



СИЛАБУС КУРСУ

Математичне моделювання в екології *Mathematical modeling in ecology*

Ступінь вищої освіти – Доктор філософії

Галузь знань 10 «Природничі науки»

Спеціальність 101 “Екологія” Освітньо-наукова програма

«Екологія та охорона навколишнього середовища»

Цикл обов’язкових навчальних дисциплін

Рік навчання: III, Семестр: II

Кількість кредитів: 3 (90 годин) Мова викладання: українська

Керівник курсу

Доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України,
Лауреат державної премії України в галузі науки і техніки, Відмінник освіти України,
завідувач кафедри екологічного моніторингу та геоінформаційних технологій

Машков Олег Альбертович

Контактна інформація: mashkov_oleg_52@ukr.net; +380662232444 (Viber, Telegram)

Анотація дисципліни

Математичне моделювання в екології – міждисциплінарний науковий напрям, пов'язаний з вирішенням багатьох актуальних задач екології та біології. Довгострокові екологічні прогнози, дослідження антропогенного впливу на навколишнє середовище, моделі походження життя, вивчення людського організму, завдання генетики — ось далеко не повний перелік завдань, вирішення яких в даний час немислимо без застосування математичного моделювання. Одним з важливих напрямків в цих дослідженнях є математичне моделювання біологічних популяцій. Воно застосовується для вирішення таких завдань, як збереження зникаючих і рідкісних видів, прогнозування чисельності промислових популяцій і розробка оптимальних стратегій промислу, вивчення впливу антропогенних факторів на чисельність біологічних видів, і інших.

Перші дослідження в області популяційного моделювання з'явилися в 20-і роки ХХ століття. Ключовими роботами, які дали потужний поштовх подальшим дослідженням, були дослідження А. Лотки і В. Вольтера (створені незалежно один від одного), в яких розглядалася модель взаємодії двох популяцій «хижак-жертва». Але бурхливий розвиток цей напрям отримав, починаючи з 1950-х років, що, безумовно, пов'язано з появою і швидким розвитком обчислювальної техніки. Серед великої кількості різноманітних моделей, розроблених на першому етапі, можна виділити такі класи моделей, як моделі з віковою структурою, просторово-розподілені моделі, дискретні відображення, статистичні моделі.

Незважаючи на отримані цікаві результати, при переході від показу можливостей математичних моделей до наближення їх до біологічних реалій виникли серйозні труднощі. Пошук нових підходів призвів, зокрема, до створення моделі біосферних процесів В. А. Костіцина, при побудові якої він спирався на гіпотезу про можливість використання системи диференціальних рівнянь першого порядку для опису широкого кола явищ

(гіпотеза Вольтерра-Костіцина). Також, до побудови А. Н. Колмогоровим (1936–1972), власної версії моделі «хижак-жертва». Подальші етапи застосування математичного моделювання, в тому числі і зазначені вище роботи, істотно розвивали підходи В. Вольтерра, підготували ґрунт для використання сучасної обчислювальної техніки. Але біологами вони були сприйняті як спроба відходу від пошуку адекватних моделей до експериментально-теоретичного аналізу еколого-біологічних систем, як свідчення розбіжностей і невпевненості математиків, і навіть як доказ непристосованості точних наук для опису еколого-біологічних явищ. У свою чергу, недовіра до математичних моделей призвело до посилення тенденцій по наданню екологічним моделям загальносистемного значення, що характерне для зазначених вище робіт.

Відродження кількісної екології, її сучасний етап розвитку пов'язаний із суспільним резонансом, викликаним діяльністю «Римського клубу», з моделлю Дж. Форрестера «Світова динаміка» (1971,1978), з привнесеною ним у біологічні дослідження культурою використання комп'ютерів, побудови моделей великої розмірності — імітаційних моделей.

Імітаційні моделі мають ряд можливостей, яких немає у аналітичних моделей. Вони дозволяють: використовувати в моделі залежності, які не виражаються в аналітичній формі; програвати різні сценарії; дозволяють враховувати часові та просторові неоднорідності. При цьому непараметричне подавання інформації (генерування сценаріїв) — нова, неklasична діяльність в математичному моделюванні.

Мета і завдання

Метою викладання курсу „ Математичне моделювання а екології ” є: формування у аспірантів системи знань та вмінь з основ математичного моделювання в екології та практичних навичок в галузі моделювання динаміки екосистем.

Аспіранти набувають теоретичних знань і практичних вмінь стосовно основних понять математичного моделювання екосистем (ґрунт, вода, атмосфера, рослини, тварини, техногенні системи), основних принципів та технологій застосовування прийомів математичного моделювання в екології.

По завершенню вивчення курсу „ Математичне моделювання а екології ” аспіранти можуть проводити науково-дослідну діяльність для отримання наукових результатів та формування на їх основі висновків й рекомендацій, вміти застосовувати основні види математичних та імітаційних моделей при описі екологічних процесів.

Результати навчання, методи викладання і форми оцінювання

Результати навчання	Методи викладання і навчання	Форми оцінювання
Розуміти і оперувати основними поняттями математичного моделювання екосистем (ґрунт, вода, атмосфера, рослини, тварини, техногенні системи);	Презентація теоретичного матеріалу, обговорення у групі	Поточний контроль
Знати основні принципи та вміти застосовувати прийоми математичного моделювання в екології.	Виконання практичних робіт та індивідуальних завдань, обговорення у групі	Поточний контроль. Кейси

Знати основні види математичних моделей, які використовуються при описі екологічних процесів	Виконання практичних робіт та індивідуальних завдань, обговорення у групі	Поточний контроль
Знати загальну характеристику імітаційних моделей.	Виконання практичних робіт та індивідуальних завдань, обговорення у групі	Поточний контроль. Підсумковий контроль

ЗМІСТ КУРСУ

Вступне слово

Заняття з курсу поєднують лекційний виклад, виконання практичних робіт, обговорення в класі, виконання самостійних робіт, проведення проміжних тестів. Значна частина курсу полягає в опануванні магістрами навичок математичного моделювання в екології із застосуванням сучасних обчислювальних засобів та визначенням актуального переліку напрямів імітаційного моделювання в екології. Програма та методика проведення курсу націлена на відповідність набутих знань, вмінь та навичок магістра в моделюванні екологічних систем та процесів. Практичні завдання максимально індивідуалізовані. Лекційний матеріал доступний у електронному вигляді. Тестові та індивідуальні завдання доступні у дистанційному форматі.

Тематичний план курсу

№п/п	Вид заняття	Теми занять	Кількість годин Аудиторні/самостійна робота
1	Лекція 1 / самостійна робота	<p>Тема 1. Поняття математичної моделі екосистеми</p> <p>Системи математичних співвідношень, знакових логічних виразів, що відображають визначені сторони досліджуваного об'єкта.</p> <p>Призначення моделей екосистем. Можливості використання моделей для дослідження варіантів розвитку екосистеми і вибору оптимального з погляду поставлених цілей.</p>	2/2

2	Лекція 2 / самостійна робота	<p align="center">Тема 1. Поняття математичної моделі екосистеми</p> <p>Забезпечення адекватності моделі й оригіналу в найбільш істотних рисах з погляду дослідження. Закономірності поведження екосистем у виді математичних формул і співвідношень. Математичне моделювання як формалізована подача закономірностей поведження реальних систем у виді абстрактних математичних аналогів (системи рівнянь і нерівностей).</p>	2/2
3	Лекція 3 / самостійна робота	<p align="center">Тема 1. Поняття математичної моделі екосистеми</p> <p>Завдання моделювання екосистем. Особливості моделюванні з використанням ЕОМ. Технологія вивчення складних систем з великою тривалістю процесів моделювання. Особливості вибору оптимального (найкращого) варіанта розвитку системи. Ступінь вірогідності висновків математичного моделювання. Моделювання на ЕОМ (імітаційне моделювання) як засіб імітації складних систем довільної фізичної природи.</p>	2/2
4	Лекція 4 / самостійна робота	<p align="center">Тема 2. Основні принципи і прийоми математичного моделювання в екології</p> <p>Технологія побудови математичної моделі. Форми математичних моделей. Узагальнення факторів у відомій системі гіпотез, пояснень функціонування досліджуваного об'єкта. Способи і прийоми математичного моделювання</p>	2/2
5	Лекція 5 / самостійна робота	<p align="center">Тема 2. Основні принципи і прийоми математичного моделювання в екології</p> <p>«Механістичний» і «емпіричний» підходи до одержання математичних моделей у дослідницькій роботі. Математичне прогнозування в екосистемах.</p>	2/2

6	Лекція 6 /самостійна робота	Тема 3 Основні види математичних моделей, які використовуються при описі екологічних процесів Класифікація математичних моделей Детерміновані математичні моделі. Стохастичні математичні моделі. Багатовимірні математичні моделі.	2/2
7	Лекція 7 /самостійна робота	Тема 3 Основні види математичних моделей, які використовуються при описі екологічних процесів Метод кореляційного і регресійного аналізу при побудові математичних моделей. Динамічні і статичні математичні моделі. Безперервні і моделі з дискретним часом.	2/2
8	Лекція 8 /Практичне заняття 1/самостійна робота	Тема 3 Основні види математичних моделей, які використовуються при описі екологічних процесів Конструктивні і дескриптивні (описові) математичні моделі. Матричні математичні моделі.	2/2/2
9	Лекція 9 /Практичне заняття 1/самостійна робота	Тема 4. Загальна характеристика імітаційних моделей Переваги методу імітаційного моделювання. Умови (клас завдань) застосування імітаційних моделей. Основні принципи і методи побудови імітаційних математичних моделей.	2/2/2
10	Лекція 10 /Практичне заняття 1/самостійна робота	Тема 4. Загальна характеристика імітаційних моделей Залежність рівня імітаційного моделювання від потужності ЕОМ і її математичного забезпечення. Оперативне керування процесами в екосистемі з застосуванням імітаційних моделей.	2/2/2
11	Самостійна робота	Тема. Поняття математичної моделі екосистеми Системи математичних співвідношень, знакових логічних виразів, що відображають визначені сторони досліджуваного об'єкта.	2

		Призначення моделей екосистем. Можливості використання моделей для дослідження варіантів розвитку екосистеми і вибору оптимального з погляду поставлених цілей.	
12	Самостійна робота	Тема. Поняття математичної моделі екосистеми Забезпечення адекватності моделі й оригіналу в найбільш істотних рисах з погляду дослідження. Закономірності поведіння екосистем у виді математичних формул і співвідношень. Математичне моделювання як формалізована подача закономірностей	2
13	Самостійна робота	Тема. Поняття математичної моделі екосистеми. Завдання моделювання екосистем. Особливості моделюванні з використанням ЕОМ. Технологія вивчення складних систем з великою тривалістю процесів моделювання. Особливості вибору оптимального (найкращого) варіанта розвитку системи.	2
14	Самостійна робота	Тема. Поняття математичної моделі екосистеми Ступінь вірогідності висновків математичного моделювання.	2
15	Самостійна робота	Тема. Поняття математичної моделі екосистеми Моделювання на ЕОМ (імітаційне моделювання) як засіб імітації складних систем довільної фізичної природи.	2
16	Практичне заняття	Тема. Поняття математичної моделі екосистеми Вивчення поняття математичної моделі екосистем (грунт, вода, атмосфера, рослини, тварини, техногенні системи)	2
17	Самостійна робота	Тема. Основні принципи і прийоми математичного моделювання в екології. Технологія побудови математичної моделі. Форми математичних моделей.	2

18	Самостійна робота	Тема. Основні принципи і прийоми математичного моделювання в екології. Узагальнення факторів у відомій системі гіпотез, пояснень функціонування досліджуваного об'єкта.	2
19	Самостійна робота	Тема. Основні принципи і прийоми математичного моделювання в екології. Способи і прийоми математичного моделювання.	2
20	Самостійна робота	Тема. Основні принципи і прийоми математичного моделювання в екології. «Механістичний» і «емпіричний» підходи до одержання математичних моделей у дослідницькій роботі.	2
21	Самостійна робота	Тема. Основні принципи і прийоми математичного моделювання в екології. Математичне прогнозування в екосистемах	2
22	Практичне заняття	Тема. Основні принципи і прийоми математичного моделювання в екології. Технологія побудови математичної моделі. Форми математичних моделей. Способи і прийоми математичного моделювання.	2
23	Самостійна робота	Тема. Основні види математичних моделей, які використовуються при описі екологічних процесів Класифікація математичних моделей Детерміновані математичні моделі. Стохастичні математичні моделі. Багатовимірні математичні моделі.	2
24	Самостійна робота	Тема. Основні види математичних моделей, які використовуються при описі екологічних процесів Метод кореляційного і регресійного аналізу при побудові математичних моделей. Динамічні і статичні математичні моделі. Безперервні і моделі з дискретним часом.	2

		Конструктивні і дескриптивні (описові) математичні моделі. Матричні математичні моделі	
25	Практичне заняття	Тема. Основні види математичних моделей, які використовуються при описі екологічних процесів. Класифікація математичних моделей Детерміновані математичні моделі. Стохастичні математичні моделі. Багатовимірні математичні моделі.	2
26	Практичне заняття	Тема. Основні види математичних моделей, які використовуються при описі екологічних процесів Метод кореляційного і регресійного аналізу при побудові математичних моделей. Динамічні і статичні математичні моделі. Безперервні і моделі з дискретним часом. Конструктивні і дескриптивні (описові) математичні моделі. Матричні математичні моделі.	2
27	Самостійна робота	Тема. Загальна характеристика імітаційних моделей. Переваги методу імітаційного моделювання. Умови (клас завдань) застосування імітаційних моделей.	2
28	Самостійна робота	Тема. Загальна характеристика імітаційних моделей. Основні принципи і методи побудови імітаційних математичних моделей. Залежність рівня імітаційного моделювання від потужності ЕОМ і її математичного забезпечення.	2
29	Самостійна робота	Тема. Загальна характеристика імітаційних моделей. Оперативне керування процесами в екосистемі з застосуванням імітаційних моделей.	2
30	Практичне заняття	Тема. Загальна характеристика імітаційних моделей. Переваги методу імітаційного моделювання. Умови (клас завдань) застосування імітаційних моделей. Основні принципи і методи побудови імітаційних математичних моделей.	2

31	Практичне заняття	Тема. Загальна характеристика імітаційних моделей. Залежність рівня імітаційного моделювання від потужності ЕОМ і її математичного забезпечення. Оперативне керування процесами в екосистемі з застосуванням імітаційних моделей.	2
32	Консультація	Матеріал дисципліни	2

Умови визначення навчального рейтингу

	Вид занять	Кількість занять	Максимум балів за 1 заняття	Максимальна сума балів
1	Контрольна робота. Індивідуальне завдання		30	30
2	Семінар (творча презентація, виступ)	1	23	23
3	Контрольна робота (практичне заняття)	1	17	17
4	Іспит (тест)	1	30	30
	Разом			100

Вимоги і критерії оцінювання

Оцінювання успішності студента за кожним із запланованих видів робіт здійснюється у відповідності до таких критеріїв:

Види робіт	Кількість балів за один вид робіт	Критерії оцінювання
Контрольна робота. Індивідуальне завдання	30	Виконано у відповідності до всіх вимог
	15-29	Виконано частково, потребувало уточнень та доопрацювання, або з порушенням термінів
	1-14	Виконано частково, доопрацювання не було здійснене, терміни порушені
	0	Не виконано або виконано з порушенням вимог академічної доброчесності
Індивідуальне завдання - доповідь	18-23	Завдання, що відповідає тематиці семінару, виконано максимально повно та у вказані терміни. Студент демонструє належний рівень знань і розуміння теми, знайомство із основними тенденціями, здатність до самостійного, системного, логічного і послідовного мислення. Роботу оформлено відповідно до вимог
	11-17	Індивідуальне завдання виконано частково та потребувало доопрацювання. Бракує аналітичної складової
	1-10	Виконано частково, доопрацювання не було здійснене, терміни порушені . Роботі суттєво бракує систематичного аналізу й логічного та послідовного

		викладу. Робота містить неточності та/або необґрунтовані судження.
	0	Завдання не виконано або виконано з порушенням вимог академічної доброчесності
Практичне заняття 6. Контрольне тестування	1-17	Кожна правильна відповідь оцінюється в 1 бал
Іспитове тестування	1-30	Кожна правильна відповідь оцінюється в 1 бал

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної шкали оцінювання в національну шкалу та шкалу ECTS

Шкала оцінювання студентів

За шкалою академії	За національною шкалою		За шкалою ECTS
90 – 100	Відмінно	Зараховано	A (відмінно)
85 – 89	Добре		B (дуже добре)
75-84	Задовільно		C (добре)
70-74			D (задовільно)
60-69	Незадовільно	Не зараховано	E (достатньо)
35-59			FX (незадовільно - з можливістю повторного складання)
1-34			F (неприйнятно – з обов'язковим повторним курсом)

Мінімальний пороговий рівень оцінки за роботу в семестрі (допуск до іспиту) складає 30 балів. У разі отримання оцінки «неприйнятно» (нижче 30 балів) здобувач зобов'язаний повторно вивчити дисципліну. У разі отримання оцінки «незадовільно» здобувач має право на два перескладання: викладачеві та комісії. При цьому максимальна підсумкова оцінка після перескладання може бути лише «достатньо». Замість перескладання комісії здобувач може обрати повторне вивчення дисципліни.

Політика доброчесності

Всі завдання курсу є самостійно виконаною працею. Роботи скопійовані шляхом копіювання, перенесення оригінальних текстів без посилання на джерела, або компонування тексту з готових блоків оригінальних джерел буде оцінено «незадовільно». Всі роботи перевіряються на плагіат. Виконання навчальних завдань і робота в курсі має відповідати вимогам «Положення про дотримання академічної доброчесності науково-педагогічними працівниками та здобувачами вищої освіти» ДЗ «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління» (затверджене наказом № 112 від 07.03.2018 року)

-

Режим

доступу:

<https://dea.edu.ua/img/source/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD>

Літературні джерела

- Артюшин Л.М., Машков О.А., Дурняк Б.В., Плашенко О.М. Навчальний посібник: „Теоретичні основи технічної кібернетики” / Львів.: Українська академія друкарства, 2004. 120с.
- Артюшин Л.М., Машков О.А., Дурняк Б.В., Сівов М.С. Навчальний посібник: „Теорія автоматичного керування” /Львів: Українська академія друкарства, 2004, 272 с.
- Бондар О.І., Машков О.А., Жукаускас С.В. Нігородова С.А. Сучасний рух науки: форми можливих наукових результатів у галузі захисту довкілля / Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.1., С. 183-196.
- Бондар О.І., Машков О.А., Пашков Д.П., Ващенко В.М., Шевченко Р.Ю. Навчально-методичні та практичні рекомендації: “Моніторинг стану навколишнього середовища засобами ГІС” / Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління Мінприроди України, 2018, 52 с.
- Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. М. Наука, 1976, 286 с.
- Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища. Підручник\За ред.. Бондаря О.І., Рудька Г.І., К.: Вид-во «ПП Екмо», 2004. – 423 с.
- Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології: навч. посібник /В.І.Лаврик – К.: Вид. дім «КМ Академія»,2002. –203 с.
- Машков О.А. Оціночні критерії результатів наукових досліджень у галузі фундаментальних та прикладних наук (проблемно-дискусійні питання) / Збірка наукових праць у двох томах / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2010 , - Євпаторія, 2010, т.2, с. 106-111.
- Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019.-№ 4(27), 2019, pp. 201-206.
- Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В. Загрози у сфері екологічної безпеки та їх вплив на стан національної безпеки / Науковий журнал: НАУКОВИЙ ЧАСОПИС Академії національної безпеки, №2 (18) 2018, с. 8-28С. 108-125.
- Машков О.А., Уряднікова І.В., Ярема О.Р., Назаренко О.М Основи методології ідентифікації і класифікації ризиків водних систем теплоенергетичних об'єктів / Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 64, Київ, 2012, с. 203-213.
- Михайлівська Т. Б. Моделювання та прогнозування стану довкілля: підручник / Т. Б. Михайлівська, В. М. Ісаєнко, В.А.Гроза, В.М.Криворотько – Ч.1. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2006. – 212 с.
- Пашков Д.П., Бондар О.І., Машков О.А., Пашков Д.П., Шевченко Р.Ю., Патлашенко Ж.І., Тимошенко М.М. Рубрикатор завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС (нормативно-методичний документ). Київ, вид ДЕА, 2018. 26 с.
- Триснюк В.М., Машков О.А., Демиденко О.О. Розробка методу комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності / Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-техн. журнал / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ), Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2020. № 1(21), с.70-78.
- Форрестер Дж. Мирова динаміка. — М.: Наука, 1978. — 268 с.

Політика оцінювання

- Політика щодо дедлайнів та перескладання: роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (-10 балів). Перескладання модулів відбувається за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

- Політика щодо академічної доброчесності: усі письмові роботи перевіряються на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями не більше 20%. Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (зокрема, із використанням мобільних пристроїв).

- Політика щодо відвідування: відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.