

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Кафедра оптимального керування та економічної кібернетики



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

« 01 » вересня 20 23 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВВ08 «Алгоритми та методи обчислень»

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	123 Комп'ютерна інженерія
Освітньо-професійна програма	Комп'ютерна інженерія

Робоча програма навчальної дисципліни «Алгоритми та методи обчислень». – Одеса: ОНУ, 2023.

Розробники:

Таїрова Марія Сергіївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри оптимального керування і економічної кібернетики.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № 1 від. “ 31 ” серпня 2023 р.

Завідувач кафедри



Ольга КІЧМАРЕНКО

Погоджено із гарантом ОПП/ОНП Комп’ютерна інженерія



Людмила ВОЛОЩУК

(Ім’я ПРІЗВИЩЕ)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від. “ 31 ” серпня 2023 р.

Голова НМК



Євген СТРАХОВ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № від. “ ” 20 р.

Завідувач кафедри

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № від. “ ” 20 р.

Завідувач кафедри

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	<i>заочна форма навчання</i>
Загальна кількість: кредитів – 4 годин – 120 змістових модулів – 4	Галузь знань 12 Інформаційні технології Спеціальність <u>123 Комп'ютерна інженерія</u> Спеціалізації: бакалавр з комп'ютерної інженерії Рівень вищої освіти: <u>бакалавр</u>	за вибором (ВНЗ/студента)	
		<i>Рік підготовки:</i>	
		2-й	-й
		<i>Семестр</i>	
		4-й	-й
		<i>Лекції</i>	
		34 год.	12 год.
		<i>Практичні, семінарські</i>	
		0 год.	0 год.
		<i>Лабораторні</i>	
		18 год.	8 год.
		<i>Самостійна робота</i>	
		68 год.	100 год.
		Форма підсумкового контролю: іспит	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: ознайомити студентів з основними розділами числового аналізу та його застосувань

Завдання :

1. Ознайомити студентів з основними методами розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь;
2. Ознайомити студентів з основними числовими методами розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь;
3. Ознайомити студентів з основами методів розв'язання крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь;
4. Ознайомити студентів з основами методів розв'язання крайових задач для рівнянь з частинними похідними;
5. Ознайомити студентів з основними числовими методами розв'язування інтегральних рівнянь.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних компетентностей:

- Z1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- Z2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- Z3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Z4. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- Z6. Навички міжособистісної взаємодії.
- Z7. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- Z12. Здатність застосовувати базові знання з фундаментальної та прикладної математики в професійній діяльності.
- P2. Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.
- P11. Здатність оформляти отримані робочі результати у вигляді презентацій, науково-технічних звітів.
- P15. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення.

Очікувані результати навчання. В результаті вивчення дисципліни здобувач повинен знати:

1. Методи розв'язання СЛАР;
2. Методи розв'язання задачі Коші;
3. Методи розв'язання крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь з частинними похідними;
4. Методи розв'язання інтегральних рівнянь.

вміти:

1. вибирати числовий метод розв'язку даної математичної задачі;
2. оцінювати точність отриманого числового розв'язку;
3. Вміти використати сучасні пакети прикладних програм для розв'язку задач числовими методами.

Це відповідає таким програмним результатам навчання:

N2. Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.

N3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.

NM1. Знати математичний аналіз, диференціальні рівняння, лінійну алгебру та аналітичну геометрію в обсязі, необхідному для розробки та використання комп'ютерних засобів, систем та мереж.

NM2. Застосовувати знання фундаментальних і природничих наук для розв'язання задач комп'ютерної інженерії.

NM3. Застосовувати закономірності випадкових явищ, ймовірнісно-статистичні методи, основи теорії чисельних методів та сучасні методи дискретної математики для аналізу і синтезу складних систем, методик кількісної оцінки інформації і створення коригуючих кодів при розв'язанні прикладних і наукових завдань в області комп'ютерної інженерії.

N16. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення.

N19. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення. N20. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення. N21. Якісно виконувати роботу та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Прямі методи розв'язання СЛАР

Тема 1. Основи обчислень в арифметиці з плаваючою точкою.

Система чисел з плаваючою точкою. Зображення дійсних чисел числами з плаваючою точкою. Похибки зображення дійсного числа числом з плаваючою точкою. Арифметичні операції в системі чисел з плаваючою точкою. Віднімання близьких чисел. IEEE стандарт комп'ютерної арифметики. Стійкі та нестійкі алгоритми. Майже некоректні, або погано обумовлені задачі.

Тема 2. Прямі методи розв'язку систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР).

Теорема про LU-розкладання матриці. Матриця вилучення. Метод Гауса. Алгоритм LU-розкладання матриці. Число обумовленості матриці. Числова нестійкість метода Гауса (LU-розкладання матриці) в арифметиці з плаваючою точкою. Матриці переставлення. PLU-розкладання невинороженої матриці. Метод Гауса з частковим (повним) вибором головного елемента. Алгоритм метода Гауса з частковим вибором головного елемента. Додатно визначені матриці та їх властивості. Розкладання Холеського симетричної додатно визначеної матриці. Стійкість розкладання Холеського в арифметиці з плаваючою точкою. Ітераційне уточнення. Масштабування рівнянь та невідомих.

Тема 3. Лінійна задача найменших квадратів (ЛЗНК).

Перевизначена СЛАР та ЛЗНК. Розв'язання ЛЗНК за допомогою нормальних рівнянь. Розв'язок ЛЗНК за допомогою QR-розкладання. Розв'язок ЛЗНК за допомогою SVD-розкладання.

Змістовий модуль 2. Ітераційні методи алгебри

Тема 4. Ітераційні методи розв'язування СЛАР

Класичні ітераційні методи.

Метод простої ітерації. Проста ітерація з оптимальним вибором параметра. Показник збіжності ітераційного процесу. Метод Зейделя.

Ітераційні методи підпросторів Крилова.

Алгоритм Ланцоша побудови ОНБ підпростору Крилова симетричної матриці. Метод спряжених градієнтів (CG).

Тема 5. Числові методи розв'язування спектральних задач

Степеневий метод знаходження максимального за модулем власного значення. Зворотна ітерація знаходження мінімального за модулем власного значення. Вичерпування

відніманням. Роль зсуву у частковій проблемі власних значень. Метод обертань розв'язання повної проблеми власних значень.

Тема 6. Методи розв'язку нелінійних рівнянь і систем.

Задача відділення коренів нелінійного рівняння. Метод бісекції. Метод ітерації. Метод Ньютона. Метод січних (хорд). Метод Мюллера (парабол).

Змістовий модуль 3. Числові методи аналізу

Тема 7. Інтерполяція функцій.

Існування й єдиність розв'язку задачі інтерполяції функції багаточленами. Інтерполяційний багаточлен Лагранжа. Залишковий член інтерполяційного багаточлена. Розділені різниці і їх властивості. Інтерполяційний багаточлен Ньютона. Інтерполяційний багаточлен Ерміта.

Тема 8. Числове диференціювання.

Побудова формул числового диференціювання шляхом диференціювання інтерполяційного багаточлена. Обчислювальна похибка формул числового диференціювання.

Тема 9. Наближення функцій сплайнами.

Глобальний інтерполяційний кубічний сплайн. Базисний лагранжевий сплайн 1-ї степені. Базисний ермітовий сплайн 3-ї степені.

Тема 10. Найкраще середньоквадратичне наближення функцій і метод найменших квадратів

Метод найменших квадратів і апроксимація функцій. Узагальнені багаточлени найкращих середньоквадратичних наближень функцій (безперервний і дискретний випадки). Нормальна система МНК при поліноміальній апроксимації.

Тема 11. Числове інтегрування.

Квадратурні формули Ньютона-Котеса (прямокутників, трапеції, Сімпсона). Складені квадратурні формули Ньютона-Котеса (прямокутників, трапеції, Сімпсона). Головний член похибки квадратурної формули. Принцип Рунге практичної оцінки похибки числового інтегрування.

Змістовий модуль 4. Числові методи диференціальних рівнянь

Тема 12. Числові методи розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь

Метод Ейлера. Метод Хойна. Метод середньої точки. Методи Рунге-Кута довільного порядку точності. Метод Рунге-Кута 4-го порядку точності. Принцип Рунге для формул Рунге-Кута.

Тема 13. Числові методи розв'язання крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь.

Скінченно-різницева задача для задачі Діріхле. Збіжність розв'язку скінченно-різницевої задачі. Способи підвищення точності апроксимації крайових умов.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усьог	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		о	л	п	лаб.	і н д р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Прямі методи розв'язання СЛАР												
Тема 1. Основи обчислень в арифметиці	3	2				1	3					3

з плаваючою точкою.												
Тема 2. Прямі методи розв'язку систем лінійних алгебраїчних рівнянь	8	3	2		3	8	2		2			4
Тема 3. Лінійна задача найменших квадратів	9	3	2		4	9						9
Разом за змістовим модулем 1	20	8	4		8	20	2		2			16
Змістовий модуль 2. Ітераційні методи алгебри												
Тема 4. Ітераційні методи розв'язування СЛАР	10	2	2		6	10	2					8
Тема 5. Числові методи розв'язування спектральних задач	11	3	2		6	11	2					9
Тема 6. Методи розв'язку нелінійних рівнянь і систем.	11	3	2		6	11			2			9
Разом за змістовим модулем 2	32	8	6		18	32	4		2			26
Змістовий модуль 3. Числові методи аналізу												
Тема 7. Інтерполяція функцій.	10	2	2		6	10	1					9
Тема 8. Числове диференціювання.	8	2			6	8	1					7
Тема 9. Наближення функцій сплайнами.	10	2	2		6	10			2			8
Тема 10. Найкраще середньоквадратичне наближення функцій і метод найменших квадратів	8	2			6	8	1					7
Тема 11. Числове інтегрування.	10	2	2		6	10	1					9
Разом за змістовим модулем 3	46	10	6		30	46	4		2			40
Змістовий модуль 4. Числові методи диференціальних рівнянь												
Тема 12. Числові методи розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь	12	4	2		6	12	1		2			9
Тема 13. Числові	10				6	10	1					9

методи розв'язання крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь.		4									
Разом за змістовим модулем 4	22	8	2		12	22	2		2		18
Усього за курс	120	34	18		68	120	12		8		100

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені.

7. Теми лабораторних занять

Теми лабораторних занять		Кільк. Год. Очн/заочн
Змістовий модуль 1		
1	LU-розкладання матриці та метод Гауса	2
2	Лінійна задача найменших квадратів	2
Змістовий модуль 2		
3	Метод простої ітерації	2
4	Степеневий метод та метод зворотної ітерації	2
5	Метод ітерації та метод Ньютона розв'язування нелінійних рівнянь.	2
Змістовий модуль 3		
6	Інтерполяційний багаточлен Лагранжа, Ньютона та Ерміта	2
7	Інтерполяція функцій сплайнами	2
9	Квадратурні формули Ньютона-Котеса. Принцип Рунге.	2
Змістовий модуль 4		
9	Методи Рунге-Кути	2
	Разом	18

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми / види завдань	Кількість Годин Очн/заочн
Змістовий модуль 1		
1	Основи обчислень в арифметиці з плаваючою точкою / підготовка до лекції та лабораторної роботи	1
2	Прямі методи розв'язку систем лінійних алгебраїчних рівнянь / підготовка до лекції та лабораторної роботи	3
3	Лінійна задача найменших квадратів / підготовка до лекції та лабораторної роботи	4
Змістовий модуль 2		

4	Ітераційні методи розв'язування СЛАР / підготовка до лекції та лабораторної роботи	6
5	Числові методи розв'язування спектральних задач / підготовка до лекції та лабораторної роботи	6
6	Методи розв'язку нелінійних рівнянь і систем. / підготовка до лекції та лабораторної роботи	6
Змістовий модуль 3		
7	Інтерполяція функцій. / підготовка до лекції та лабораторної роботи	6
8	Числове диференціювання / підготовка до лекції та лабораторної роботи	6
9	Наближення функцій сплайнами / підготовка до лекції та лабораторної роботи	6
10	Найкраще середньоквадратичне наближення функцій і метод найменших квадратів / підготовка до лекції та лабораторної роботи	6
11	Числове інтегрування. / підготовка до лекції та лабораторної роботи	6
Змістовий модуль 4		
12	Числові методи розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь / підготовка до лекції та лабораторної роботи	6
13	Числові методи розв'язання крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь. / підготовка до лекції та лабораторної роботи	6
	Разом	68

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма та силабус навчальної дисципліни; навчально-методичні матеріали для лекцій; інтерактивні конспекти лекцій; мультимедійні презентації.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи:

- своєчасність виконання;
- добросовісність та коректність у представленні коду та висновків (у разі доведеного плагіату бали за роботу анулюються);
- повнота, грамотність і коректність розкриття основних положень;
- творчий підхід до постановки і реалізації завдання;
- відповідність формальним критеріям (структура, послідовність, логічність, мовна грамотність, якість оформлення тощо).
- вміння застосовувати теоретичні знання для розв'язання практичних задач.

9. Методи навчання

- Метод проблемного викладення (наукового пошуку).
- Пояснювально-ілюстративні методи: лекція, пояснення, самостійне

опрацювання літературних джерел, робота з електронними конспектами лекцій та презентаціями, опрацювання наукових публікацій.

- Наочні методи (презентації, ілюстрації).
- Репродуктивні методи: розв'язування задач за алгоритмами конкретних методів, практичні роботи.
- Дослідницький метод.
- Методи формування і стимулювання пізнавальної діяльності: навчальні дискусії.

10. Форми контролю і методи оцінювання

- Методи усного контролю: усне поточне опитування під час лекції, індивідуальне усне опитування під час захисту лабораторної роботи.
- Методи письмового контролю: поточні лабораторні роботи, онлайн-курси.

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:

Оцінка за національною шкалою та відсоток від максимальної кількості балів	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	
зараховано (90-100% від максимальної кількості балів)	у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.	глибоко та всебічно розкриває сутність практичних/розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі.
зараховано (75-89% від максимальної кількості балів)	достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки.	правильно вирішив більшість розрахункових /тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання
зараховано (60-74% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має

ї кількості балів)	елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.
не зараховано (35-59% від максимально ї кількості балів)	володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вмє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді допускаються суттєві помилки	недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички.
не зараховано (0-34% від максимально ї кількості балів)	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

Примітка: максимальна кількість балів за кожною темою вказана в п.12.
 Форма підсумкового контролю – іспит.

11. Питання для поточного та періодичного контролю

Числові методи алгебри

1. Система чисел с плаваючою точкою. Зображення дійсних чисел числами с плаваючою точкою.
2. Похибки зображення дійсного числа числом с плаваючою точкою. Арифметичні операції в системі чисел з плаваючою точкою. Віднімання близьких чисел.
3. IEEE стандарт комп'ютерної арифметики.
4. Стійкі та нестійкі алгоритми. Майже некоректні, або погано обумовлені задачі.
5. Теорема про LU-розкладання матриці.
6. Метод Гауса.
7. Число обумовленості матриці.
8. Числова нестійкість метода Гауса (LU-розкладання матриці) в арифметиці з плаваючою точкою.
9. PLU-розкладання невиродженої матриці
10. Метод Гауса з частковим вибором головного елемента.
11. Додатно визначені матриці та їх властивості.
12. Розкладання Холеського симетричної додатно визначеної матриці.
13. Стійкість розкладання Холеського в арифметиці з плаваючою точкою.

14. Ітераційне уточнення.
15. Масштабування рівнянь та невідомих.
16. Перевизначена СЛАР та ЛЗНК.
17. Розв'язання ЛЗНК за допомогою нормальних рівнянь.
18. Розв'язок ЛЗНК за допомогою QR-розкладання.
19. Розв'язок ЛЗНК за допомогою SVD-розкладання.
20. Обумовленість ЛЗНК.
21. Метод простої ітерації.
22. Достатні умови збіжності простої ітерації.
23. Коефіцієнт і показник збіжності ітераційного процесу.
24. Проста ітерація з оптимальним вибором параметра.
25. Показник збіжності простої ітерації з оптимальним вибором параметра.
26. Метод Зейделя.
27. Багаточлени Чебишева та їх властивості.
28. Метод Річардсона.
29. Підпростори Крилова.
30. Метод спряжених градієнтів (CG)
31. Степеневий метод знаходження максимального за модулем власного значення.
32. Зворотна ітерація знаходження мінімального за модулем власного значення.
33. Вичерпування відніманням.
34. Роль зсуву у частковій проблемі власних значень, знаходження максимального, мінімального або найближчого до заданого числа власного значення.
35. Метод обертань розв'язку повної проблеми власних значень.
36. Задача відділення коренів нелінійного рівняння. Метод бісекції. Метод ітерації.
37. Метод Ньютона.
38. Метод січних (хорд).

Числові методи аналізу й диференціальних рівнянь

39. Існування й єдиність розв'язку задачі інтерполяції функції багаточленами.
40. Інтерполяційний багаточлен Лагранжа. Залишковий член інтерполяційного багаточлена.
41. Поділені різниці і їх властивості. Інтерполяційний багаточлен Ньютона. Інтерполяційний багаточлен Ерміта. Залишковий член формули Ерміта.
42. Обчислювальна похибка формул числового диференціювання.
43. Глобальний інтерполяційний кубічний сплайн.
44. Базисний лагранжевий сплайн 1-ї степені.
45. Базисний ермітовий сплайн 3-ї степені.
46. Метод найменших квадратів і апроксимація функцій.
47. Узагальнені багаточлени найкращих середньоквадратичних наближень функцій (безперервний і дискретний випадки).
48. Квадратурні формули Ньютона-Котеса (прямокутників, трапеції, Сімпсона).
49. Складені квадратурні формули Ньютона-Котеса (прямокутників, трапеції, Сімпсона). Головний член похибки квадратурної формули.
50. Принцип Рунге практичної оцінки похибки числового інтегрування.
51. Метод Ейлера. Метод Хойна. Метод середньої точки.
52. Методи Рунге-Кута довільного порядку точності.
53. Метод Рунге-Кута 4-го порядку точності.
54. Принцип Рунге для формул Рунге-Кута.
55. Багатокрокові методи Адамса (явні та неявні).
56. Скінченно-різницева задача для задачі Діріхле. Збіжність розв'язку скінченно-різницевої задачі.
57. Способи підвищення точності апроксимації крайових умов.

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі.

Поточне тестування та самостійна робота						Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			
T1	T2	T3	T4	T5	T6	40
5	5	5	5	10	10	

Поточне тестування та самостійна робота							Підсумковий контроль (іспит)	Сума
Змістовий модуль 3					Змістовий модуль 4			
T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	20	100
5	5	5	5	5	5	10		

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90–100	A	відмінно	зараховано
85–89	B	добре	
75–84	C		
70–74	D	задовільно	
60–69	E		
35–59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Навчально-методичне забезпечення

1. Таїрова М. С., Журавльова З. Ю. Елементи теорії похибок та наближення функцій: методичні вказівки та варіанти завдань для контрольних і самостійних робіт / Таїрова М. С., Журавльова З. Ю. – Одеса: «Одеський національний університет імені І. І. Мечникова», 2015. – 78 с.
2. Таїрова М. С., Журавльова З. Ю. Чисельне інтегрування, диференціювання та розв'язання задачі Коші: методичні вказівки та варіанти завдань для контрольних і самостійних робіт / Таїрова М. С., Журавльова З. Ю. – Одеса: «Одеський національний університет імені І. І. Мечникова», 2018. – 42 с.
3. Таїрова М. С., Журавльова З. Ю. Чисельні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь: методичні вказівки та варіанти завдань для контрольних і самостійних робіт з дисципліни «Методи обчислень» / М. С. Таїрова, З. Ю. Журавльова. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. – 82 с.
4. Таїрова М. С., Журавльова З. Ю. Мова програмування Python для наукових обчислень Частина 1 з дисципліни «Програмні засоби наукових обчислень» / М. С. Таїрова, З. Ю. Журавльова. – Одеса: Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2021. – 220 с.

14. Рекомендована література

Основна

1. Вербіцький В.В., Реут В.В. Введення в чисельні методи аналізу і диференціальних рівнянь: навчальний посібник / Одеса: Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, 2018. 116 с.
2. Цегелик Г.Г. Чисельні методи / Львів: Світ, 2005.
3. Beilina L., Karchevskii E., Karchevskii M. Numerical linear algebra : theory and applications / Springer, 2017. 457 p.
4. Luche T. Numerical linear algebra and matrix factorizations / Springer, 2020. 376 p.
5. Epperson J. F. An Introduction to Numerical Methods and Analysis : Third edition / John Wiley & Sons Inc., 2021. 286 p.
6. Gupta R. K. Numerical methods. Fundamentals and applications / Cambridge University Press, 2019. 830 p.

Додаткова.

1. Higham Nicholas J., Functions of Matrices: Theory and Computation / SIAM, 2008.
2. Higham Nicholas J., Accuracy and Stability of Numerical Algorithms. Second edition / SIAM, 2002.
3. Dahlquist G., Bjorck A. Numerical Methods in Scientific Computing. Volume I / SIAM, 2007.
4. Dahlquist G., Bjorck A. Numerical Methods in Scientific Computing. Volume II / SIAM, 2007.
5. Quarteroni G. and others. Numerical Mathematics / Berlin:Springer, 2001.

Електронні інформаційні ресурси

1. <http://nbuv.gov.ua/> – Сайт Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського.
2. <http://www.dnrb.gov.ua/> – Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського.
3. <http://onu.edu.ua/> – Сайт бібліотеки ОНУ імені І. І. Мечникова.
4. <http://odnb.odessa.ua/> – Сайт Одеської національної наукової бібліотеки.
5. <http://korolenko.kharkov.com/> – Сайт Харківської державної наукової бібліотеки імені В.Г. Короленка.
6. <https://www.imath.kiev.ua/> – Сайт Інституту математики НАН України.
7. <https://umj.imath.kiev.ua/> – Український математичний журнал.
8. <http://www.ams.org/publications/math-reviews/math-reviews> – реферативний математичний журнал, що видається AMS.
9. <http://netlib.org> – Netlib is a collection of mathematical software, papers, and databases.