

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет електроніки та комп'ютерних технологій**  
**Кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій**

**Затверджено**

На засіданні кафедри ОЕІТ  
факультету електроніки та комп'ютерних  
технологій  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол №8 від 20 серпня 2024 р.)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«ЦИФРОВА ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ»,**  
**що викладається в межах ОПП «Інформаційні системи та технології»**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів з спеціальності**  
**121 Інженерія програмного забезпечення**

**Львів 2021**

<b>Назва дисципліни</b>	Цифрова обробка інформації
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	м. Львів, вул. Ген. Тарнавського, 107
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	12 Інформаційні технології, 121 «Інженерія програмного забезпечення»
<b>Викладачі дисципліни</b>	Половинко Ігор Іванович доктор фіз мат. наук, професор
<b>Контактна інформація викладачів</b>	ihor.polovynko@lnu.edu.ua
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr-inf-121-inzheneria-prohranno-ho-zabezpech">https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr-inf-121-inzheneria-prohranno-ho-zabezpech</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Цифрова обробка інформації» є вибірковою дисципліною зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» для освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення» яка викладається у 5семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Курс розпочинається з основних понять інформації, таких як групування за ознаками, об'єктивність інформації ,форми її представлення . В подальшому описуються її властивості:Символьна , текстова та графічна форма. Атрибути інформації. Ентропія інформаційної системи та її властивості. Ступінь інформативності повідомлення. Тезаурусна міра інформації. Цінність інформаційного повідомлення. Перетворення сигналів у дані і інформацію. Визначення поняття сигналу. Часове частотне і просторове представлення сигналу. Відповідність між даними і інформацією. Достовірність даних. Інформаційний процес перетворення даних. Ввід та виведення даних. Інформаційний процес перетворення даних. Ввід та виведення даних. Частотні методи опрацювання інформації у зображеннях. Нанесення цифрових підписів. Інформаційне моделювання в автоматизованих системах управління. Технології видобування інформації.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою викладання навчальної дисципліни є одержання студентами знань про теоретичні та практичні аспекти подання та обробки інформації у різних областях. Розглянуто поняття та тлумачення теорії інформації. Проаналізувано різні види подання інформаційних гармонічних та негармонічних сигналів і алгоритми швидких обчислень інформаційних даних. Розглянуто теоретичні питання, що пов'язаних з опрацюванням неперіодичних одно- та багатовимірних сигналів у часо-частотній вейвлет-області. Вказано на конкретні напрямки використання таких перетворень для фільтрації, компресії та оцінки параметрів інформації. Наголошено на перспективності використання наведених методів для створення високозахисених цифрових маркерів.

<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<p>Основна</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Marion <i>An Introduction to Image Processing</i>, Chapman and Hall, 1991, p 274.</li> <li>2. R.C. Gonzalez, E.R. Woods, "Digital Image Processing" Second Edition Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey 07458, P. 797, 2017.</li> <li>3. А.Й. Наконечний, Р.А. Наконечний, В.А. Павлиш Цифрова обробка сигналів, В-во львівської політехніки, Львів, 2010, 308с.</li> <li>4. Гужва В.М. Інформаційні системи і технології на підприємствах Київ КНЕУ 2004-400с.</li> <li>5. Згуровський, Ровський М.З. Вступ до комп'ютерних інформаційних технологій. В-во Європейського університету 2002-205</li> </ol> <p>Додаткова.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Медиковський М.О., Ткаченко Р.О., Цмоць Р.Г. Інтелектуальні компоненти інтегрованих автоматизованих систем управління. Львів, Видавництво Львівської політехніки, 2015, 277с</li> <li>2. Коханович Г.Ф., Пузиренко Ф.Ю. Комп'ютерна стеганографія. Теорія і практика-Київ: Київ- Прес, 2006.-288с</li> <li>3. Ihor Polovynko, Digital signature creation by using discrete cosine and wavelet transformations, <i>Electronics and Information Technology</i>, 2018- Issue10. – PP.86-98</li> <li>Ihor Polovynko Marcing of the Color Images by Using Wavelet Transformations, <i>Electronics and Information Technology</i> – 2021 – Issue15. – PP.59-66 .</li> <li>5. I. Polovynko, L. Kniazevich IMPROVEMENT OF IMAGES BY USING GRADUATE TRANSFORMATIONS OF THEIR FOURIER REPRESENTATIONS. <i>Technology Audit and Innovation Reserves</i>, № 2(58) 2021, P.16-19</li> </ol>
<b>Обсяг курсу</b>	64 години аудиторних занять. З них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт та 41 година самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Після завершення курсу студенти повинні вміти:</li> <li>- ідентифікувати різноманітні інформаційні сигнали. Працювати з сенсорами фізичних сигналів і перетворювати сигнали на інформацію. Створювати високозахисні цифрові підписи з використанням дискретного косинусного та малохвильового перетворення. Наносити цифрові підписи різної складності на документи та зображення в різних форматах. Здійснювати дискретну згортку інформаційних сигналів а також їх масштабувати, стискати та здійснювати зсув у часі. Користуватись Z-перетворенням та перетворенням Гільберта. Здійснювати нелінійні перетворення інформаційних сигналів. Обчислювати кореляцію і автокореляцію сигналів з метою зменшення інформаційних шумів.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Інформаційні сигнали, сенсори, цифрові підписи ,вейвлетне перетворення, дискретна згортка, Z-перетворення, кореляція , автокореляція , інформаційні шуми.
<b>Формат курсу</b>	Очний
<b>Теми</b>	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Іспит у кінці семестру

<b>Пререквізитами</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Вища математика», «Дискретна математика», «Основи штучного інтелекту», «Бази даних та знань», «Інтелектуальний аналіз даних», «Нейронні мережі», «Глибоке навчання», «Обробка й аналіз цифрових сигналів».
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентація, лекції, лабораторні роботи, обговорення, дискусія.
<b>Необхідне обладнання</b>	Мультимедіа, платформа MS-TEAMS, комп'ютерне програмне забезпечення
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 50-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт у такому співвідношенні:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• лабораторні роботи: 64% семестрової оцінки;</li> <li>• контрольні заміри (2 модулі): 36% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 36.</li> </ul> <p>Іспит-50 балів Загалом упродовж вивчення курсу-100 балів..</p> <hr/> <p><b>Контрольні заміри проводяться у формі тестових завдань. Академічна доброчесність:</b> Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідування занять є важливою складовою навчання.</b> Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> 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.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття з метою, не пов'язаною з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<b>Питання до контрольних робіт</b>	Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань певних тем до контрольних робіт розміщені на веб-сторінці: див. вкінці силабусу
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год	Термін виконання
1	Історія розвитку та завдання цифрової обробки інформації. Основні поняття і задачі цифрової обробки інформації. Предмет обробки інформації. Історія розвитку методів і систем цифрової обробки інформації.	Лекція	1,2, 3	Вступне заняття. Постановка завдань правил та методів реалізації і звітності. Ознайомлення з правилами техніки безпеки у лабораторії.	1 тиж. семестру
2	Кількісна обробка інформації. Ентропійне поняття інформації як ступеня невизначеності системи. Властивості ентропії. Розрахунок інформації через ентропію. Тезаурусна міра інформації.		2, 3	Розрахунок ентропії інформації.	2 тиж. семестру
3	Ентропія дискретних та неперервних випадкових величин. Оцінка середнього числа бітів для передачі інформації. Рівномірний і нерівномірний розподіли	Лекція	2,3	Оцінка кількості інформації при передачі каналами зв'язку	3 тиж. семестру
4	Інформаційні сигнали та дані. Поняття сигналу. Природа та область визначення. Дані та їх інтерпретація. Зв'язок даних та інформації. Знання як інтерпретація інформації.	Лекція	3,5	Детерміновані інформаційні сигнали.	4 тиж. семестру
5	Цифрове представлення текстової інформації. Кодування даних. Системи кодування. Їх переваги і недоліки. Роздільні здатності оригіналу, екранного та друкованого зображення. Лінеатура.	Лекція	1, 2,3	Основні операції над сигналами	5 тиж. семестру
6	Цифрове представлення графічної інформації. Методи візуалізації інформації. Растрова графіка.	Лекція	2, 3, 4	Дискретна згортка сигналів	6 тиж. семестру
7	Елементи зорового сприйняття. Зчитування та реєстрація зображень.	Лекція	3,5	Кореляція та автокореляція інформаційних сигналів	7 тиж. семестру
8	Модель формування зображень. Дискретизація і квантування.	Лекція	3,5	Дискретне перетворення Фур'є	8 тиж. Семестру
9	Мова та аудіоінформація. Дискретизація та квантування		1,2	Синтез аудіоінформації	9 тиж. семес-

	мовних сигналів. Аналіз мовних сигналів у часовій та частотній областях.				тру
10	Математичні методи обробки інформаційних сигналів. Перетворення Фур'є	Лекція	3,4,6	Перетворення Лапласа	10тиж. семестру
11	Системи базисних функцій і їх властивості. Мультиплікативно-ортогоральні функції. Пліномні системи базових функцій. Функції Чебишева, Лежандрі і Лагера.	Лекція	2, 3, 4, 5	Z- перетворення	11 тиж. Семестру
12	Дискретне косинусне перетворення. Дискретне перетворення Лапласа і Z-перетворення.	Лекція	3, 4	Дискретне косинусне перетворення	12 тиж. семестру
13	Вейвлетні перетворення.			Використання вейвлетів для обробки інформації	13 тиж. семестру
14	Розпізнання інформації. Представлення та опис зображень. Ланцюгові коди. Ламані мінімальної довжини. Апроксимація ламаною лінією. Методи злиття. Методи розбиття. Сигнатури. Сегменти границь. Остови областей.			Розпізнання контурів зображень	14 тиж. семестру
15	Дескриптори границь. Нумерація фігур. Фур'є дескриптори. Статистичні характеристики.	Лекція	3, 4	Сегментація зображень	15 тиж. семестру
16	Маркування інформації. Методи перетворення даних при нанесенні маркерів. Нанесення маркерів на чорнобілі та кольорові зображення. Виділення маркерів. Оцінка ефективності нанесення маркерів. Тестування маркерів.	Лекція	3,5	Нанесення маркерів на зображення.	16 тиж. семестру

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ НА ІСПИТ ДО КУРСУ  
«ЦИФРОВА ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ»

Історія розвитку та завдання предмету цифрової обробки інформації.

**1. Інформаційні сигнали. Одновимірні інформаційні сигнали.**

**Випадкові інформаційні сигнали.** Характеристики випадкових сигналів: математичне очікування, математичне очікування квадрату, дисперсія, кореляційний момент, кореляційна функція випадкового процесу. Кореляційний момент. Автокореляція. Автокореляція випадкового сигналу. Спектральні характеристики випадкових сигналів. Параметри випадкових сигналів. Стаціонарні у широкому розумінні випадкові процеси. Потужність випадкового сигналу.

**Мовні сигнали.** Модель формування мовного сигналу. Вокалізовані та фрикативні звуки. Параметри та завдання цифрової моделі мови. Дискретизація та квантування мовних сигналів. Відношення сигнал/шум для мовного сигналу. Функції компресії та декомпресії мовного сигналу. Врахування надлишковості мовного сигналу. Диференційний імпульсно-кодовий модулятор мови. Аналіз мовних сигналів у часовій області. Оцінка періоду основного тону мовного сигналу. Аналіз мовних сигналів у частотній області. Барк- та мел-шкали суб'єктивних частот. Короткочасний спектральний аналіз звукових сигналів. Гомоморфна система аналізу мови. Аналіз мови на основі лінійного передбачення.

**Двовимірні інформаційні сигнали.** Спектральний діапазон обробки відеоінформації. Галузі використання цифрової обробки відеоінформації. Формування зображень за допомогою гамма- та ікс-променів. Обробка інформації у ультрафіолетовому, видимому та інфрачервоному діапазоні випромінювання. Відеоінформація у мікрохвильовому та радіодіапазоні. Основні стадії цифрової обробки відеоінформації. Особливості сприйняття інформації людським оком. Яскравна адаптація та контрастна чутливість ока. Зчитування та реєстрація зображень. Будова сенсорів оптичного випромінювання. Реєстрація за допомогою одиничного сенсора та лінійки сенсорів. Реєстрація за допомогою матриці чутливих елементів. Модель формування зображень. Дискретизація та квантування зображень. Представлення цифрового зображення. Просторове і яскравне розділення на зображеннях. Ефекти збільшення і зменшення цифрових зображень

**2. Представлення та вимірювання інформації.** Групування інформації за ознаками. Умовна та безумовна інформація. Визначення інформації. Форми представлення інформації: символна текстова, графічна. Атрибути інформації. Форми адекватності інформації. Тезаурусна міра інформації. Цифрове представлення інформації. Системи кодування ASCII та UNICODE. Цифрове представлення графічної інформації. Растровий спосіб формування зображень. Поняття роздільної здатності. Гістограма обробка інформації. Нормалізація гістограм. Форми гістограм. Еквалізація гістограм. Використання гістограмних статистик. Градаційне перетворення. Перетворення зображення у негатив. Логарифмічне перетворення. Степеневе перетворення. Обробка інформації у псевдокольорах. Метод квантування за яскравістю та галузі його використання. Ентропійний опис інформації. Зв'язок ентропії і інформації. Передавання інформації. Ансамбль повідомлення. Обчислення середньої кількості інформації на один символ. Параметри каналу зв'язку. Властивості ентропії. Приклади обчислення ентропійної інформації. Загальна схема передачі інформації. Передача інформації каналами зв'язку. Умовна ентропія. Середня взаємна інформація. Обчислення ентропії двійкової системи. Основні теореми кодування. Схема пристрою для кодування. Теорема кодування для каналу без шуму. Блокові випадкові величини. Довжини кодових слів. Приклади кодування з розширенням. Двійковий випадок. Теорема кодування для каналу з шумом. Приклад двійкового каналу з шумом. Швидкість роботи коду. Теорема про зв'язок швидкості передачі і спотворення інформації. Величина спотворення. Зв'язок швидкості передачі із величиною спотворення. Обчислення швидкості передачі методами варіаційного числення.

**3. Математичний апарат. Перетворення Фур'є.** Перетворення Фур'є періодичних сигналів. Складання періодичних сигналів. Розклад за системою ортогональних комплексних експоненціальних функцій. Розклад неперіодичних сигналів. Інтегральне перетворення Фур'є. Визначення спектральної густини прямокутного імпульсу. Визначення спектральної густини затухаючого сигналу. Визначення спектральної густини дельта-функції. Властивості інтегрального перетворення Фур'є. Інтегральне перетворення згортки сигналів.

**Узагальнені ряди Фур'є.** Властивості базисних функцій узагальнених рядів Фур'є. Системи мультиплікативно-ортогональних функцій. Поліноміальні системи базисних функцій. Поліноми Чебишева. Неперервні базисні системи функцій Уолша.

**Неперервні системи та їх властивості.** Імпульсна та частотна характеристики системи. Інтеграли Дюамеля. Лінійна згортка. Перетворення Лапласа і передавальна функція.

**Дискретні сигнали і системи.** Процес дискретизації сигналу. Теорема Віттекера-Найсквіста-Шеннона (ВНШ). Умови відтворення неперервного сигналу. Дискретно-неперервне перетворення Фур'є. Дискретне перетворення Фур'є та його властивості. Швидке перетворення Фур'є та його переваги над ДПФ. Схема базового ДПФ-«Метелик». Дискретна згортка та її обчислення. Дискретне

перетворення Лапласа. Z-перетворення та його властивості. Приклади Z-перетворень. Дискретна згортка та її обчислення.

*Дискретне пряме і обернене двовимірне перетворення Фур'є.* Амплітуда і фаза перетворення. Зміщення початку координат. Симетрія фур'є-перетворення. Дискретне косинусне перетворення. Нормування функцій. Зв'язок ДКП і поліномів Чебишева. Схема використання ДКП.

#### **4. Інформаційні елементи та пристрої. Аналогова та цифрова фільтрація інформаційних даних.**

Методи проектування аналогових фільтрів. ФНЧ Баттерворта. ФНЧ Чебишева. Еліптичні ФНЧ. Лінійні дискретні системи. Імпульсна характеристика лінійної дискретної системи. Рівняння функціонування ЛДС. Принцип дії ЛДС першого порядку. Рекурсивні та нерекурсивні цифрові фільтри. Схема рекурсивного фільтру. Визначення АЧХ рекурсивного фільтру першого порядку.

**Відновлення інформації. Відновлення даних.** Програмний спосіб відновлення даних. Відновлення структури файлів системи. Відновлення сигнатури. Програмно-апаратний спосіб. Відновлення при механічних та електричних пошкодженнях

*Відновлення двовимірної інформації.* Модель процесу спотворення. Види шумів. Гаусівський, Релея, Ерланга, експоненціальний, рівномірний, імпульсний. Гістограми шумів. Періодичні шуми. Просторове відновлення. Побудова оцінок параметрів шуму. Просторова фільтрація. Усереднюючі фільтри. Середньоарифметичний фільтр, середньогометричний фільтр, середньо гармонічний фільтр, контр гармонічний фільтр. Фільтри що ґрунтуються на порядкових статистиках. Медіанні фільтри. Фільтри максимального і мінімального значення. Фільтр серединної точки. Фільтр відсікання середнього. Адаптивні фільтри.

*Відновлення частотними фільтрами.* Режекторні фільтри. Смугові та вузькосмугові фільтри.

*Відновлення від складних завад.* Оптимальна вузько смугова фільтрація. Лінійні трансляційно-інваріантні спотворення. Оцінка спотворюючої функції: на основі візуального аналізу; на основі експерименту; на основі моделювання. Інверсна фільтрація. Фільтрація методом мінімізації середньоквадратичного відхилення. Метод Вінера. Порівняння вінерівської і інверсної фільтрації.

*Відновлення за допомогою геометричних перетворень.* Просторове перетворення. Інтерполяція значень яскравості.

**Виявлення окремих елементів інформації.** Сегментація. Виявлення розривностей яскравості. Виявлення точок. Загальна методика виявлення ліній. Виявлення ліній заданого напрямку. Виявлення перепадів. Лацюгові коди. Апроксимація ламаною лінією. Метод злиття. Метод розбиття. Сигнатури. Використання Фур'є-дескрипторів. Використання уявної площини. Відновлення при обмеженому числі коефіцієнтів.