

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Факультет математики та інформатики
Кафедра математичного моделювання



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

**Декан факультету
математики та інформатики**

/Мартинюк О.В./

“ 25 ” 06 2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни**

«Математичне моделювання динамічних систем і процесів»

обов'язкова

**Освітньо-професійна
програма**

Інформаційні технології та управління проектами

Спеціальність

112 – Комп'ютерні науки

Галузь знань

12 – Інформаційні технології

Рівень вищої освіти

другий (магістерський)

Факультет математики та інформатики

Мова навчання

українська

Чернівці 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання динамічних систем і процесів» складена відповідно до освітньо-професійної програми "Інформаційні технології та управління проектами", затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича 29 травня 2023 р., протокол №5.

Розробник: Черевко Ігор Михайлович,
завідувач кафедри математичного моделювання,
доктор фіз.-мат. наук, професор

Погоджено з гарантом ОП і затверджено на засіданні кафедри математичного моделювання.

Протокол № 18 від 25 червня 2024 року.

Завідувач кафедри  Черевко І.М.

Схвалено методичною радою факультету математики та інформатики.

Протокол № 11 від 25 червня 2024 року.

Голова методичної ради факультету  Сікора В.С.

1. Анотація дисципліни (призначення навчальної дисципліни).

При вивченні дисципліни будуть розглянуті теоретичні та практичні основи математичного моделювання динамічних систем та процесів. Математичне моделювання – потужний інструмент розв'язання технічних, інженерних і наукових проблем, що ґрунтуються на використанні математичних моделей.

Математичне моделювання передбачає опис досліджуваних явищ, процесів, систем різної фізичної природи мовою математичних співвідношень. Клас математичної моделі визначається постановкою завдання та метою дослідження, а також рівнем знань експериментатора про об'єкти, що моделюються. Тому основними завданнями вивчення дисципліни «Математичне моделювання процесів та систем» є підготовка спеціалістів, які володіють фаховими навичками використання методів системного аналізу у дослідженні економічних та технічних систем за допомогою математичних моделей із застосуванням ЕОМ.

Для побудови математичних моделей доцільно проводити первинний статистичний аналіз даних, висувати гіпотези та оцінювати їх на основі зібраних даних. Прикладний аналіз даних служить базою прийняття управлінських рішень. На сучасному етапі його значимість значно зросла у зв'язку із величезним обсягом інформації, який необхідно проаналізувати.

Математичними моделями багатьох фізичних і технічних процесів є диференціально-функціональні рівняння. Такі рівняння виникають у теорії оптимального керування, при моделюванні біологічних та екологічних процесів, прикладних задач теорії оптимального керування та хімічної кінетики.

Незважаючи на наявність великої кількості наукових робіт, в яких вивчаються диференціально-функціональні рівняння існують питання, які вивчені досить мало. До них відносяться, зокрема, задачі про існування та побудову методів знаходження розв'язків початкових та крайових задач, оскільки на даний час немає універсальних методів їх розв'язання.

Планується розглянути схеми апроксимації розв'язків для нових класів диференціально-функціональних рівнянь із запізненням та нейтрального типу. Розглянуто застосування схем апроксимації для знаходження неасимптотичних коренів квазіполіномів і запропоновано методу побудови областей стійкості лінійних диференціальних рівнянь з багатьма відхиленнями аргументу.

Для реалізації завдань курсу студенти будуть розробляти прикладне програмне забезпечення для модельних початкових і крайових задач для диференціально-різницевих рівнянь та інтегро-диференціальних рівнянь із запізненням та нейтрального типу.

У процесі вивчення дисципліни студенти набудуть компетентностей для розв'язування задач в галузі дослідницької діяльності та генерування нових ідей при використанні математичних методів та інформаційних технологій.

2. Мета навчальної дисципліни:

Метою та завданнями дисципліни “Математичне моделювання динамічних систем і процесів” є вивчення задач, що пов'язані із етапами обробки даних, побудовою та оцінкою математичних моделей експериментальних даних, дослідженням існуванням розв'язку початкових та крайових задач для систем із запізненням, аналіз властивостей їх стійкості та періодичності; реалізація точних та наближених методів побудови розв'язків; розвиток уміння застосовувати на практиці методи системного аналізу, методи математичного та інформаційного моделювання для побудови та дослідження моделей об'єктів і процесів; розвивати вміння написати наукову статтю (довідь) на державній та/або іноземній мові з використанням наукової та навчальної літератури з системного аналізу та комп'ютерних наук, довідників, словників, документів та іншої науково-технічної інформації, з дотримання норм авторського права

Знання і досвід, набуті в цьому курсі, будуть корисними в майбутній практичній діяльності студентів при моделюванні на ЕОМ математичних моделей, що описуються диференціально-функціональними рівняннями.

Дисципліна формує такі компетентності за ОП:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК6. Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК7. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК8. Здатність працювати в команді.

ФК4. Здатність формалізувати предметну область певного проекту у вигляді відповідної інформаційної моделі.

ФК5. Здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області.

ФК15. Здатність до оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань

3. Пререквізити. Вказуються дисципліни чи сертифіковані курси, які здобувач вищої освіти має вивчити до початку або разом із цією дисципліною, що підвищує ефективність засвоєння курсу.

Диференціальні рівняння, Обчислювальні методи, Програмування, Програмування та підтримка Веб-застосунків, Моделювання жорстких систем.

Постреквізити. Методологія та організація наукових досліджень, Моделювання соціально-економічних та екологічних процесів.

4. Результати навчання

знати основні поняття та твердження з програмного матеріалу даного курсу;

вміти застосовувати основні поняття та твердження з програмного матеріалу даного курсу при побудові та дослідженні прикладних процесів, що описуються диференціально-функціональними рівняннями; розробляти та аналізувати математичні моделі природничих, техногенних, економічних і соціальних об'єктів та процесів; використовувати методологію системного аналізу для прийняття рішення в складних системах різної природи; використовувати існуюче та створювати власне програмне забезпечення із використанням мов програмування для моделювання та проведення системних досліджень складних систем тощо.

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

ПРН1. Здійснювати опис предметної області розробки або дослідження; забезпечувати декомпозицію поставленої задачі.

ПРН2. Обирати належні засоби для розробки або дослідження (середовище розробки, мова програмування, програмне забезпечення та програмні пакети тощо), що дозволяють знайти правильне і ефективне рішення.

ПРН10. Вільно спілкуватися державною та англійською мовами усно і письмово для обговорення професійної діяльності у сфері інформаційних технологій, проектів, результатів досліджень та інновацій, інших питань комп'ютерних наук.

ПРН11. Відшукувати необхідну інформацію у науковій літературі, базах даних, інших джерелах, аналізувати і оцінювати її.

ПРН13. Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері інформаційних технологій і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень.

5. Опис навчальної дисципліни

5.1. Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	5	9	4	120	15	–	–	15	90	–	екзамен

5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						Заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Теми лекційних занять	Змістовний модуль 1. Попередня обробка даних. Елементи загальної теорії диференціально-функціональних рівнянь												
Вступ. Основні поняття математичного моделювання. Види моделей та вимоги до них.	6	1				5							
Задачі попередньої обробки даних. Емпіричний розподіл даних.	21	2		4		15							
Основна початкова задача. Лінійні диференціально-різницеві рівняння.	15	3		2		10							
Стійкість диференціально-різницевих рівнянь.	14	2		2		10							
Періодичні розв'язки систем з післядією	14	2		2		10							
Разом за ЗМ1	70	10		10		50							
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 2. Застосування диференціально-функціональних рівнянь												
Приклади систем з післядією. Наближені методи розв'язування диференціально-різницевих рівнянь	14	2		2		10							
Крайові задачі для диференціально-різницевих рівнянь	12	1		1		10							
Алгоритми апроксимації диференціально-різницевих рівнянь	12	1		1		10							

Моделі із запізненням в біології, екології та медицині	12	1	1	10						
Разом за ЗМ 2	50	5	5	40						
Усього годин	120	15	15	90						

5.3. Зміст завдань для самостійної роботи

№	Назва теми
1	Моделювання псевдовипадкових чисел
2	Дослідження законів розподілу експериментальних даних.
3	Алгоритми та засоби видалення аномальних даних
4	Класифікація диференціально-різницевих рівнянь, ознаки класів та приклади
5	Початкова задача для рівняння із запізненням та нейтрального типу.
6	Як визначити початкову множину для одного і кількох сталих запізнень?
7	Яке означення початкової множини для змінного запізнення?
8	Схема методу кроків для знаходження розв'язків початкової задачі.
9	Розміщення коренів квазіполіномів рівнянь із запізненням та нейтрального типів.
10	Основні означення стійкості розв'язків рівнянь із запізненням.
11	Схема методу Д-розбиття для простіших типів ДФР.
12	Періодичні розв'язки ДРР зі сталими коефіцієнтами.
13	Періодичні розв'язки квазілінійних диференціально-різницевих рівнянь.
14	Яка геометрична інтерпретація крайової задачі для рівнянь із запізненням?
16	Які біологічні, екологічні чи економічні процеси приводять до математичних моделей із запізненням?
17	Чому при збільшенні запізнення віддачі інвестицій зменшується темп росту економіки?
18	Чому різницеві схеми високого порядку не застосовують для розв'язання початкових задач для диференціально-різницевих рівнянь?
19	Як записати різницеву схему Ейлера для початкової задачі із запізненням?
20	Алгоритм реалізації різницевої схеми Ейлера для рівняння із ірраціональним запізненням.
21	Ідея апроксимації рівнянь із запізненням системами звичайних диференціальних рівнянь.
22	Наближене обчислювати неасимптотичних коренів квазіполіномів.

6. Система контролю та оцінювання

Види та форми контролю

1. Поточний (захист командних проєктів, опитування теоретичного матеріалу)
2. Модульний (контрольні роботи)
3. Підсумковий (екзамен)

Засоби оцінювання:

- контрольні роботи;
- командні проєкти;
- аналітичні звіти про виконання індивідуальних завдань та самостійної роботи.

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Система оцінювання рівня навчальних досягнень ґрунтується на принципах ECTS та є накопичувальною. На протязі семестру студенти виконують дві контрольні роботи та комплексне ІНДЗ. Кожна контрольна робота оцінюється максимум 10 балами, а виконання комплексного ІНДЗ оцінюється максимум 50 балами. Підсумковим контролем з дисципліни є усний іспит.

Екзаменаційний білет містить три питання, з яких два питання теоретичні і одне практичне.

1. Повна відповідь на кожне питання оцінюється 10 балами.

2. За кожну помилку, яка допущена у відповіді, знімається певна кількість балів, а саме:

а) при відповіді на теоретичне питання у випадку неістотної помилки знімається 1-2 бали, а у випадку істотної 3-5 балів, якщо ж студент не опанував теоретичний матеріал дисципліни, плутається в означеннях, наводить логічно невірні твердження, то знімається до 10 балів;

б) при оцінці практичного завдання за помилку, допущену при перетвореннях, знімається 1-2 бали; за істотну помилку, яка привела до неправильної відповіді, знімається 3-5 балів; якщо ж розв'язання задачі логічно неправильне, то знімається до 10 балів.

3. Максимальна кількість, яку можна набрати на підсумковому модулі (екзамені) 30 балів.

4. Підсумкова оцінка виставляється за результатами суми балів набраних на змістовних модулях під час семестру та підсумковому модулі (екзамені) згідно таблиці

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ЄКТС	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

7. Рекомендована література

Основна

1. Бахрушин В.Є. Математичні основи моделювання систем: Навчальний посібник для студентів. - Запоріжжя: Класичний приватний університет. –2009. – 286 с.
2. <https://uk.education-wiki.com/6977087-types-of-data-analysis-techniques>.
3. Benjamin Smith. Data Analytics: A Comprehensive Beginner's Guide To Learn About The Realms Of Data Analytics From A-Z Independently Published. – 2020. – 154 p.
4. Edward L. Robinson. Data Analysis for Scientists and Engineers Princeton University Press.– 2016.– 408 p.
5. Ляшенко І. М. Моделювання біологічних та екологічних процесів : навчальний посібник / І. М. Ляшенко, А. П. Мукоєд. – К. : Київський ун-т, 2002. – 340 с.
6. Фодчук В.І., Бігун Я.Й., Клевчук І.І., Черевко І.М., Якімов І.В. Регулярно і сингулярно збуджені диференціально-функціональні рівняння. – К.: Ін-т математики НАН України, 1996. – 210 с.

Додаткова

1. Forrest-Owen O. Mathematical Modelling and it's Applications in Biology, Ecology and Population Study. – University of Chester, United Kingdom, 2016. –124 p.
2. Schiesser W.E. Time Delay ODE/PDE Models. Applications in Biomedical Science and Engineering. – Boca Rona, 2019. – 250 p

3. Kolmanovskii V., Myshkis A. Introduction to the theory and applications of functional-differential equations. – Kluwer, 1999. – 648 p
4. Bellen A, Zennaro M. Numerical methods for delay differential equations. – Oxford University Press, 2003. – 395 p.
5. Kuang Jiaoxun, Cong Yuhao. Stability of numerical methods for delay differential equations. Elsevier, 2007. – 295 p.
6. Бахрушин В.С. Методи аналізу даних : навчальний посібник для студентів. – Запоріжжя : КПУ, 2011. – 268 с.

Електронні ресурси

1. <http://e-learning.fpm.chnu.edu.ua/course/view.php?id=39>
2. <https://www.google.com/search?q=%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B5+%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F+%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9+%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81&ei=YwfiY5-3B8zLrgSMzIyADQ&start=10&sa=N&ved=2ahUKEwjf9ODp-oL9AhXMPYsKHQwmA9AQ8NMDegQIAxAW&biw=1280&bih=520&dpr=1.5>
3. Мислене древо (Українські інформаційні ресурси для освіти і науки). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.myslenedrevo.com.ua/>

8 . Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі).

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту. Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.