

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

Моделі і методи прикладної математики

(назва навчальної дисципліни)

Обов'язкова

(вказати: обов'язкова / вибіркова)

Освітньо-наукова програма Прикладна математика

(назва програми)

Спеціальність 113 Прикладна математика

(вказати: код, назва)

Галузь знань 11 – Математика та статистика

(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти третій (Доктор Філософії)

(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)

Розробники: завідувач кафедри ПМІТ, доктор фіз.-мат. наук, професор Бігун Ярослав Йосипович

(вказати авторів (викладач (ів)), їхні посади, наукові ступені, вчені звання)

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

Контактний тел.: 0372-584857

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

Посилання на освітній контент:

Google Classroom: <https://classroom.google.com/c/NjMzNjU2NDQxODgw>

Онлайн- консультація: meet.google.com/sum-cvtw-hfj

Консультації: Приєднатися через Google Meet meet.google.com/mgt-wqyd-yai

Очні консультації за домовленістю

© Кафедра прикладної математики та
інформаційних технологій, 2023 рік

© Бігун Я.Й., 2023 рік

1. Анотація дисципліни (призначення навчальної дисципліни).

У навчальній дисципліні розглядаються основні поняття та об'єкти теорії динамічних систем, зокрема, поняття неперервної та дискретної динамічних систем (потоків та каскаду); означення граничної множини, дослідження стійкості станів рівноваги, біфуркації народження циклу та подвоєння періоду; поняття про хаотичні відображення та приклади. Дослідження математичних моделей взаємодії у процесах із конкуренцією, коливних системах у резонансних і нерезонансних випадках, моделях поширення епідемій у людському середовищі та комп'ютерних вірусів, військових дій.

Мета навчальної дисципліни: ознайомлення з основними поняттями та положеннями теорії динамічних систем, оволодіння базовими теоретичними та практичними методами їх аналізу та їх застосування для дослідження та комп'ютерне моделювання деяких математичних моделей.

Завдання навчальної дисципліни: вивчення базових понять динамічних систем; дослідження стійкості і біфуркацій у нелінійних системах; дослідження хаотичної поведінки в детермінованих системах; математичне моделювання поширення комп'ютерних вірусів; будувати асимптотичні наближення регулярно збурених задач; проведення комп'ютерного моделювання розглянутих моделей.

Дисципліна формує такі компетентності за ОП:

ЗК 01. Здатність до інтелектуальної творчої діяльності, спрямованої на одержання нових знань, абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 04. Здатність до використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій, пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 11. Здатність опанувати нові методи дослідження сучасних прикладних задач.

ЗК 12. Здатність будувати і досліджувати детерміновані і стохастичні моделі прикладних задач

ФК 02. Здатність до створення адекватних математичних моделей на основі положень наукових теорій та відомостей про об'єкт дослідження.

ФК 03. Здатність досліджувати побудовані математичні моделі та визначати рамки їх застосування.

ФК 05. Здатність проектувати і створювати програмне забезпечення для реалізації розроблених методів та алгоритмів, проводити його налагодження і всебічне тестування.

ФК 06. Здатність застосовувати математичні моделі для дослідження складних процесів у природничих, технічних, економічних і соціальних системах.

ФК 11. Здатність складати науково-технічну документацію, публікувати результати досліджень у фахових виданнях та виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних.

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.

Математичний аналіз. Функціональний аналіз. Диференціальні рівняння, Числові методи. Програмування.

В результаті вивчення дисципліни аспірант повинен

ЗНАТИ: основні поняття і методи дослідження динамічних систем, побудову і властивості запланованих до розгляду математичних моделей, програмні засоби й інструменти комп'ютерного моделювання математичних моделей та методи їх дослідження;

ВМІТИ: досліджувати стани рівноваги динамічних систем; досліджувати біфуркації в однопараметричних системах; здійснювати комп'ютерне моделювання хаотичної

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	Змістовий модуль 1. Вступ у теорію динамічних систем											
Тема 1. Передумови виникнення теорії динамічних систем. Базові властивості динамічних систем, породжених однопараметричними групами гомеоморфізмів. Класифікація рухів і траєкторій. Нерухомі точки та інваріантні множини. Біфуркація народження циклу. Теорема Хопфа.	27	3	4			20						
Тема 2. Хаотична поведінка в детермінованих системах. Поняття про хаотичні відображення. Транзитивність. Приклади хаотичних відображень. Дивний атрактор Лоренца. Хаос і фрактали.	31	2	4			25						
Разом за ЗМ1	58	5	8			45						
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 2. Математичні моделі											
Тема 3. Математичне моделювання військових дій.	18	1	2			15						
Тема 4. Асимптотичні методи і усереднення в багато-частотних системах із резонансом частот.	29	3	6			20						
Тема 5. Математичні моделі поширення епідемій і комп'ютерних вірусів.	25	1	4			10						
Разом за ЗМ 2	62	5	12			45						
Усього годин	120	10	20			90						

5.3. Самостійна робота

Самостійна робота студентів складає 90 годин. Розподіл самостійної роботи за видами навчальних робіт:

- 1) підготовка до лекційних занять – 20 годин;
- 2) підготовка до практичних занять та їх виконання – 20 годин;
- 3) самостійне опрацювання матеріалу – 24 годин;
- 4) підготовка і виконання модульних контрольних робіт – 16 години;
- 5) підготовка до іспиту – 10 годин.

5.3. Зміст завдань для практичних занять

№	Назва теми
1	Стани рівноваги і стійкість окремих динамічних систем та комп'ютерне моделювання.
2	Стани рівноваги моделі Лоренца та їх стійкість. Біфуркації та дивний атрактор в моделі Лоренца.
3	Математична моделі прогнозування війни Річардсона. Дослідження, узагальнення та застрсування.
4	Асимптотичний метод Крилова-Боголюбова. Побудова першого і покращеного першого наближення. Зв'язок із методом усереднення. Застосування до нелінійного осцилятора Дуффінга.
5	SIR та SEIR-моделі епідемії. Моделі із зарізненням аргументу.

5.3. Зміст завдань для самостійної роботи

Назва теми
Тема 1. Вступ у теорію і методи динамічних систем. Поняття ДС, траєкторії і фазовий простір. Приклади одно-, дво- і тривимірних ДС. Стійкість за першим наближенням. Стани рівноваги та їх стійкість ДС. Траєкторії та стани рівноваги двовимірних ДС. Біфуркації в одновимірних системах. Приклади.
Тема 2. Біфуркації в динамічних. Поняття біфуркації в ДС із параметром. Типи біфуркацій в одновимірних ДС. Біфуркації в двовимірних системах. Граничний цикл. Теорема Хопфа про появу граничного циклу та його стійкість. Приклади застосувань. Хаотична поведінка в детермінованих системах, приклади. Математичні моделі зв'язаних осциляторів та їх застосування в нейронних мережах
Тема 3. Математичне моделювання військових дій. Математична моделі прогнозування війни Л. Річардсона та її узагальнення. Фаза загострення конфліктів. Модель і приклади реальних конфліктів.
Тема 4. Математична модель маятника із віброуючою точкою кріплення. Побудова математичної моделі. Усереднена задача. Стійкість вертикального стану рівноваги. Побудова першого наближення асимптотичним методом Крилова-Боголюбова.
Тема 5. Математичні моделі поширення епідемії. Проста модель поширення епідемії (модель Кермака-МакКендріка) із запізненням. Моделі поширення епідемії в комп'ютерній мережі.

Самостійна робота аспіранта полягає в опрацюванні теоретичного матеріалу, більш глибокому та детальному розгляді окремих питань курсу, виконанні домашніх завдань, підготовці до лекційних та контрольних занять, виконання лабораторних робіт і проектів, розв'язуванні робота над індивідуальними завданнями.

6. Система контролю та оцінювання

Види та форми контролю

1. Поточний (опитування теоретичного матеріалу)
2. Модульний (контрольні роботи, ІНДЗ)
3. Підсумковий контроль (екзамен)
4. Дискусії з проблемних питань теорії і практики.

Засоби оцінювання:

- контрольні роботи;
- ІНДЗ;
- звіти про виконання індивідуальних і практичних завдань.

Розподіл балів з навчальної дисципліни

Поточний та модульний контроль					Екзамен	Сума
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2			40	100
T1	T2	T3	T4	T5		
14	14	10	14	8		

7. 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 два ІНДЗ. Кожна контрольна робота оцінюється максимум 20 балами, а виконання ІНДЗ оцінюється максимум 10 балами. Підсумковим контролем з дисципліни є письмово-усний екзамен.

Білет містить чотири питання, з яких два питання теоретичні і два практичні.

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 не опановано теоретичний матеріал дисципліни, плутається в означеннях, наводить логічно невірні твердження, то знімається до 10 балів;
 - б) при оцінці практичних завдань 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) 40 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 ECTS	
	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. Політика освітнього процесу

Аспіранти зобов'язані своєчасно та якісно виконувати всі отримані завдання і оформлювати у вигляді звіту. За потреби вони мають нагоду під час самостійної та індивідуальної роботи з'ясувати питання з дисципліни на консультації у викладача. Кожний аспірант зобов'язаний дотримуватися принципів академічної доброчесності. Складання (перескладання) екзамену проводиться за встановленим розкладом.

8. Рекомендована література

Основна

1. Strogatz S.H. Nonlinear Dynamics and Chaos. New York: Perseus Books Publishing, L.L.C, 1994. 498 p. <http://users.uoa.gr/~pjiannou/nonlin/Strogatz,%20S.%20H.%20-%20Nonlinear%20Dynamics%20And%20Chaos.pdf>
2. Парасюк І.О. Динамічні системи (Dynamical systems). Київ, 2022. 209 с. (англ.) https://mechmat.knu.ua/wp-content/uploads/2022/11/parasyuk-dynamical_systems-textbook.pdf
3. Самойленко А.М., Перестюк М.О., Парасюк І.О. Диференціальні рівняння. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2010. 527 с. <http://www.diffeq.univ.kiev.ua/download/DR.pdf>
4. Самойленко А.М., Петришин Р.І. Математичні аспекти теорії нелінійних коливань. Київ: Наукова думка, 2004. 475 с.

8.2. Допоміжна

1. Хусаїнов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В. Введення в моделювання динамічних систем: Навч. посібник. Київ : ВПЦ “Київський університет”, 2011. 136 с.
2. Швець О.Ю. Динамічні системи. Київ: КПі ім. Ігоря Сікорського, 2021. 345 с.
3. Hairer E., Norsett S. P., Wanner G. Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems. Berlin: Springer-Verlag, 1993. 528 p.
4. Бігун Я.Й. Числові методи: навч. посібник. Чернівці: Рута, 2019. 436 с. https://drive.google.com/drive/folders/1_A_Qzr5b2v9Y9ZzsPyR_fNDtCmE8k1X
5. Бігун Я.Й. Математичне екологічних, економічних і соціальних процесів. Частина 1: Навчальний посібник. Чернівці: Рута, 2005. 80 с.
6. Ляшенко І.М., Коробова М.Д., Столяр Л.М. Основи математичного моделювання економічних, екологічних і соціальних процесів. Тернопіль: Навчальна книга–Богдан, 2006. – 304 с.
5. Маценко В.Г. Математичне моделювання. Чернівці: ЧНУ, 2013. 519 с.
6. Мосора М.А. Аналіз гонки озброєнь між США і КНР за допомогою моделі Річардсона [Електронний ресурс] // Прикарпатський вісник НТШ. Думка. – 2015. № 3. С. 216-224. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pvntsh_2015_3_25
7. Herbert W. Hethcote The Mathematics of Infectious Diseases. SIAM REVIEW 2000 Society for Industrial and Applied Mathematics, 2000. Vol. 42, No. 4. Pp. 599–653.