

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики та інформатики

(назва інституту / факультету)

Кафедра Прикладної математики та інформаційних технологій

(назва кафедри)

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

Обчислювальні методи

(назва навчальної дисципліни)

Обов'язкова навчальна дисципліна

(вказати: обов'язкова / вибіркова)

Освітньо-професійна програма Інформаційні технології та управління проектами,
Системний аналіз

(назва програми)

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки, 124 – Системний аналіз

(вказати: код, назва)

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(вказати: перший бакалаврський/другий магістерський)

Факультет математики та інформатики

(назва факультету/інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

Мова навчання українська

(вказати: на якій мові читається дисципліна)

Розробник: Бігун Ярослав Йосипович, професор каф. ПМІТ., доктор. фіз.-мат. наук,
професор

(П.І.Б. авторів, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Профайл викладача: <https://amit.chnu.edu.ua/pro-kafedru/personalii/bihun-yaroslav-yosypovych/>

Контактний тел.: (0372) 58-48-57

E-mail: y.bihun@chnu.edu.ua

В Google Classroom:

<https://classroom.google.com/c/NjYxOTM0NDUzMDYy>

Сторінка курсу в Moodle: <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=3286>

Консультації: Онлайн-консультації: в середовищі Google Meet (вівторок з 15-00 до 16-00)
Очні консультації: за попередньою домовленістю.

1. Анотація дисципліни

При розв'язуванні прикладних задач і комп'ютерному моделюванні доводиться розв'язувати як лінійні, часто великої розмірності, так і нелінійні задачі. Розв'язки таких задач не отримуються в аналітичному вигляді, тому розв'язок будується наближено за допомогою числових методів. Також важливо провести аналіз отриманих результатів з питань точності, збіжності та стійкості.

Програма дисципліни передбачає вивчення і практичну реалізацію основних числових методів для задач комп'ютерного моделювання.

2. Мета навчальної дисципліни

Забезпечення студентів необхідними теоретичними знаннями і практичними навиками використання числових методів при розв'язуванні та числовому моделюванні сучасних прикладних задач.

Дисципліна формує такі компетентності за ОП:

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ФК4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.

ФК7. Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів.

3. Пререквізити. Лінійна алгебра, математичний аналіз, диференціальні рівняння, програмування,

4. Результати навчання

Завдання курсу:

в результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати** методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь, нелінійних рівнянь і систем, методи інтерполявання і наближення функцій сплайнами, середньоквадратичні наближення і метод найменших квадратів, методи числового диференціювання та інтегрування, числові методи розв'язування інтегральних рівнянь однокрокові й багатокрокові числові методи розв'язування звичайних диференціальних рівнянь з початковими умовами, числові методи розв'язування двоточкових лінійних та нелінійних крайових задач.

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

- основні поняття та твердження з програмного матеріалу курсу, методи та алгоритм розв'язування типових задач;

вміти:

вибирати, модифікувати та застосовувати числові методи для розв'язування математичних задач, будувати для них обчислювальні алгоритми, аналізувати точність проведення обчислень та досліджувати на стійкість, здійснювати програмну реалізацію числових методів та проводити аналіз одержаних результатів.

Наведені результати навчання за відповідною дисципліною співвідносяться із такими **програмами результатами навчання:**

ПРН6. Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів.

ПРН17. Виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення.

3. Опис навчальної дисципліни

3.1. Загальна інформація

Найменування показників	Галузь знань, ступінь вищої освіти, спеціальність	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 12 – Інформаційні технології (шифр і назва)	<u>Обов’язкова навчальна дисципліна</u>
Змістових модулів – 3	Спеціальності: 122 – Комп’ютерні науки, 124 – Системний аналіз	Рік підготовки:
Індивідуальне науково-дослідне завдання (назва)		2 - й
Загальна кількість годин - 120		Семестр
		4-й
		Лекції
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 4	Ступінь вищої освіти,: Бакалавр	30 год.
		Лабораторні
		30 год.
		Самостійна робота
		60 год.
		Індивідуальні завдання:
		Вид контролю: екзамен - 6-й сем.

3.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовний модуль 1. Елементи комп'ютерної арифметики та методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь						
Тема 1. Елементи теорії похибок і комп'ютерної арифметики	8	2		2		4
Тема 2. Прямі методи розв'язування систем лінійних рівнянь	11	4		3		4
Тема 3. Ітераційні методи розв'язування систем лінійних рівнянь	10	3		3		4
Разом за змістовим модулем 1	29	9		8		12

Змістовий модуль 2. Ітераційні методи розв'язування нелінійних рівнянь та систем						
Тема 4. Ітераційні методи розв'язування нелінійних рівнянь та систем	12	3		3		6
Тема 5. Ітераційні методи розв'язування систем нелінійних рівнянь	9	2		3		4
Разом за змістовим модулем 2	21	5		6		10
Змістовий модуль 3. Наближення функцій і числове інтегрування						
Тема 6. Інтерполювання та середньоквадратичні наближення	13	4		3		6
Тема 7. Числове інтегрування та його застосування до розв'язування інтегральних рівнянь	16	3		3		10
Разом за змістовим модулем 3.	29	7		6		16
Змістовий модуль 4. Числові методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь						
Тема 8. Однокрокові та багатокрокові методи числового розв'язування задачі Коші	23	5		6		12
Тема 9. Різницеві методи розв'язування лінійних та нелінійних двоточкових крайових задач	18	4		4		10
Разом за змістовим модулем 4	41	9		10		22
Усього годин за 2-й семестр	120	30		30		60

3.4. Теоретичний зміст програми навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Елементи комп'ютерної арифметики та методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь та нелінійних рівнянь

- 1.1. Абсолютна та відносна похибки. Похибка функції та арифметичних операцій. Заокруглення чисел, способи заокруглення. Особливості машинної арифметики для систем із плаваючою крапкою.
- 1.2. Метод Гауса та його модифікації. Метод квадратного кореня. Методи прогонки для СЛАР із тридіагональною матрицею. Огляд прямих методів для систем із квадратною матрицею.
- 1.3. Міра обумовленості матриці та її властивості. Оцінка похибки розв'язку СЛАР при збуренні правої частини.

Змістовий модуль 2. Ітераційні методи розв'язування нелінійних рівнянь та систем

- 2.1. Канонічна форма однокрокових ітераційних методів. Метод простої ітерації та Зейделя, достатні та необхідні і достатня умови збіжності та оцінка похибки методів.
- 2.2. Локалізація коренів нелінійних рівнянь та швидкість збіжності ітераційних методів. Метод поділу відрізка. Метод хорд і парабол. Метод простої ітерації: схема, збіжність. Метод Ньютона, умови і швидкість збіжності. Модифікації методу Ньютона. Метод січних.
- 2.3. Розв'язування систем нелінійних рівнянь ітераційними методами простої ітерації та Ньютона.
- 2.4. Нелінійний метод Якобі та Зейделя.

Змістовий модуль 3. Наближення функцій та числове інтегрування

- 3.1. Інтерполяційний многочлен у формі Лагранжа, оцінка похибки інтерполювання. Поділені різниці та їх властивості. Інтерполяційний многочлен у формі Ньютона.

- 3.2. Лінійні інтерполяційні сплайни, оцінка залишкового члена та збіжність. Кубічні інтерполяційні сплайни: означення, алгоритм побудови, оцінка похибки та екстремальні властивості.
- 3.3. Елемент найкращого середньоквадратичного наближення. Метод найменших квадратів.
- 3.4. Інтерполяційні квадратурні формули та їх похибки. Квадратурні формули Ньютона-Котеса. Властивості коефіцієнтів. Проста і складена квадратурні формули трапецій, Сімпсона і Ньютона та їх похибки.
- 3.5. Поняття про квадратурні формули найвищого алгебраїчного степеня точності.
- 3.6. Застосування квадратурних формул для числового розв'язування інтегральних рівнянь Вольтерра і Фредгольма.

Змістовий модуль 4. Числові методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь

- 4.1. Формули числового диференціювання для першої і другої похідної.
- 4.2. Явний та неявний методи Ейлера. Загальна схема явних методів Рунге-Кутти. Методи 2 порядку точності та 3 і 4 порядку точності. Методи Рунге-Кутти для систем диференціальних рівнянь. Аналіз похибки в однокрокових методах. Правило Рунге.
- 4.3. Багатокрокові методи. Різницеві схеми Адамса. Стійкість різницевих схем, область стійкості. Умова коренів.
- 4.4. Різницева схема для лінійної крайової задачі, похибка апроксимації. Поняття про стійкість різницевої схеми. Збіжність різницевої схеми, теорема Лакса.
- 4.5. Різницевої схеми для нелінійної двоточної крайової задачі. Знаходження розв'язку різницевої схеми методом Ньютона.

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Елементи комп'ютерної арифметики	2
2	Прямі та ітераційні методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь	6
3	Числові методи розв'язування нелінійних рівнянь та систем	6
4	Наближення функцій (інтерполювання, середньоквадратичні наближення)	3
5	Числове інтегрування	3
6	Однокрокові та багатокрокові методи числового розв'язування задачі Коші для ЗДР	6
7	Числові методи розв'язування крайових задач для лінійних ЗДР	4
	Разом	30

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Елементи теорії похибок і комп'ютерної арифметики	4
2	Прямі методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь	4
3	Ітераційні методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь	4
4	Ітераційні методи розв'язування нелінійних рівнянь	6
5	Ітераційні методи розв'язування систем нелінійних рівнянь	4
6	Інтерполювання та середньоквадратичні наближення	6

7	Числове інтегрування та розв'язування інтегральних рівнянь	10
8	Однокрокові та багатокрокові методи числового розв'язування задачі Коші	12
9	Різницьові методи розв'язування лінійних та нелінійних двоточкових крайових задач	10
	Усього	60

6. Методи навчання

Під час проведення лекцій використовуються пасивний та активний методи навчання. Консультаційна робота. Під час виконання студентами лабораторних робіт використовується активні методи навчання. Проведення модульних контрольних робіт та навчальна робота під час прийому лабораторних робіт.

7. Методи контролю

1. Модульні роботи.
2. Вибіркове опитування на лекційних і лабораторних заняттях.
3. Тестові завдання.
4. Іспит у кінці семестру, який включає 2 теоретичних й 2 практичних завдання.

8. Розподіл балів, які отримують студенти

ЗМ1				ЗМ2			ЗМ3			ЗМ4			Екза- мен	Усь о-го
T1	T2	T3	усього	T4	T5	усього	T6	T7	усього	T8	T9	усього		
6	8	8	22 Пр.-8 Лаб.-14	6	6	12 Пр.-4 Лаб.- 8	7	6	13 Пр.-5 Лаб.- 8	12	11	23 Пр.-8 Лаб.- 15	30 Пр.-25 Лаб.- 45	100

T1, T2 ... T9 – теми змістових модулів; Пр. – практичні; Лаб. – лабораторні роботи.

9. Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C		
60-69	D	задовільно	
50-59	E		
35-49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливіс- тю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язко- вим повторним вивченням дисципліни

10. Методичне забезпечення

1. Електронні лекції.
2. Приклади модульних робіт.
3. Завдання для лабораторних робіт і методичні вказівки для їх виконання
4. Навчальний посібник [1].

11. Рекомендована література

Основна

1. Бігун Я.Й. Числові методи: навч. посібник. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2019. 436 с.
https://drive.google.com/drive/folders/1_A_Qzr5b2v9Y9ZzsPyR_fNDtCmE8klX
2. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи в інформатиці. К.: Видавнича група BHV, 2006. 480 с.
https://drive.google.com/drive/folders/1_A_Qzr5b2v9Y9ZzsPyR_fNDtCmE8klX

Допоміжна

1. Волонтир Л.О, Зелінська О.В., Потапова Н.А., Чіков І.А. Чисельні методи: Навч. Посібник. Вінниця. ВНАУ, 2020. 322 с.
<http://repository.vsau.org/getfile.php/27703.pdf>
2. Задачин В.М., Конюшенко І.Г. Чисельні методи: навч. посібник. Харків. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. 180 с. http://kist.ntu.edu.ua/textPhD/CHM_Zadachin.pdf
3. Програмування числових методів мовою Python: / А.В. Анісімов, А.Ю. Дорошенко, С.Д. Погорілий, Я.Ю. Дорогий. К.: ВПЦ «Київський університет», 2014. 560 с.
4. Шахно С.М., Дудекевич А.Т., Левицька С.М. Практикум з чисельних методів: навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. 432 с.
5. Gautschi W. Numerical analysis. New York, Berlin, London: Springer Dordrecht Heidelberg, 2012. 588 p.
6. Quarteroni A., Sacco R., Saleri F. Numerical Mathematics. New York, Berlin, London: Springer Dordrecht Heidelberg, 2012. 588 p.

Інформаційні ресурси

1. The Runge–Kutta Club [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : <http://www.math.auckland.ac.nz/~butcher/RKclub>
2. Комп'ютерна система Mathematica14 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL : www.wolfram.com/
3. Сторінка MATLAB на сайті The MathWorks [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL : <http://www.mathworks.com/>