



СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ І ЗОБРАЖЕНЬ

ID 4533

Шифр, назва спеціальності та освітній рівень	174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (бакалавр)	Назва освітньої програми	Комп'ютерно-інтегровані системи автоматики та робототехніки (2025)
	G7 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (доктор філософії)		
Тип програми	Освітньо-професійна	Мова викладання	Українська
Факультет	Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії (ФПТ)	Кафедра	Каф. автоматизації технологічних процесів і виробництв (АВ)

Викладач/викладачі

Трембач Ростислав Богданович, канд. техн. наук, доцент, доцент, [профіль на порталі "Науковці ТНТУ"](#)

Загальна інформація про дисципліну

Мета курсу	Метою вивчення дисципліни «Цифрова обробка сигналів та зображень» є отримання знань про теоретичні основи цифрової обробки сигналів, про алгоритмічну та практичну реалізацію основних методів обробки.
Формат курсу	Формат курсу: для очної, заочної, дистанційної форм навчання.
Компетентності ОП	Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.
Програмні результати навчання з ОП	Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.
Обсяг курсу	Очна (денна) форма здобуття освіти: Кількість кредитів ECTS — 4; лекції — 32 год.; лабораторні заняття — 32 год.; самостійна робота — 56 год.; Заочна форма здобуття освіти: Кількість кредитів ECTS — 4; лекції — 6 год.; лабораторні заняття — 8 год.; самостійна робота — 106 год.;
Ознаки курсу	Рік навчання — 2; семестр — 3; Вибіркова дисципліна; кількість модулів — 2;
Форма контролю	Поточний контроль: екзамен Підсумковий контроль: екзамен
Компетентності та дисципліни, що є	Вища математика Архітектура комп'ютерних систем

передумовою для
вивчення

Матеріально-технічне
та/або інформаційне
забезпечення

Матеріально-технічне забезпечення, що використовується на кафедрі АВ.

СТРУКТУРА КУРСУ

Лекційний курс

Годин
ОФЗО ЗФЗО

Лекція 1. Основні поняття цифрової обробки сигналів.

Основні задачі обробки сигналів. Галузі застосування ЦОС. Процес обробки сигналів. Поняття про сигнал. Розмірність сигналу. Модуляція сигналів. Реєстрація та детектування сигналів. Область визначення сигналу. Розмірність сигналу. Параметри та характеристики сигналів. Загальні поняття про опис сигналів. Загальна класифікація сигналів. Аналогові та цифрові сигнали.

2 0,5

Лекція 2. Математичні моделі сигналів.

Математичні моделі сигналів. Класифікація сигналів за представленням. Детерміновані та випадкові сигнали. Основні класи детермінованих сигналів. Періодичний сигнал. Квазіперіодичні та аперіодичні сигнали. Аперіодичні (імпульсні) сигнали. Основні класи випадкових сигналів. Шуми та завади. Джерела шумів і завад. Класифікація шумів та завад.

4 0,5

Лекція 3. Математичні основи обробки сигналів.

Абстрактний простір сигналів. Лінійний простір. Метричний простір. Нормований простір. Збіжність у просторі. Повнота простору. Банаховий простір. Скалярний добуток. Гільбертовий простір. Нерівність Буняковського-Шварца та неперервність скалярного добутку. Слабка збіжність у Гільбертовому просторі. Ортогональні системи елементів та породжувані ними підпростори. Теорема про ортогоналізацію (Процес Грама - Шмідта). Приклади ортонормованих систем. Ряди Фур'є в ортонормальних системах. Оптимальність розкладу сигналу за ортогональним базисом. Лінійні оператори. Обмежений оператор. Неперервний оператор. Необмежені і не неперервні оператори. Зворотній оператор. Спеціальні оператори. Представлення операторів у Гільбертовому просторі. Множення елементів простору між собою. Згортка.

4 1

Теми занять, короткий
зміст

Лекція 4. Фур'є аналіз сигналів.

Спектральні представлення сигналів. Спектральна діаграма періодичного сигналу. Комплексна форма ряду Фур'є. Рівність Парсеваля. Нерівність Беселя. Інтегральне перетворення Фур'є. Перехід від ряду Фур'є до інтегрального перетворення. Основні властивості перетворення Фур'є. Властивості дійсної і уявної частин спектральної щільності. Спектральна щільність сигналу, зміщеного в часі і за частотою. Залежність спектральної щільності сигналу від вибору масштабу виміру часу. Спектр оберненого імпульсу. Спектральна щільність різних сигналів. Зв'язок перетворення Фур'є з коефіцієнтами ряду. Спектральна щільність ряду Фур'є. Ефект Гібса. Дискретне перетворення Фур'є. Зв'язок між спектрами аналогового і дискретного сигналів. Відновлення аналогового сигналу з його рівномірної вибірки. Ефекти, обумовлені кінцевою довжиною реалізації. Віконні функції. Дійсне дискретне перетворення Фур'є. Швидке перетворення Фур'є.

4 0,5

Лекція 5. Z- перетворення та його властивості.

Z-перетворення неперервної функції. Зворотне Z-перетворення. Зв'язок із перетворенням Лапласа та Фур'є. Властивості Z-перетворення.

2 0,5

Лекція 6. Кореляційний аналіз сигналів.

Енергетичні спектри сигналів. Принципи кореляційного аналізу. Кореляційний аналіз сигналів. Порівняння сигналів, зсунутих у часі. Автокореляційна функція сигналу. АКФ різних типових сигналів. Автокореляційна функція необмежено протяжного сигналу. Зв'язок між спектром сигналу і його автокореляційною функцією. АКФ сигналу з рівномірним та обмеженим за частотою енергетичним спектром. Обмеження на вид автокореляційної функції сигналу. Автокореляційна функція дискретного сигналу. Опис складних сигналів з дискретною структурою. Взаємкореляційна функція двох сигналів. Властивості взаємкореляційної функції. Зв'язок ВКФ з взаємною спектральною щільністю. Коефіцієнт кореляції двох сигналів.

4 0,5

Лекція 7. Цифрова фільтрація сигналів.

Класифікація фільтрів. Класифікація за видом частотної характеристики. Лінійні стаціонарні фільтри. Імпульсна характеристика фільтра. Класифікація фільтрів за імпульсною характеристикою. Трансверсальні цифрові фільтри. Імпульсна характеристика фільтра. Рекурсивні ЦФ. Стійкість рекурсивних фільтрів. Задача синтезу цифрових фільтрів. Синтез цифрового фільтра на основі скінченної імпульсної характеристики. Синтез цифрового фільтра на основі нескінченної імпульсної характеристики фільтра. Синтез цифрового фільтра на основі аналогового фільтра-прототипу. Синтез фільтра як задача оптимізації. Синтез цифрового фільтра за правилами синтезу аналогових фільтрів. Апроксимація АЧХ фільтрів. Порядок розрахунку фільтра.

4 1

Лекція 8. Оптимальна фільтрація сигналів.

Оптимальна фільтрація сигналів. Задача оптимальної фільтрації сигналів. Оптимальна фільтрація сигналів відомої форми. Узгоджений лінійний фільтр. Передавальна функція узгодженого фільтра. Оптимальна фільтрація сигналів певного класу. Адаптивні фільтри. Фільтр Калмана.

4

0,5

Лекція 9. Основи цифрового представлення зображень та їх обробки.

Зображення як багатовимірні сигнали. Представлення зображень. Моделі кольорових зображень. Дискретизація зображень. Інтерполяційний ряд відновлення двовимірного сигналу. Представлення дискретизованих зображень. Квантування зображень за значенням яскравості. Основні методи обробки зображень. Етапи обробки зображень. Поточкові методи обробки зображень. Еквіалізація гістограми. Локальні методи обробки зображень. Лінійні фільтри. Нелінійні фільтри. Нелінійні фільтри виділення границь. Глобальні методи обробки зображень. Двовимірне перетворення Фур'є. Фільтрація зображень в частотній області. Передискретизація зображення. Пошук фрагментів на зображенні.

4

1

РАЗОМ:

32

6

Лабораторний практикум (теми)	Годин	
	ОФЗО	ЗФЗО
Лабораторна робота 1: Цифрові сигнали та зображення в системі Mathcad.	2	0,5
Лабораторна робота 2: Дослідження шумів аналого-цифрового перетворювача та способи їх зменшення.	4	1
Лабораторна робота 3: Неперервний спектральний аналіз сигналів.	4	1
Лабораторна робота 4: Дискретне перетворення Фур'є.	4	1
Лабораторна робота 5: Кореляційний аналіз сигналів.	2	0,5
Лабораторна робота 6: Дослідження нестационарних сигналів спектральними методами.	4	1
Лабораторна робота 7: Цифрові фільтри.	4	1
Лабораторна робота 8: Оптимальна та адаптивна фільтрація сигналів.	4	1
Лабораторна робота 9: Основи цифрового представлення зображень та їх обробки.	4	1
РАЗОМ:	32	8

ІНШІ ВИДИ РОБІТ

Теми, короткий зміст

Інформаційні джерела для вивчення курсу

Навчально-методичне забезпечення

1. Пісьціо В.П., Медвідь В.Р., Микулик П.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи №1 "Цифрові сигнали та зображення в системі Mathcad". Тернопіль: ТНТУ, 2023. 12 с.
2. Пісьціо В.П., Медвідь В.Р., Микулик П.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи №2 "Дослідження шумів аналого-цифрового перетворювача та способи їх зменшення". Тернопіль: ТНТУ, 2023. 13 с.
3. Пісьціо В.П., Медвідь В.Р., Микулик П.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи №3 "Неперервний спектральний аналіз сигналів". Тернопіль: ТНТУ, 2023. 17 с.
4. Пісьціо В.П., Медвідь В.Р., Микулик П.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи №4 "Дискретне перетворення Фур'є". Тернопіль: ТНТУ, 2023. 17 с.
5. Пісьціо В.П., Медвідь В.Р., Микулик П.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 5 "Кореляційний аналіз сигналів". Тернопіль: ТНТУ, 2023. 15 с.
6. Пісьціо В.П., Медвідь В.Р., Микулик П.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 6 "Дослідження нестационарних сигналів спектральними методами". Тернопіль: ТНТУ, 2023. 8 с.
7. Пісьціо В.П., Медвідь В.Р., Микулик П.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 7 "Цифрові фільтри". Тернопіль: ТНТУ, 2023. 18 с.
8. Пісьціо В.П., Медвідь В.Р., Микулик П.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 8 "Оптимальна та адаптивна фільтрація сигналів". Тернопіль: ТНТУ, 2023. 14 с.
9. Пісьціо В.П., Медвідь В.Р., Микулик П.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 9 "Основи цифрового представлення зображень та їх обробки". Тернопіль: ТНТУ, 2023. 22 с.

Рекомендована література

Базова

1. Бабак В. П. Обробка сигналів: підручник для вузів / В. П. Бабак, А. І. Хандецький, Е. Шрюфер – Київ: Либідь, 1996. – 390 с.
2. Ваврук Є. Я. Цифрове опрацювання сигналів та зображень, алгоритми та реалізація: навчальний посібник / Є. Я. Ваврук, Р. Б. Попович – Національний університет “Львівська політехніка”, 2008. – 147 с.
3. Яцимірський М. М. Швидкі алгоритми ортогональних тригонометричних перетворень / М. М. Яцимірський // – Львів: Академічний Експрес, 1997. – 219 с.
4. Ваврук Є. Я. Моделі контролю і діагностики систем опрацювання сигналів / Є. Я. Ваврук, В. А. Коваль // Зб. наук. праць “Моделювання та інформаційні технології”. – Інститут проблем моделювання в енергетиці НАНУ, 2006 – Вип. 35. – С. 131–139.
5. Ваврук Є. Я. Організація контролю та діагностики ШПФ-схем у режимі реального часу в системах опрацювання сигналів / Є. Я. Ваврук // Вісник НУ

“Львівська політехніка”, комп’ютерні системи та мережі. – 2004. – № 523. – С 24–29.

6. Наконечний А. Й. Цифрова обробка сигналів: Навчальний посібник / А. Й. Наконечний, Р. А. Наконечний, В. А. Павлиш. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 368 с.

7. Дробик О. В. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах: Навчальний посібник / О. В. Дробик, В. В. Кідалов, В. В. Коваль, Б. Я. Костік, В. С. Лазебний, Г. М. Розорінов, Г. О. Сукач. – К.: Наукова думка, 2008. – 144 с.

8. Бондарев В. Н. Цифрова обробка сигналів, методи і засоби: підручник для вузів / В. Н. Бондарев, Г. Трестер, В. С. Чернега. – Харків: Конус, 2001. – 398 с.

9. Рибальченко М.О. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник / М. О. Рибальченко, О. П. Єгоров, В. Б. Зворикін. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 79 с.

10. Філатова Г.Є. Проектування цифрових фільтрів: навчальний посібник / Г.Є. Філатова. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – 120 с.

11. Заболотній С. В. Цифрове оброблення сигналів: навчальний посібник С. В.Заболотній За ред. проф. Ю. Г. Леги – Черкаси, ЧДТУ, 2010. – 119 с.

12. Шрюфер Е., Обробка сигналів. Цифрова обробка дискретизованих сигналів / Е. Шрюфер. – Київ, Либідь, 1992. -294 с.

Допоміжна

1. Gales M. The Application of Hidden Markov Models in Speech Recognition / M. Gales, S. Young // Foundations and Trends in Signal Processing. – 2007. – Vol. 1, No. 3. – P. 195–304.

2. Hudson G. JPEG-1 standard 25 years: past, present, and future reasons for a success / G. Hudson, A. Léger, B. Niss, I. Sebestyén, J. Vaaben // Journal of Electronic Imaging. – 2018. – Vol. 27, No. 4. – 040901.

3. Rabiner L. Fundamental of Speech Recognition / L. Rabiner, B. H. Juang, B. Yegnanarayana – New Delhi, India: Pearson Education Inc., 2009. – P. 497.

4. Shapiro J. M. Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients / J. M. Shapiro // IEEE Transactions on Signal Processing. – 1993. – Vol. 41, No. 12. – P. 3445–3462.

5. Xiong Z. The Essential Guide to Image Processing / Z. Xiong, K. Ramchandran (Ed. A. C. Bovik) – NY: Academic Press, 2009. – P. 463–493, Ch. 18: Wavelet Image Compression.

6. Lim Jae S. Two-dimentional signal processing – Prentice Hall signal processing series, 1990, P. 694.

7. Whitley D. L. Evolution, The Baldwin Ectand Function Optimization .In : Pro c. Parallel Problem Solving from Nature / D. L. Whitley, V. S. Gordonand. – Berlin, Springer Verlag, 1994.

Політики курсу

Політика контролю	Використовуються такі засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання: поточне опитування; тестування; виконання індивідуальних завдань та презентацій; оцінювання результатів виконаних самостійних робіт; бесіди та обговорення проблемних питань; дискусії; індивідуальні консультації; екзамен. Можливий ректорський контроль.
Політика щодо консультування	Консультації при вивченні дисципліни проводяться згідно затвердженого на кафедрі . Консультування передбачено як очно ,так і з використанням ресурсів електронного навчального курсу у середовищі електронного навчання університету.
Політика щодо перескладання	Студент має право на повторне складання модульного контролю з метою підвищення рейтингу протягом тижня після складання модульного контролю за графіком. Перескладання екзамену відбувається в терміни, визначені графіком освітнього процесу. Здобувач ВО має право на зарахування результатів навчання здобутих у неформальній чи інформальній освіті.
Політика щодо академічної доброчесності	При складанні усіх видів контролю у середовищі електронного навчання завжди активується система розпізнавання особи, що складає контроль. Усі практичні роботи у ЕНК перевіряються вбудованою системою Антиплагіат. При складанні усіх форм контролю забороняється списування, у тому числі з використанням сучасних інформаційних технологій.
Політика щодо відвідування	Відвідування занять є обов'язковим компонентом освітнього процесу. За наявності поважних причин (наприклад, хвороба, особливі потреби, відрядження, сімейні обставини, участь у програмах академічної мобільності тощо) навчання може здійснюватися за індивідуальним графіком, погодженим з деканом факультету.

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ

Розподіл балів, які отримують студенти за курс

Модуль 1			Модуль 2			Підсумковий контроль		Разом з дисципліни
Аудиторна та самостійна робота			Аудиторна та самостійна робота			Теоретичний курс	Практичне завдання	100
Теоретичний курс (тестування)	Лабораторна робота		Теоретичний курс (тестування)	Лабораторна робота				
20	18		20	17		15	10	
№ лекції	Види робіт	К-ть балів	№ лекції	Види робіт	К-ть балів			
Тема 1	Лабораторна робота №1	6		Лабораторна робота №5	3			
Тема 2	Лабораторна робота №2	4	Тема 6	Лабораторна робота №6	4			
Тема 3	Лабораторна робота №3	4	Тема 7	Лабораторна робота №7	4			
Тема 4	Лабораторна робота №4	4	Тема 8	Лабораторна робота №8	3			
Тема 5			Тема 9	Лабораторна робота №9	3			

Розподіл оцінок		
Сума балів за навчальну діяльність	Шкала ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	Відмінно
82-89	B	Добре
75-81	C	Добре
67-74	D	Задовільно
60-66	E	Задовільно
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	F	Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни
Затверджено рішенням кафедри АВ, протокол №1 від «28» серпня 2025 року.		