

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра прикладної математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету
математики і інформатики

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ

“29” серпня 2024 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математичне моделювання з Python

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) рівень _____

галузь знань 11– Математика та статистика _____

спеціальність 113 – Прикладна математика _____

освітня програма «Прикладна математика» _____

спеціалізація _____

вид дисципліни _____ за вибором _____

факультет _____ математики і інформатики _____

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету математики і інформатики

“27” серпня 2024 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: *Ігнатович Світлана Юрійвна*, доктор фіз.-мат. наук, доцент, професор закладу вищої освіти кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики
Протокол від “26” серпня 2024 року № 8

Завідувач кафедри прикладної математики



Валерій КОРОБОВ

Програму погоджено з гарантом
освітньо-професійної програми «Прикладна математика»

Гарант освітньо-професійної програми «Прикладна математика»



Сергій ПОСЛАВСЬКИЙ

Програму погоджено науково-методичною комісією
факультету математики і інформатики

Протокол від “27” серпня 2024 року № 1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики



Євген МЕНЯЙЛОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання з Python» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 113 – Прикладна математика

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є надання майбутнім спеціалістам знань та практичних навичок з методів математичного моделювання, а також з практичного використання мови програмування Python для побудови і дослідження математичних моделей.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни: теоретична і практична підготовка з математичного моделювання і проведення комп'ютерних експериментів із застосуванням бібліотек наукових обчислень Python.

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	
Семестр	
6-й	
Лекції	
32 год.	
<u>Практичні, семінарські заняття</u>	
32 год.	
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
56 год.	
в тому числі індивідуальне завдання	

1.6. Заплановані результати навчання

Знати :

1. Методи створення алгоритмів для математичного і комп'ютерного моделювання, візуалізації і аналізу результатів.
2. Основні можливості бібліотек з наукових розрахунків Python.

Вміти:

1. Написати програму мовою Python з використанням бібліотек NumPy, SciPy, Matplotlib для розв'язання задач з математичного моделювання, проведення комп'ютерних експериментів, візуалізації результатів.
2. Провести комп'ютерний експеримент за заданою темою, отримати і проаналізувати результати, зробити висновки.

1. Тематичний план вибіркової навчальної дисципліни.

Розділ 1. Задачі моделювання процесів, пов'язаних із випадковістю

Тема 1. Перколяція

Формулювання задачі про перколяцію на квадратній решітці. Візуалізація. Проведення комп'ютерного експерименту для знаходження порогу перколяції.

Тема 2. Випадкові блукання

Одновимірні випадкові блукання. Моделювання задачі про розорення гравця, задачі про балотування. Проведення комп'ютерного експерименту для дослідження тривалості лідерства. Візуалізація.

Тема 3. Задача з теорії масового обслуговування

Формулювання задачі про балансування навантаження. Проведення комп'ютерного експерименту для дослідження ефективності методу «вибору з двох».

Розділ 2. Математичні моделі, які описуються диференціальними рівняннями

Тема 4. Одновимірні і двовимірні неперервні моделі

Задачі, що приводять до одновимірних і двовимірних моделей: динаміка популяцій, коливання маятника.

Тема 5. Якісна поведінка: нерухомі точки, граничні цикли, біфуркації

Фазові портрети. Фазові портрети лінійних двовимірних систем. Фазові портрети нелінійних систем в околі точок спокою. Нелінійні моделі. Біфуркації. Граничні цикли. Атрактор Лоренца: хаотична поведінка.

Розділ 3. Математичні моделі, які описуються різницевиими рівняннями

Тема 6. Дискретні моделі і хаос

Різницеві рівняння і хаотична поведінка. Біфуркації. Візуалізація хаосу: павутинні діаграми. Біфуркаційна діаграма. Відображення подвоєння кута, його властивості (хаотичність) і зв'язок з логістичним відображенням.

Тема 7. Фрактали

Фрактали, їх властивості і візуалізація. Функції комплексної змінної і фрактали: множина Мандельброта, множина Жюліа. Фрактали Ляпунова. Басейни Ньютона.

2. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	у тому числі			
		л	п	лаб	інд

1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Задачі моделювання процесів, пов'язаних із випадковістю						
Тема 1. Перколяція	11	2	3			6
Тема 2. Випадкові блукання	15	4	3			8
Тема 3. Задача з теорії масового обслуговування	6	2	2			2
Разом за розділом 1	32	8	8			16
Розділ 2. Математичні моделі, які описуються диференціальними рівняннями						
Тема 4. Одновимірні і двовимірні неперервні моделі	24	6	6			12
Тема 5. Якісна поведінка: нерухомі точки, граничні цикли, біфуркації	26	8	6			12
Контрольна робота	2		2			
Разом за розділом 2	52	14	14			24
Розділ 3. Математичні моделі, які описуються різницевиими рівняннями						
Тема 6. Дискретні моделі і хаос	16	4	4			8
Тема 7. Фрактали	20	6	6			8
Разом за розділом 3	36	10	10			16
Усього годин	120	32	32			56

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Візуалізація перколяції та проведення комп'ютерного експерименту. Дослідження порогу перколяції	3
2	Візуалізація випадкових блукань: побудова графіків. Проведення комп'ютерних експериментів щодо тривалості лідерства	3
3	Дослідження ефективності методу «вибір з двох»	2
4	Одновимірні моделі, що приводять до диференціальних рівнянь, логістичне рівняння. Побудова інтегральних кривих	2
5	Модель Лотки-Вольтерра, побудова фазового портрету	2
6	Коливання маятника, фазовий портрет.	2
7	Фазові портрети лінійних двовимірних систем	2
8	Фазові портрети нелінійних двовимірних систем. Лінеаризація. Біфуркації	2
9	Граничні цикли, приклади. Анімація	2
10	Контрольна робота	2
11	Одновимірне різницеве рівняння: павутинна діаграма, цикли, виникнення хаосу.	4
12	Квадратичне відображення комплексної змінної. Множина Мандельброта, множина Жюліа	2
12	Басейни Ньютона	2
13	Фрактали Ляпунова	2
Разом		32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Виконання домашніх завдань з тем розділу 1	16

2	Виконання домашніх завдань з тем розділу 2	24
3	Виконання домашніх завдань з тем розділу 3	16
	Разом	56

6. Індивідуальне завдання

Не передбачено.

7. Методи навчання

- При викладенні теоретичного матеріалу використовується пояснювально-ілюстративний метод і метод проблемного викладення.
- На практичних заняттях при створенні комп'ютерних програм і проведенні комп'ютерних експериментів використовуються частково-пошуковий і дослідницький методи навчання.

8. Методи контролю

- Поточне опитування
- Перевірка виконання домашніх завдань
- Перевірка контрольної роботи
- Перевірка залікової роботи

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Залікова робота	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	Контрольна робота	Разом		
15	15	15	15	60	40	100

Критерії оцінювання навчальних досягнень

За кожне практичне заняття (активна робота на занятті та виконання домашнього завдання) можна отримати 3 бали. Оцінка за поточний контроль формується як сума оцінок за всі заняття. Якщо заняття пропущене, домашнє завдання має бути виконане.

Контрольна робота складається з двох задач:

а) намалювати фазові портрети двох двовимірних систем, які містять параметр; знайти біфуркаційні значення параметра і дослідити, як змінюється фазовий портрет при переході параметра через ці значення;

б) намалювати фазовий портрет двовимірної системи, поданої в полярних координатах; дослідити систему на існування граничного циклу.

Для побудови фазових портретів слід використати Python (бібліотеки NumPy, SciPy та Matplotlib). До рисунків слід обов'язково додати детальні пояснення.

Перша задача оцінюється у 8 балів, друга – у 7 балів.

Якщо пояснення відсутні, але фазові портрети побудовані, за задачу виставляється не більше 4 балів.

Якщо фазові портрети не побудовані, але наявні пояснення, як вони мають виглядати, за задачу виставляється не більше 5 балів.

Несуттєві неточності не впливають на оцінку.

Залікова робота включає два теоретичних питання зі списку, що надається студентам заздалегідь. До кожного питання слід навести приклади і пояснення, а також відповідну

програму на Python. За кожне з двох питань виставляється оцінка 0-20 балів з урахуванням правильності і повноти відповіді.

Критерії оцінювання:

- Надане повне пояснення щодо питання, наведені приклади – 20 балів.
- Пояснення часткові, відповідь містить одну-дві несуттєві помилки – 15-19 балів.
- Відповідь містить суттєві помилки, але є частково правильною – 9-14 балів.
- Наведені лише приклади або окремі міркування – 5-8 балів.
- Роботу лише розпочато – 1-4 бали.
- У разі виявлення академічної недоброчесності в роботі (списування) бал знижується; якщо робота списана, то виставляється 0 балів.
- Якщо до завдання не наведено програму, від оцінки віднімається 5 балів.

Вимоги до програми на Python: програма обов'язково має містити коментарі або пояснення мають бути додані до тексту програми.

Шкала оцінювання: *дворівнева*

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
50-100	зараховано
1-49	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Махней О. В. Математичне моделювання: навчальний посібник. Івано-Франківськ, 2015.
2. Хусаїнов Д. Я., Харченко І. І., Шатирко А. В. Введення в моделювання динамічних систем: навчальний посібник. Київ, 2010.
3. Мізюк О. Путівник мовою програмування Python
<https://pythonguide.rozh2sch.org.ua/>

Допоміжна література

1. Goodrich M. T., Tamassia R., Goldwasser M. H., Data Structures and Algorithms in Python. 2013.
2. Bliss K.M., Fowler K.R., Galuzzo B.J. Math modeling: getting started and getting solutions. SIAM, 2014.
3. D. Kaplan, L. Glass. Understanding nonlinear dynamics. Springer, 1995.
4. Костецька В.В., Кізілова Н.М. Математичне моделювання динаміки пандемії COVID-19 // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління», вип. 48, 2020. – 65-71.
<https://periodicals.karazin.ua/mia/article/view/17031>

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. SciPy Lecture Notes, 2017 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://scipy-lectures.org/>
2. The Python Tutorial [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>

3. www.python.org
4. <http://www.pythontutor.com>