

Силабус

обов'язкової навчальної дисципліни

Конфліктно-керовані процеси та нелінійні моделі

(назва навчальної дисципліни)

Обов'язкова навчальна дисципліна

(вказати: обов'язкова / вибіркова)

Освітньо-професійна програма _____ Технології програмування та
ематики та інформаційних технологій

(назва програми)

Спеціальність _____ 113 – Прикладна математика

(вказати: код, назва)

Галузь знань _____ 11 – Математика та статистика

(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)

(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/spivrobotnyky/bihun-yaroslav-yosypovych/>

Контактний тел. 0372-584857

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

Посилання на освітній контент:

В Google Classroom:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1TgqIF0py79C9IK5iry8p4Eo6lxTOW6nE>

Сторінка курсу в Moodle

<https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=4027>

Консультації Вівторок із 15.00 до 16.30

Онлайн-консультація:

[Приєднатися через Google Meet meet.google.com/sum-cvtw-hfj](https://meet.google.com/sum-cvtw-hfj)

1. Анотація

У навчальній дисципліні «Конфліктно-керовані процеси і нелінійні моделі» розглядається методи і алгоритми, та комп'ютерна реалізація процесів взаємодії «переслідувач-втікач» в умовах невизначеності, коливних процесів, динаміки взаємодії фазових осциляторів. Математичні моделі описуються системами звичайних диференціальних рівнянь. Одержані студентами знання і вміння будуть корисними для математичного моделювання, дослідження і практичної реалізації сучасних прикладних задач при проектуванні нейронних мереж, технічних задач з коливними процесами, у військовій справі.

2. Мета та завдання дисципліни

Метою дисципліни «Конфліктно-керовані процеси та нелінійні моделі» є розгляд сучасних математичних моделей взаємодії в конфліктно-керованих процесах, коливних системах у резонансних і нерезонансних випадках, у системах зв'язаних осциляторів, якісні, асимптотичні та комп'ютерні методи їх дослідження та застосування в нелінійній механіці та нейронних мережах.

Завданнями вивчення дисципліни є:

- вивчення базових понять в теорії конфліктно-керованих процесів;
- оволодіння методами паралельного зближення, переслідування за променем та розв'язуючих функцій;
- дослідження стійкості і біфуркацій у нелінійних системах;
- вивчення і застосування асимптотичних методів дослідження збурених коливних систем;
- вивчення динамічних властивостей систем зв'язаних осциляторів;
- проведення комп'ютерного моделювання нелінійних моделей.

3. Пререквізити

Навчальний курс ґрунтується на навчальних курсах, освоєних студентами на бакалаврському рівні вищої освіти, а саме, на курсах із диференціальних рівнянь, функціонального аналізу, математичного моделювання природничих процесів, програмування, проектування програмних систем.

4. Результати навчання

В результаті вивчення дисципліни студент має набути таких **компетентностей**:

знати: оволодіти теоретичним матеріалом у межах програми курсу; ; евристичні методи в задачі переслідування; критерії завершення

диференціальної гри в методі Понтрягіна і методі розв'язуючих функцій; ідею і побудову першого і покращеного першого наближення у методі Крилова–Боголюбова; принцип усереднення в багаточастотних системах; принцип побудови, дослідження та застосування математичних моделей типу Курамото.

вміти:

- моделювати взаємодію «втікач-переслідувач» методами погонної кривої, паралельного переслідування, постійного кута випередження;
- застосувати прямий метод Понтрягіна для розв'язування диференціальної гри;
- якісно досліджувати стани рівноваги систем нелінійних рівнянь та здійснювати комп'ютерне моделювання еволюції систем та дивних атракторів;
- будувати перше наближення асимптотичним методом Крилова-Боголюбова нелінійних осциляторів вигляду
$$\ddot{u} + w^2 u = \varepsilon f(u, \dot{u});$$
- застосовувати метод усереднення для дослідження і побудови наближеного розв'язку багаточастотних систем;
- аналізувати та моделювати динаміку глобально зв'язаних фазових осциляторів.

Знання, які студент отримає в результаті вивчення даної дисципліни, відіграватимуть важливу роль у процесі його професійного формування та зростання.

Під час вивчення дисципліни, відповідно до освітньо-професійної програми, формуються такі **загальні компетентності**:

ЗК1. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями, інформаційними технологіями та комп'ютерною технікою.

Фахові компетентності:

ФК1. Здатність розв'язувати складні задачі й проблеми, які можуть бути формалізовані. Вміння математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретації результатів.

ФК2. Здатність проводити наукові дослідження з розроблення нових та адаптацією існуючих математичних та комп'ютерних моделей для дослідження різноманітних процесів, явищ і систем, проводити відповідні експерименти з аналізом одержаних результатів.

ФК4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання з аналізом результатів.

ФК6. Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи.

ФК9. Здатність розв'язувати задачі в конфліктних ситуаціях, будувати моделі вибору та прийняття рішень в конфліктно-керованих процесах.

Отримуються наступні **програмні результати навчання**:

ПРН3. Будувати моделі складних систем і вибирати методи їх дослідження, реалізувати побудовані моделі за допомогою комп'ютерних технологій.

ПРН5. Обґрунтовувати вибір засобів для розв'язання конкретних задач та будувати чисельні схеми за допомогою різницевої апроксимації та інших числових й аналітичних методів, досліджувати алгоритми й аналізувати результати.

ПРН7. Використовувати методи прийняття рішень у процесах із конфліктом сторін, застосовувати методи моделювання та вирішення конфліктних ситуацій.

3. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

3.1. 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	5	150	30	-	-	15	105	-	екзамен
Заочна	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. 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	ін д	с.р.		л	п	ла б	ін д	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 1. Конфліктно-керовані процеси											
Тема 1. Елементи теорії багатозначних відображень	10	2	–	–	–	8	–	–	–	–	–	–
Тема 2. Евристичні методи і перший прями метод Л.С. Понтрягіна в задачах переслідування	16	2	–	2	–	12	–	–	–	–	–	–
Тема 3. Обґрунтування методів конфліктно-керуваних процесів	16	4	–	–	–	12	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 1	42	8	–	2	–	32	–	–	–	–	–	–
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 2. Нелінійні і слабконелінійні моделі											
Тема 4. Модель Лоренца	8	3	–	–	–	5	–	–	–	–	–	–
Тема 5. Моделі слабколінійних систем.	11	2	–	–	–	9	–	–	–	–	–	–
Тема 6. Асимптотичний метод Крилова-Боголюбова та його застосування	29	5	–	4	–	20	–	–	–	–	–	–
Тема 7. Математична модель маятника із віброуючою точкою кріплення	20	2	–	4	–	14	–	–	–	–	–	–

Разом за змістовним модулем 2	68	12	–	8	–	48	–	–	–	–	–	–
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 3. Багаточастотні коливні системи											
Тема 8. Усереднення в багаточастотних системах із резонансом частот	29	4	–	4	–	15	–	–	–	–	–	–
Тема 9. Математичні моделі зв'язаних осциляторів та їх застосування в нейронних мережах	17	4	–	3	–	10	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовним модулем 3	40	8	–	7	–	25	–	–	–	–	–	–
Усього годин	150	30	–	15	–	105	–	–	–	–	–	–

3.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Конфліктно-керовані процеси		
1	Комп'ютерне моделювання конфліктних ситуацій методами погонної кривої, паралельного переслідування, постійного кута випередження	2
Всього годин за змістовим модулем 1		2
Змістовий модуль 2. Нелінійні і слабконелінійні моделі		
1	Комп'ютерне моделювання динаміки системи Лоренца. Дивний атрактор.	2
2	Команда 1. Реалізація методу Крилова-Боголюбова у першому наближенні та застосування до класичних осциляторів. Команда 2. Моделювання стійкості стану рівноваги маятника із вібруючою точкою кріплення.	5
Всього годин за змістовим модулем 2		7
Змістовий модуль 3. Багаточастотні коливні системи		
1	Команда 1. Моделювання системи зв'язаних осциляторів Курашото та Курамото -Сакатучі. Команда 2. Моделювання зв'язаних осциляторів із притягувальними і відштовхувальними елементами.	6
Всього годин за змістовим модулем 3		6
Разом		15

3.4. Тематика індивідуальних завдань

Індивідуальні завдання видаються студентам і виконуються в рамках самостійної роботи.

1. Розвиток методу розв'язуючих функцій для диференціально-різницевих рівнянь.

2. Програмування диференціальної гри при взаємодії груп втікачів і переслідувачів (1-2. 1-3. 2-3).

3. Побудова другого і покращеного другого асимптотичного наближень для нелінійного осцилятора із малим параметром.

4. Усереднення в одночастотній системі із частотою $\omega = \omega(\tau)$, $\tau = \epsilon t$.

5. Узагальнені моделі Курамото.

6. Біфуркації в моделі Курамото-Сакагучі.

7. Виникнення моделі осциляторної мережі з притяганням та відштовхуванням, її опис та деякі її властивості.

8. Дослідження системи чотирьох осциляторів.

3.5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Багаточастотні коливні системи		
1	Предмет дослідження теорії диференціальних ігор. Динамічні ігри, конфліктно-керовані процеси. Постановка задачі, стратегії, термінальна множина, критерії якості. Елементи теорії багатозначних відображень, метрика Хаусдорфа.	8
2	Достатні умови закінчення гри за скінченний час, умова Понтрягіна. Приклади. Простий рух, контрольний приклад Л.С. Понтрягіна. Задача «хлопчик та крокодил». Метод розв'язуючих функцій, обернені функціонали Мінковського. Екстремальні селектори в ігрових задачах динаміки.	12
3	Обґрунтування паралельного зближення та методу переслідування за променем. Ситуація «оточення» при груповій взаємодії керованих об'єктів. Позиційні методи. Правило екстремального прицілювання М.М. Красовського. Ідеї динамічного програмування в ігрових задачах	12
Всього годин за змістовим модулем 1		32
Змістовий модуль 2. Нелінійні і слабконелінійні моделі		
1	Модель Лоренца в прикладних задачах у тепло- і лазерної техніки. Стани рівноваги моделі Лоренца та їх стійкість. Дивний атрактор.	5
2	Моделі слабколійних систем. Модель Восн дер Поля. Модель Дуффінга та її узагальнення. Модель Курамото та її узагальнення.	9
3	Асимптотичний метод Крилова-Боголюбова та його застосування. Асимптотичні ряди і розклади. Ідея методу.	20

	Побудова першого і покращеного першого асимптотичного наближення. Зв'язок із методом усереднення. Застосування для нелінійного осцилятора Дуффінга.	
4	Математична модель маятника із віброуючою точкою кріплення. Побудова математичної моделі. Усереднена задача. Стійкість вертикального стосу рівноваги ($p=\pi$).	14
Всього годин за змістовим модулем 2		48
Змістовий модуль 3. Багаточастотні коливні системи		
1	Усереднення в багаточастотних системах із резонансом частот. Прикладні задачі із резонансом частот. Усереднення за швидкими змінами у двох і багаточастотних системах. Обґрунтування методу усереднення за методикою А.М. Самойленка і Р.І. Петришина.	15
2	Математичні моделі зв'язаних осциляторів та їх застосування в нейронних мережах Узагальненні моделі Курамото та Курамото-Сакатучі глобально зв'язаних фазових осциляторів. Модель зв'язаних осциляторів із притягувальними і відштовхувальними елементами та їх застосування у соціології.	10
Всього годин за змістовим модулем 3		25
Разом		105

Самостійна робота студента 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. Самостійна робота оцінюється за результатами модулів.

4. Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів поточного, модульного та підсумкового контролю. Оцінювання здійснюється за програмним матеріалом навчальної дисципліни, засвоєння якого перевіряється пропонованими видами контролю.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лабораторних занять і перевірки самостійної роботи студентів, а також під час читання лекцій і лабораторних занять. Модульний контроль здійснюється за результатами виконаних модульних контрольних робіт та перевірки лабораторних робіт і проектів. Завданнями поточного та модульного контролю є перевірка рівня розуміння та засвоєння лекційного матеріалу, набуття практичних навичок і досвіду виконання індивідуальних і комплексних оцінка задач. Максимальна оцінка кожного з індивідуальних завдань 5 балів, не більше двох завдань студентом.

Завданням підсумкового контролю (екзамену) є перевірка розуміння

студентом програмного матеріалу в цілому, здатності успішно розв'язувати поставлені практичні задачі та комплексно використовувати отримані знання.

Іспит з курсу «Конфліктно-керовані процеси і нелінійні моделі» є семестровим контролем знань студентів та охоплює всі теми, які вивчалися протягом семестру. Іспит проводиться у письмово-усній формі.

Письмова частина включає самостійну роботу студентів над завданнями екзаменаційного білету. Для отримання найвищої оцінки за кожне завдання відповідь має бути максимально розгорнутою.

Час для виконання письмової частини іспиту до 90 хвилин.

Усна частина іспиту проходить у формі діалогу між студентом та екзаменатором і включає відповіді студента на питання у межах програми курсу. Остаточна оцінка за кожне завдання екзаменаційного білету виставляється після усної частини іспиту.

Оцінювання знань здійснюється за 100-бальною шкалою. Результати роботи впродовж навчального семестру оцінюються в ході поточного та модульного контролю на інтервалі оцінок від 0 до 60 балів, а результати підсумкового контролю (екзамену) оцінюються максимум у 40 балів.

4.1. ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

Засобами оцінювання є:

- поточні опитування;
- тестування;
- модульні контрольні роботи;
- лабораторні роботи і проекти;
- індивідуальні завдання;
- підсумковий контролем є екзамен, білет містить 2 теоретичних і 2 практичне завдання.

4.2. Розподіл балів з навчальної дисципліни

Поточний та модульний контроль										Екзамен	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				Змістовий модуль 3			40	100
Т 1	Т 2	Т 3	Т 4	Т 5	Т 6	Т 7	Т 7	Т 8			
4	6	8	4	4	10	8	10	6			

Загальна підсумкова оцінка з навчальної дисципліни виставляється за загальною сумою балів, набраних студентом, згідно з наступною таблицею:

4.3. Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Зараховано	A (90-100)	відмінно
	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Не зараховано	FX (35-49)	(не зараховано) з можливістю повторного складання
	F (0-34)	(не зараховано) з обов'язковим повторним курсом

4.4. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Формами поточного контролю є:

- перевірка виконання домашніх завдань;
- оцінки за усні поточні опитування;
- перевірка письмових модульних контрольних робіт;
- перевірка виконаних лабораторних робіт і проектів;
- перевірка виконаних індивідуальних завдань.

Формою підсумкового контролю є письмовий екзамен із обговоренням й аналізом виконаних у білеті завдань.

У білеті на екзамені два питання з теорії курсу, два практичних. Відповідь на кожне з них оцінюється у 10 балів.

Загальна **підсумкова оцінка** з навчальної дисципліни виставляється за загальною сумою балів поточного та модульного контролю.

4.5. Академічна доброчесність: Роботи студентів мають бути їх самостійними та оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування, втручання в роботу інших студентів є прикладами академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в практичній (письмовій) роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від обсягу плагіату.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Пропуски занять мають бути обґрунтованими. Студенти зобов'язані дотримуватися встановлених термінів виконання усіх видів робіт, передбачених програмою навчального курсу.

Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем в освітніх цілях без права копіювання. Студенти заохочуються до використання інформаційних джерел, відкритих для доступу і яких немає серед рекомендованих.

5. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

5.1. Базова (основна)

1. Самойленко А.М., Петришин Р.І. Математичні аспекти теорії нелінійних коливань. – Київ: Наукова думка, 2004. – 475 с.
2. Чикрий А.А. Конфликтно управляемые процессы. – Киев: Наукова думка, 1972. – 383 с.
3. Митропольский Ю.А. Нелинейная механика. Асимптотические методы. – Київ: Ін-т математики НАН України, 1995. – 396 с.
4. Хайрер Э. И., Нерсетт С., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи. – М.: Мир, 1990. – 512 с.
5. Хусаїнов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В. Введення в моделювання динамічних систем: Навч. Посібник . – Київ : ВПЦ “Київський університет”, 2011. – 136 с.
6. Бігун Я.Й. Числові методи: навч. посібник. – Чернівці: Рута, 2019. – 436 с.
<https://drive.google.com/file/d/1CEwURMRj4vueRNcjxg1PDwlUCD6ZMXox/view?usp=sharing>
7. Strogatz S.H. Nonlinear Dynamics and Chaos. - Perseus Books Publishing, L.L.C. – 498 p.

5.2. Допоміжна

1. Красовский Н.Н. Теория управления движением. – М.: Наука, 1968. – 467 с.
2. Айзекс Р. Дифференциальные игры. – М.: Мир, 1968. – 480 с.
3. Chikrii A. Method of Resolving Functions in the Theory of Conflict–Controlled Processes / A. Chikrii, R. Petryshyn, I. Cherevko, Bigun Ya. // Advanced Control Techniques in Complex Engineering Systems. Theory and Applications / Studies in Systems, Decision and Control. – SpringerLink. – 2019, vol. 203, pp. 3–33.
<https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-21927-7> (імн.ф.- 1,396)
4. Краснопольская Т.С., Швец А.Ю. Регулярная и хаотическая динамика систем с ограниченным возбуждением. – Москва-Ижевск Мир, 2008. – 280 с.
5. Бігун Я.Й., Краснокутська І.В., Петришин Р.І. Усреднения в багаточастотних системах із лінійно перетвореними аргументами і точковими та інтегральними умовами // Буковинський матем. журнал. – 2016. – 4, № 3-4. – С. 30–35.
6. Bihun Yaroslav Averaging method in multifrequency systems with linearly transformed arguments and with point and integral condstions / Yaroslav Bihun, Roman Petryshyn, Inessa Krasnokutska // Acta et Coomentationes, Exact and Natural Sciences. – Nr. 2(6), 2018. – P. 20–27.
https://revista.ust.md/index.php/acta_exacte/article/view/302/295

7. Бігун Я. Й. Усереднення в багаточастотних системах диференціально-функціональних рівнянь: дис. ... докт. фіз.-мат. наук: 01.01.02 – диференціальні рівняння. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2009. 298с.
8. Краснокутська І.В. Усереднення багаточастотних систем з нетеровими крайовими умовами: дис. ... канд. фіз.-мат. наук: 01.01.02 – диференціальні рівняння. Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. Чернівці, 2014. 133 с.
9. Скутар І.Д. Асимптотичне інтегрування систем диференціальних рівнянь із малим параметром при частині. : дис. ... канд. фіз.-мат. наук: 01.01.02 – диференціальні рівняння. Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. Чернівці, – 2021. 128 с.
https://drive.google.com/file/d/1Cseazw8o-qOog4mnOs14ffv-uE_sHwTk/view
10. Бурилко О.А. Колективна динаміка та біфуркації у мережах зв'язаних фазових осциляторів: дис. ... докт. фіз.-мат. наук: 01.01.02 – диференціальні рівняння. Інститут математики НАНУ. Київ, 2020. 462 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL :<https://events.imath.kiev.ua/event/122/attachments/9/13/pdf>
11. Kuramoto Y. Chemical Oscillations, Waves and Turbulence. Berlin. 1984.

6. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Сайт наукової бібліотеки Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича <http://www.library.chnu.edu.ua/>
2. Любарщук Є.А. Лінійні нестационарні диференціально-різницеві ігри зближення: Дис. ... канд. фіз.-мат. наук: 01.01.02 / Любарщук Євген Анатолійович: Чернівецький нац. імені Юрія Федьковича. – Чернівці, 2017. – 138 с.
<https://drive.google.com/file/d/0B7Bpv7uaLcJwbE1yUUtlSFRJbXc/view?resourcekey=0-4ZS6O90ViYpYZAZJ4P8LUQ>
3. Arkadii A. Chikrii. Control of Moving Objects in Condition of Conflict: Монографія. – Glushkov Institute of Cybernetics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 2018. – С. 17-42.
https://www.dropbox.com/sh/x3ohaycmxy0xk2s/AABq-Oi4O5I78uGOHRnzQEGaa/Loose%20PDFs/02_Chapter_02.pdf?dl=0
4. Chikrii A.A, Chikrii G.Ts., Zhykovskiy V.J. Game problems of control for functional differential systems // Taylor and Francis, Poland, Lublin. – 2017. – 55 p.
<http://tandfonline.com/action/doSearch?AllField=Chikrii+A.A%2C+Chikrii+G.Ts.%2C+Zhykovskiy+V.J.++Game+problems+of+control+for+functional+differential+systems>
5. WEB-сторінку кластерних систем Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://icybcluster.org.ua/>