом. Досягнення сталого розподілу.

Змістовий модуль 2 Моделювання і прогнозування впливу людини на екологію. Детерміновані моделі. Моделі динаміки.

Практичне заняття 10.

Тема 8. Аналітичне моделювання процесів навколишнього середовища.

Мета: ознайомитись із основними видами процесів доквілля, їх відмінностями, моделями, які описують процеси навколишнього середовища.

Питання для обговорення:

1. Нереактивні процеси доквілля (адвекція, дифузія, адсорбція - десорбція, абсорбція – звітрювання, осідання – зависання, біологічне поглинання – біологічне вивільнення).
2. Реактивні процеси доквілля відбуваються з перетворенням речовин. До них відносять такі процеси (хімічні реакції, ферментативні реакції, фотоліз, гідроліз, біотрансформація).

3. Щільності потоків речовини і питомі швидкості нереактивних процесів навколишнього середовища.
4. Питомі швидкості реактивних процесів.
5. Фундаментальні принципи, закони, теорії.

Практичне заняття 11.

Тема 9. Детерміновані моделі процесів у біореакторах.

Мета: ознайомитись із біоінженерними системами, моделями простих біореакторів біоінженерних систем, їх основних характеристик.

Питання для обговорення:

1. Біореактори циклічної дії. Основні фази. Лімітуючі фактори.
2. Біореактори — змішувачі. Стаціонарний стан системи.
3. Біореакторів — визискувачів.
4. Визначення величини вмісту субстрату і біомаси мікроорганізмів в біореакторі циклічної дії у визначені моменти часу.

Практичне заняття 12.

Тема 10. Детерміновані моделі процесів у водоймах.

Мета: ознайомитись із простими детермінованими моделями динаміки вмісту нормованої речовини у водних об'єктах.

Питання для обговорення:

1. Камерна модель вмісту речовини у водоймі.
2. Рівняння балансу маси неконсервативної речовини у водоймищі у стані динамічної рівноваги.
3. Залежність сталого вмісту неконсервативної речовини у водоймі від величини випаровування.

Практичне заняття 13-15.

Тема 11. Моделі росту чисельності ізольованих популяцій.

Мета: ознайомитись із логістичними моделями, використання їх для моделювання чисельності ізольованих популяцій.

Питання для обговорення:

1. Модель Мальтуса.
2. Логістичні моделі.
3. Логістична крива.
4. Узагальнене логістичне рівняння.
5. Логістичне рівняння з фактором запізнення. Модель Хатчинсона.
6. Модель росту Гомперца.
7. Популяції з обмеженим ресурсом.
8. Популяції з критичним значенням чисельності.
9. Раціональне використання природніх популяцій.

Практичне заняття 16-17.

Тема 12. Дискретні моделі популяцій.

Мета: ознайомитись із загальними принципами, що використовуються для складання дискретних моделей динаміки популяцій різних організмів, розміри яких піддаються обрахуванню або оцінюванню.

Питання для обговорення:

1. Загальна дискретна модель популяцій.
2. Дискретна логістична модель. Модель Рікера.
3. Дискретні моделі динаміки чисельності окремих популяцій.
4. Дискретна модель Мея динаміки популяції організмів з коротким періодом часу розмноження у річному життєвому циклі.
5. Зміни чисельності модельної популяції організмів протягом заданого інтервалу часу.

Практичне заняття 18-19.

Тема 13. Неперервні моделі динаміки з урахуванням міжвидових відносин.

Мета: використання математичного моделювання для опису динаміки популяцій, побудова основних моделей трофічного ланцюга.

Питання для обговорення:

1. Моделі динаміки простої екологічної системи.
2. Система Лотки-Вольтерри. Модель Вольтерри.
3. Зміни у часі біомаси популяції організмів.
4. Динамічним рівнянням. Апроксимація скінченими різницями.
5. Моделювання трофічного ланцюга. Моделі «хижак-жертва».
6. Модель Колмогорова.

Практичне заняття 20-21.

Тема 14. Прогнозування еволюції екологічних систем.

Мета: використання математичного моделювання для опису демографічних ситуацій, глобальних процесів.

Питання для обговорення:

1. Сутність прогнозування.
2. Глобальні прогнозні моделі.
3. Схема інтегральної моделі демографічної ситуації.
4. Схема деталізованої моделі демографічної ситуації.
5. Моделювання глобальних процесів.
6. Модель Форрестера «Світова динаміка».

Практичне заняття 1.

Тема 2. Статистичні методи моделювання і прогнозування стану довкілля за допомогою регресійних моделей.

Мета: ознайомитись із основними типами статистичних моделей екологічних ситуацій.

Питання для обговорення:

1. Етап ідентифікації статистичної моделі.
2. Критерій селекції.
3. Засоби візуалізації даних спостережень.
4. Згладжування методом ковзаючого середнього.
5. Згладжування методом експонентного усереднення.
6. Згладжування методом медіанного усереднення.

Тема 3. Лінійні моделі залежності відгуку від одного регресора.

Мета: побудова лінійних регресійних моделей, опис залежностей у .

Питання для обговорення:

1. Математична модель та основні етапи її побудови.
2. Основні якісні та кількісні характеристики системи.
3. Регресійна модель. Знаходження статистичних оцінок параметрів.
4. Показники якості моделі: стандартна похибка оцінки за рівнянням моделі; коефіцієнт детермінації та коефіцієнт кореляції.
5. Побудова інтервалів довір'я рівняння моделі.
6. Прогнозування за допомогою моделі та оцінка його точності.

Тема 4. Нелінійність у регресійних моделях.

Мета: навчитись використовувати нелінійної регресійної залежності для опису залежностей даних, що описують екологічні ситуації.

Питання для обговорення:

1. Квазілінійні моделі.
2. Зведення деяких нелінійних моделей до лінійних.
3. Лінеаризація нелінійних функцій.
4. Приклади застосування нелінійних моделей на практиці.

Тема 5. Лінійні моделі залежності відгуку від багатьох регресорів.

Мета: навчитись будувати прогнозні моделі на основі моделей множинної кореляції

Питання для обговорення:

1. Лінійна багатофакторна модель.
2. Основні критерії якості моделі. Матриця кореляції.
3. Перевірка моделі на адекватність. .
4. Прогнозування за економетричною моделлю.
5. Побудова моделі, приклади застосування при прогнозуванні оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю.

Тема 6. Динамічні моделі залежності наслідків впливу техногенезу на стан навколишнього середовища.

Мета: засвоїти прогнозування на основі часових рядів

Питання для обговорення:

1. Часові ряди і задачі їх аналізу.
2. Стаціонарні часові ряди і їх характеристики.
3. Автокореляційна функція.
4. Аналітичне вирівнювання (згладжування) часового ряду (виділення невинуваткової компоненти).
5. Прогнозування на основі моделей часових рядів.

Тема 7. Моделі Монте-Карло. Марковські моделі процесів у довкіллі.

Мета: ознайомитись із стохастичними моделями, навчитись знаходити основні характеристики процесів для проведення аналізу, навчитись прогнозувати на основі емпіричних функцій; оцінка зміни загальної кількості організмів у часі, визначення факторів від яких вона залежить.

Питання для обговорення:

1. Розподіл ймовірностей виходів детермінованої системи.
2. Емпірична функція розподілу даних спостережень.
3. Моделювання динаміки систем довкілля. Коефіцієнти переходу.
4. Моделі динаміки популяції комах з певним життєвим циклом. Досягнення сталого розподілу.

Практичне заняття 2.

Тема 8. Аналітичне моделювання процесів навколишнього середовища.

Мета: ознайомитись із основними видами процесів довкілля, їх відмінностями, моделями, які описують процеси навколишнього середовища.

Питання для обговорення:

1. Нереактивні процеси довкілля (адвекція, дифузія, адсорбція - десорбція, абсорбція – звітрювання, осідання – зависання, біологічне поглинання – біологічне вивільнення).
2. Реактивні процеси довкілля відбуваються з перетворенням речовин. До них відносять такі процеси (хімічні реакції, ферментативні реакції, фотоліз, гідроліз, біотрансформація).
3. Щільності потоків речовини і питомі швидкості нереактивних процесів навколишнього середовища.
4. Питомі швидкості реактивних процесів.
5. Фундаментальні принципи, закони, теорії.

Тема 9. Детерміновані моделі процесів у біореакторах.

Мета: ознайомитись із біоінженерними системами, моделями простих біореакторів біоінженерних систем, їх основних характеристик.

Питання для обговорення:

1. Біореактори циклічної дії. Основні фази. Лімітуючі фактори.
2. Біореактори — змішувачі. Стаціонарний стан системи.
3. Біореакторів — визискувачів.
4. Визначення величини вмісту субстрату і біомаси мікроорганізмів в біореакторі циклічної дії у визначені моменти часу.

Тема 10. Детерміновані моделі процесів у водоймах.

Мета: ознайомитись із простими детермінованими моделями динаміки вмісту нормованої речовини у водних об'єктах.

Питання для обговорення:

1. Камерна модель вмісту речовини у водоймі.
2. Рівняння балансу маси неконсервативної речовини у водоймищі у стані динамічної рівноваги.

3. Залежність сталого вмісту неконсервативної речовини у водоймі від величини випаровування.

Тема 11. Моделі росту чисельності ізольованих популяцій.

Мета: ознайомитись із логістичними моделями, використання їх для моделювання чисельності ізольованих популяцій.

Питання для обговорення:

1. Модель Мальтуса.
2. Логістичні моделі.
3. Логістична крива.
4. Узагальнене логістичне рівняння.
5. Логістичне рівняння з фактором запізнення. Модель Хатчинсона.
6. Модель росту Гомперца.
7. Популяції з обмеженим ресурсом.
8. Популяції з критичним значенням чисельності.
9. Раціональне використання природних популяцій.

Тема 12. Дискретні моделі популяцій.

Мета: ознайомитись із загальними принципами, що використовуються для складання дискретних моделей динаміки популяцій різних організмів, розміри яких піддаються обрахуванню або оцінюванню.

Питання для обговорення:

1. Загальна дискретна модель популяцій.
2. Дискретна логістична модель. Модель Рікера.
3. Дискретні моделі динаміки чисельності окремих популяцій.
4. Дискретна модель динаміки популяції організмів з коротким періодом часу розмноження у річному життєвому циклі.
5. Зміни чисельності модельної популяції організмів протягом заданого інтервалу часу.

Тема 13. Неперервні моделі динаміки з урахуванням міжвидових відносин.

Мета: використання математичного моделювання для опису динаміки популяцій, побудова основних моделей трофічного ланцюга.

Питання для обговорення:

1. Моделі динаміки простої екологічної системи.
2. Система Лотки-Вольтерри. Модель Вольтерри.
3. Зміни у часі біомаси популяції організмів.
4. Динамічним рівнянням. Апроксимація скінченими різницями.
5. Моделювання трофічного ланцюга. Моделі «хижак-жертва».
6. Модель Колмогорова.

Тема 14. Прогнозування еволюції екологічних систем.

Мета: використання математичного моделювання для опису динаміки популяцій, побудова основних моделей трофічного ланцюга.

Питання для обговорення:

1. Сутність прогнозування.
2. Глобальні прогнозні моделі.
3. Схема інтегральної моделі демографічної ситуації.
4. Схема деталізованої моделі демографічної ситуації.
5. Моделювання глобальних процесів.
6. Модель Форрестера «Світова динаміка».

6. Комплексне практичне індивідуальне завдання.

Для набуття умінь самостійного мислення і самоконтролю у студентів особливе значення має виконання комплексного практичного індивідуального завдання (КПЗ) з дисципліни «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій», яке включає завдання з основних тем дисципліни, виконується самостійно кожним студентом згідно методичних рекомендацій (Комплексні практичні індивідуальні завдання з «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій» / Мартинюк О. Тернопіль, 2022. 60 с.). Метою виконання КПЗ є виробити у студентів здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, засвоєння знань з дисципліни та їх застосування для розв'язування конкретних задач з метою моделювання та прогнозування практичних задач.

Варіанти КПЗ з дисципліни виконуються кожним студентом згідно варіанту завдань із методичних вказівок, що охоплюють всі основні теми дисципліни:

1. Статистичні моделі (теми 1-7), при розв'язанні яких слід побудувати та перевірити адекватність побудованих моделей.
2. Задачі на прогнозування впливу діяльності людини на довкілля (теми 8-14), розв'язання яких вимагає чітке розуміння основних факторів впливу, їх характеристики, динаміки.

7. Тренінг з дисципліни .

Тренінг має на меті закріпити теоретичні положення лекційних, практичних занять та набутих у процесі самостійної роботи. Основні завдання:

- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області математичного моделювання та прогнозування екологічних ситуацій;
- навчити студентів використовувати знання з моделювання для вирішення задач, які виникають у процесі контролю і аналізу за станом забруднення довкілля;
- навчити студентів практично застосовувати чисельно-аналітичні, емпірико-статистичні методи та експертні системи в задачах математичного моделювання та прогнозу стану довкілля;
- навчити студентів працювати з науковою та довідковою літературою.

Тематика: Моделювання екологічних ситуацій.

Порядок проведення:

I. Статистичні моделі.

1. Здійснити збір даних, групування одержаних статистичних даних.
2. Провести статистичне оцінювання числових характеристик сукупності.
3. Оцінити закон розподілу.
4. На підставі отриманої оцінки закону розподілу одержати прогнозні значення параметрів тощо.

II. Прогнозування чисельності популяцій.

1. Формулювання основних даних і умов задачі.

2. З'ясування типу моделі, що описує дану ситуацію.

3. Побудова моделі та аналіз можливих результатів.

Для отримання потрібної інформації використати сайти:
<https://www.me.gov.ua>, <https://www.knoema.com/>.

8. Самостійна робота студентів.

Для успішного вивчення і засвоєння дисципліни «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій» студенти повинні володіти значним обсягом інформації, частину якої вони отримують і опрацьовують шляхом самостійної роботи. Самостійна робота полягає в знаходженні необхідної чи додаткової інформації з різних джерел.

Назва теми	Питання для роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Тема 1.	Зміст і характер екологічного моделювання.	1	5
	Актуальність моделювання. Об'єкти моделювання.		
	Необхідні умови моделювання.		
Тема 2.	Методологія екологічного моделювання. Особливості збору та підготовки даних для моделювання.	2	5
	Послідовність операцій екологічного моделювання.		
	Аналіз властивостей об'єкту екологічного моделювання		
	Особливості декомпозиції.		
Тема 3.	Особливості композиції моделі. Ідентифікація екологічної моделі.	1	11
	Побудова лінійної регресійної моделі процесу на основі даних багаторічного моніторингу стану довкілля		
	Етапи побудови економетричних моделей.		
	Перевірка необхідних тестів.		
	Методи усунення мультиколінеарності, гетероскедастичності, автокореляції.		
	Оцінка якості регресивної моделі.		
Тема 4.	Прогнозування на основі регресивних моделей.	1	7
	Характеристика ситуацій, які описуються нелінійними моделями		
	Квазілінійні моделі та їх лінеризація		
Тема 5.	Нелінійні моделі як за факторами так і за параметрами.	2	11
	Побудова множинної регресійної моделі процесу на основі даних багаторічного моніторингу стану довкілля		
	Використання ПЗ для побудови множинної регресії.		
Тема 6.	Оцінка якості множинної регресії.	1	10
	Загальні відомості про часові ряди і задачі їх аналізу.		
	Стаціонарні часові ряди і їх характеристики.		
	Автокореляційна функція.		
Тема 7.	Аналітичне вирівнювання (згладжування) часового ряду (виділення не випадкової компоненти).	1	5
	Стохастичні моделі довкілля		
	Функція розподілу та емпірична функція розподілу.		
	Динамічні моделі екологічних ситуацій.		
	Прогнозування за допомогою динамічних моделей.		

Тема 8.	Представити класифікацію видів моделювання за формою представлення об'єкта дослідження.	2	5
	Перерахувати основні фактори середовища, які впливають на розподіл забруднюючої домішки в атмосфері.		
	Представити класифікацію основних дифузійних моделей забруднення повітря		
	Навести алгоритм виведення рівняння турбулентної дифузії та переміщення шкідливих домішок в атмосфері.		
	Перерахувати умови спрощення прогностичного рівняння турбулентної дифузії та надати його математичний опис.		
Тема 9.	Біореактори циклічної дії.	1	9
	Біореактори — змішувачі. Стаціонарний стан системи.		
	Біореакторів — визискувачів.		
Тема 10.	Математичне моделювання абіотичних систем.	1	9
	Особливості абіотичних систем.		
	Розробка моделі штучного водосховища.		
Тема 11.	Математичні біологічні моделі.	2	9
	Моделювання міжвидової конкуренції.		
	Моделювання поведінки популяції.		
Тема 12.	Модель Мея	1	8
	Криві виживання		
	Поняття біотичного потенціалу популяції		
Тема 13.	Потенційна швидкість природного росту популяції	2	9
	Модель Колмогорова		
Тема 14.	Прогнозування еволюції екологічних систем.	1	5
	Сутність прогнозування. Глобальні прогнозні моделі.		
	Прогнозування чисельності виду тварин.		
	Схема деталізованої моделі демографічної ситуації.		
	Разом	19	108

9. Методи навчання

У навчальному процесі застосовуються: лекції, практичні та індивідуальні заняття, консультації, самостійна робота, робота у групах, метод опитування, тестування, виконання КППЗ.

10. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання.

У процесі вивчення дисципліни «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій» використовуються такі засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне опитування, тестування;
- оцінювання результатів модульної контрольної роботи;
- оцінювання комплексного практичного індивідуального завдання;
- оцінювання результатів самостійної роботи студентів;
- інші види індивідуальних і групових завдань;
- екзамен.

11. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів і перескладання: для виконання індивідуальних завдань і проведення контрольних заходів встановлюються конкретні терміни. Перескладання модулів відбувається з дозволу дирекції факультету за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності: використання друкованих і електронних джерел інформації під час контрольних заходів та екзаменів заборонено.

Політика щодо відвідування: відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. За об'єктивних причин (наприклад, карантин, воєнний стан, хвороба, закордонне стажування) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу з дозволу дирекції факультету.

12. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Моделювання і прогнозування екологічних ситуацій» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Заліковий модуль 1 теми 1-4	Заліковий модуль 2 теми 5-14	Заліковий модуль 3 (підсумкова оцінка за КПІЗ та тренінг)	Заліковий модуль 4 (письмовий екзамен)	Разом (%)
20%	20%	20%	40%	100
Усне опитування під час занять (7 теми) – 4 балів за тему – макс. 28 балів. Модульна контрольна робота – макс. 72 бали: 4 тести по 3 бали за тест – макс. 12 балів; зад. 1 – макс. 20бал. зад. 2 – макс. 20 бал., зад. 3 – макс. 20 бал.	Усне опитування під час занять (7 тем) 4 балів за тему – макс. 28 балів. Модульна контрольна робота – макс. 72 бали: 3 задачі по 24 бали.	Підготовка КПІЗ – макс. 40 балів; Захист КПІЗ – макс. 40 балів; Участь у тренінгах – макс. 20 балів	Теоретичне питання – макс. 10 балів, задача 1 – макс. 30 балів задача 2 – макс. 30 балів задача 3 – макс. 30 балів	

Шкала оцінювання:

За шкалою університету	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

13. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

№	Найменування	Номер теми
1.	Мультимедійний проектор	1–14
2.	Проекційний екран	1–14
3.	Комунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox)	1–14
4.	Наявність доступу до мережі Інтернет	1–14
5.	Персональні комп'ютери	1–14
6.	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі он-лайн (за необхідності)	1–14
7.	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1–14
8.	Система динамічної математики Geogebra	1–14
9.	Інструменти Open Office (Word; Excel; Power Point і т. і.)	1–14
10.	Google Forms, Google Sheets	1–14

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Вибрані питання комп'ютерного моделювання процесів і явищ: колективна монографія за ред. Балик Н. Р. Тернопіль: Підручники і посібники, 2022. 272 с
2. Моделі сталого розвитку: колективна монографія за ред. Мартинюк О. М.. Тернопіль: Підручники і посібники, 2022. 384 с
3. Єрмоєнко В.О., Алілуйко А.М., Березька К. М., Мартинюк О.М., Економетрика. Тернопіль: Підручники і посібники, 2023, 168с.
4. Березька К.М. Економетрія: основи теорії та комп'ютерний практикум. Тернопіль, 2007. 137 с.
5. Самойленко В.М. Математичне моделювання в геоєкології : Навчальний посібник (електронна версія). Київ.: ВПЦ "Київський університет", 2003. 233 с.
6. Лаврик В. І. Моделювання і прогнозування стану довкілля. Підручник Академія, 2010. 400 с.
7. Гриб'юк Олена. Математичне моделювання екологічних процесів у профільних класах / Олена Гриб'юк // Математика в школі. 2004. № 8. С. 45-48.
8. Вітлінський В.В., Верченко П.І., Сігал А.В., Наконечний Я.С. Економічний ризик: ігрові моделі. Київ.:КНЕУ, 2002.
9. Навчальний матеріал з курсу “Економічний ризик і методи його вимірювання” для студентів економічних спеціальностей. Тернопіль, 2001.
10. Івченко І.Ю. Економічні ризики: Навчальний посібник. Київ: “Центр навчальної літератури”, 2004. 304с.

11. Крилик Л. В. Обчислювальна математика. Інтерполяція та апроксимація табличних даних : навчальний посібник / Л. В. Крилик, І. В. Богач, М. О. Прокопова. Вінниця : ВНТУ, 2013. 111 с.
12. Принципи моделювання та прогнозування в екології / О.М Богобоящий, К.Р.Курбанов, П.Б.Палій, В.М Шмандій.: Підручник. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 216 с.
13. Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник у 2ч, Ч1 /Т.Б.Михайлівська, В.М.Ісаєнко, В.А.Гроза, В.М.Криворотько Київ.: Книжне вид-во «НАУ», 2006. 212 с.
14. Гладкий А.В., Скопецький В.В. Методи числового моделювання екологічних процесів: Навч.посібник. Київ.: ІВЦ «Вид-во «Політехніка», ТОВ Фірма «Періодика», 2005. 152 с.
15. Колесник В.Є., Головіна Л.А, Левченко М.В. Пиловий викид вентилятора головного провітрювання вугільної шахти: екологічна небезпека, способи зниження або локалізації: моногр. Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2011. 125 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://www.mon.gov.ua> — Офіційний сайт Міністерства освіти і науки України.
2. <https://menr.gov.ua> — Офіційний сайт Міністерства екології та природних ресурсів України.
3. <http://env.teset.sumdu.edu.ua> — Науковий центр прикладних екологічних досліджень (Сумського державного університету)