

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики
Кафедра обчислювальної математики

Затверджено

На засіданні
кафедри обчислювальної математики
факультету прикладної математики та
інформатики
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 29 серпня 2023 р.)



Завідувач кафедри

Роман ХАПКО

Силабус з навчальної дисципліни
“Ньютонівські методи в нелінійних задачах”,
що викладається в межах ОПП Прикладна математика
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 113 – прикладна математика

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Ньютонівські методи в нелінійних задачах
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра обчислювальної математики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 Математика та статистика 113 Прикладна математика
Викладачі дисципліни	Ярмола Галина Петрівна, доцент кафедри обчислювальної математики
Контактна інформація викладачів	halyna.yarmola@lnu.edu.ua ; https://ami.lnu.edu.ua/employee/yarmola ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 262, 361. м. Львів, вул. Університетська, 1
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю).
Сторінка курсу	http://ami.lnu.edu.ua/course/newtonian-methods-in-nonlinear-problems-informatics
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Ньютонівські методи в нелінійних задачах” є вибірковою дисципліною з спеціальності 113 – прикладна математика для освітньої програми Прикладна математика, яка викладається в 2-му семестрі (3 кредити ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс розроблено таким чином, щоб ознайомити студентів з підходами до побудови чисельних методів для розв’язування різних класів нелінійних задач, аналізом їх збіжності та похибки та роз’яснити нюанси реалізації алгоритмів розглянутих методів.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення вибіркової дисципліни “Ньютонівські методи в нелінійних задачах” є освоєння студентами основ чисельних методів для розв’язування різних нелінійних задач, аналізу збіжності цих методів та принципів програмної реалізації алгоритмів вивчених методів.
Література для вивчення дисципліни	Основна література 1. Argyros I.K., Magrenán Á.A. Iterative Methods and Their Dynamics with Applications: A Contemporary Study. – CRC Press, 2017. – 366 p. 2. Argyros I.K. On the Semi-Local Convergence of Two Competing Sixth Order Methods for Equations in Banach Space/ I.K. Argyros, S. Shakhno, S. Regmi, H. Yarmola // Algorithms. –2023. – 16(1), 2 3. Dennis J.E., Schnabel Robert B. Numerical methods for unconstrained optimization and nonlinear equations. – SIAM, Philadelphia, 1996. 4. Ortega J.M., Poole W.G. An Introduction to Numerical Methods for Differential Equations. – Pitman Publishing. – 329 p.

	<p>5. Ortega J.M., Rheinboldt W.C. Iterative solution of nonlinear equations in several variables. – Academic Press, 1970. – 592 p.</p> <p>6. Shakhno S.M. Convergence of the Newton-Kurchatov method under weak conditions / S.M. Shakhno, Н.Р. Yarmola // Journal of Mathematical Sciences. – 2019. – Vol. 243, №. 1. – P. 1-10.</p> <p>7. Traub J.F. Iterative Methods for the Solution of Equations. – Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1964.</p> <p>8. Григоренко Я.М., Панкратова Н.Д. Обчислювальні методи в задачах прикладної математики: Навч. посібник – К.: Либідь, 1995.</p> <p>9. Шахно С. М. Диференціально-різницьвий метод з апроксимацією оберненого оператора / С.М. Шахно, Г.П. Ярмола // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – 2021. – Випуск 33. – С. 186-190.</p> <p>Допоміжна література:</p> <p>1. More, J.J., Garbow, B.S. and Hillstom, K.E. Testing Unconstrained Optimization Software // ACM Transactions on Mathematical Software. – 1981. – 7. – P.17-41.</p> <p>2. Шахно С.М., Дудикевич А.Т., Левицька С.М. Практикум з чисельних методів. Навчальний посібник. – Видав. центр ЛНУ ім. І.Франка, 2013. – 435 с.</p>
Обсяг курсу	<p>Загальний обсяг: 90 годин (аудиторних занять: 32 год., з них 16 год. лекцій та 16 год. лабораторних робіт; самостійної роботи: 58 год).</p>
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>Знати основні чисельні методи розв’язування:</p> <ul style="list-style-type: none"> – нелінійних рівнянь та систем; – нелінійних задач про найменші квадрати та задач мінімізації; – нелінійних інтегральних та крайових задач. <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> – застосовувати вказані вище методи до розв’язування задач; – реалізовувати (програмно) алгоритми вивчених методів.
Ключові слова	<p>Нелінійне рівняння, похідна Фреше, поділені різниці оператора, метод Ньютона, різницьвий метод, методи з апроксимацією оберненого оператора, методи з декомпозицією оператора, методи для задач безумовної мінімізації, нелінійна задача про найменші квадрати, метод лінеаризації, квазілінійна задача теплопровідності.</p>
Формат курсу	<p>Очний Проведення лекцій, лабораторних занять і консультацій.</p>
Теми	<p>Подано нижче у таблиці Схема курсу «Ньютонівські методи в нелінійних задачах».</p>
Підсумковий контроль, форма	<p>Залік.</p>
Пререквізити	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з</p> <ul style="list-style-type: none"> - алгебри; - чисельних методів розв’язування систем лінійної алгебри; - чисельного диференціювання та інтегрування; - чисельних методів розв’язування лінійних крайових задач; - програмування.

<p>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</p>	<p>Презентації, лекції (лекції-бесіди, лекції-розповіді). Індивідуальні завдання.</p>
<p>Необхідне обладнання</p>	<p>Комп'ютер із необхідним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі.</p>
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Впродовж семестру студент може отримати 100 балів. З них: - за роботу на лабораторних заняттях: максимальна кількість балів – 50 (5 програм (індивідуальні завдання) по 10 балів); - колоквиум (підсумковий тест): максимальна кількість балів – 50. Підсумкова максимальна кількість балів 100. Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом. Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на лабораторних заняттях (індивідуальні завдання) та за колоквиум. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до колоквиуму.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нелінійні задачі: класифікація та характеристика. 2. Поняття похідної Фреше та Гато. Поділені різниці оператора. 3. Методи розв'язування нелінійних задач: класифікація та характеристика. 4. Дослідження збіжності. Локальна та напівлокальна збіжність. Порядок збіжності, область збіжності.

	<p>5. Методи типу Ньютона та їх модифікації. Дослідження збіжності методів.</p> <p>6. Різницеві методи розв'язування нелінійних рівнянь. Дослідження збіжності методів. Оцінки апостеріорної похибки методів.</p> <p>7. Методи вищих порядків: принципи побудови та дослідження збіжності.</p> <p>8. Методи з апроксимацією оберненого оператора: послідовна, паралельна та асинхронна апроксимація.</p> <p>9. Методи з параметрами для розв'язування нелінійних рівнянь.</p> <p>10. Методи розв'язування нелінійних рівнянь з декомпозицією операторами: принципи побудови та дослідження збіжності.</p> <p>11. Методи розв'язування нелінійних задач найменших квадратів. Локальна збіжність методів для задач найменших квадратів.</p> <p>12. Деякі методи безумовної мінімізації функцій багатьох змінних.</p> <p>13. Двопараметричні методи типу хорд для нелінійних інтегральних рівнянь</p> <p>14. Різницевий метод та метод лінеаризації для граничних задач.</p> <p>15. Квазілінійна задача теплопровідності.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу «Ньютонівські методи в нелінійних задачах»

Тиждень	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Тема 1. Нелінійні задачі: класифікація та характеристика. Поняття похідної Фреше та Гато. Поділені різниці оператора. Умови Ліпшиця та Гьольдера. Методи розв'язування нелінійних задач: класифікація та характеристика. Дослідження збіжності. Локальна та напівлокальна збіжність. Порядок та область збіжності.	лекція (2 год.)	[1, 3, 5]	Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.)	1 тиждень
2	Тема 1. Похідна Фреше та поділені різниці оператора. Особливості реалізації алгоритмів методів для розв'язування нелінійних рівнянь. Вибір початкового наближення. <i>(Індивідуальне завдання №1.</i>	лабораторне (2 год.)	[1, 3, 5]	Виконання індивідуального завдання №1 (6 год.)	під час заняття 2 тижні

	<i>Реалізувати метод Ньютона та різницевий метод для розв'язування системи нелінійних рівнянь великої розмірності)</i>				
3	Тема 2. Методи типу Ньютона та різницеві методи розв'язування нелінійних рівнянь. Дослідження збіжності методів. Методи з апроксимацією оберненого оператора.	лекція (2 год.)	[3,5,7]	Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.)	1 тиждень
4	Тема 2. Методи з апроксимацією оберненого оператора. Випадок систем нелінійних рівнянь. Здача індивідуального завдання №1. <i>(Індивідуальне завдання №2. Реалізувати методи з послідовною та паралельною апроксимацією оберненого оператора)</i>	лабораторне (2 год.)	[3,5,7,9]	Виконання індивідуального завдання №2 (6 год.)	під час заняття 2 тижні
5	Тема 3. Методи розв'язування нелінійних рівнянь з декомпозицією оператора: принципи побудови та дослідження збіжності.	лекція (2 год.)	[1, 6]	Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.)	1 тиждень
6	Тема 3. Методи з декомпозицією оператора. Здача індивідуального завдання №2 <i>(Індивідуальне завдання №3. Реалізувати диференціально-різницеві методи)</i>	лабораторне (2 год.)	[1, 6]	Виконання індивідуального завдання №3 (6 год.)	під час заняття 2 тижні
7	Тема 4. Методи розв'язування нелінійних задач найменших квадратів. Деякі методи безумовної мінімізації функцій багатьох змінних.	лекція (2 год.)	[3,5,7]	Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.)	1 тиждень
8	Тема 4. Методи для розв'язування нелінійних задач найменших квадратів. Особливості реалізації алгоритмів. Здача індивідуального завдання №3 <i>(Індивідуальне завдання №4.</i>	лабораторне (2 год.)	[3,5,7]	Виконання індивідуального завдання №4 (6 год.)	під час заняття 2 тижні

	<i>Реалізувати метод Гауса-Ньютона та різницевий метод для задач з нульовим та ненульовим відхилом)</i>				
9	Тема 5. Багатокрокові методи та методи вищих порядків.	лекція (2 год.)	[1,2,7]	Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.)	1 тиждень
10	Тема 5. Особливості реалізації багатокрокових методів. Здача індивідуального завдання №4	лабораторне (2 год.)	[1,2,7]		під час заняття
11	Тема 6. Методи з параметрами для розв'язування нелінійних рівнянь	лекція (2 год.)	[1]	Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.)	1 тиждень
12	Тема 6. Різницевий метод для крайових задач. Зведення крайової задачі до системи нелінійних рівнянь. Способи апроксимації крайових умов. (Індивідуальне завдання №5. <i>Реалізувати різницевий метод для крайових задач</i>)	лабораторне (2 год.)	[4]	Виконання індивідуального завдання №5 (6 год.)	під час заняття 2 тижні
13	Тема 7. Нелінійні інтегральні рівняння. Різницевий метод та метод лінеаризації для крайових задач.	лекція (2 год.)	[1, 4,8]	Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.)	1 тиждень
14	Тема 7. Побудова ітераційних процесів Ньютона та різницевих методів для інтегральних рівнянь. Здача індивідуального завдання №5	лабораторне (2 год.)	[2]	Розв'язування вправ (2 год.)	під час заняття
15	Тема 8. Квазілінійна задача теплопровідності.	лекція (2 год.)	[4]	Опрацювання лекційного матеріалу (5 год.)	1 тиждень
16	Колоквіум	лабораторне (2 год.)			під час заняття