

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 № 6 від 29.07 2023 р.)

Завідувач кафедри



Олег КУШНІР

Силабус з навчальної дисципліни
«ЦИФРОВА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ»,
що викладається в межах ОПП «Інженерія програмного забезпечення» першого (бака-
лаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з спеціальності
121 «Інженерія програмного забезпечення»

Львів 2023

Назва дисципліни	Цифрова обробка зображень
Адреса викладання дисципліни	м. Львів, вул. Ген. Тарнавського, 107
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра оптоелектроніки та інформаційних технологій
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 Інформаційні технології, 121 «Інженерія програмного забезпечення»
Викладачі дисципліни	Половинко Ігор Іванович доктор фіз мат. наук, професор
Контактна інформація викладачів	ihor.polovynko@lnu.edu.ua
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	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.
Сторінка дисципліни	https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr-zobr-121-inzheneria-prohranno-ho-zabezpech
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Цифрова обробка зображень» є вибірковою дисципліною зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» для освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення» яка викладається у 6 семестрі в обсязі 5,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Використання відеоінформації у сучасному світі стрімко зростає. Вона використовується у різноманітних системах моніторингу, спостереження ,технічного зору. Усі вони реєструють і передають великі об'єми відеоданих. На основі цих даних функціонують різноманітні автономні системи (роботи), персоналізоване телебачення, поліграфія зі значно кількістю ілюстрацій, медицина ,Інтернет та інші важливі напрямки. Представлений курс «Цифрова обробка зображень» присвячений базовим поняттям і методології комп'ютерної обробки зображень. Він дає основу для подальшого вивчення цієї багатогранної області знань, яка швидко розвивається. У лекційному курсі розглянуті усі основні напрямки обробки і аналізу зображень , методи фільтрації, покращення, відновлення як чорно-білих так і кольорових зображень. Усі розділи курсу супроводжуються значною кількістю ілюстрацій та лабораторними роботами.
Мета та цілі дисципліни	Основною метою викладання дисципліни є надання студентам необхідних теоретичних та практичних аспектів комп'ютерної обробки зображень. Ряд із розглянутих алгоритмів реалізовані і широко використовуються у відомих пакетах цифрової обробки зображень. Розглядаються основні напрямки обробки і аналізу зображень, включаючи основні теорії сприйняття і реєстрації відеоінформації, методи фільтрації, мало хвильові перетворення, покращення, відновлення і стиску чорно-білих і кольорових зображень. Розглядаються також питання сегментації та морфологічний аналіз зображення

Література для вивчення дисципліни

Основна

1. А.Й. Наконечний, Р.А. Наконечний, В.А. Павлиш Цифрова обробка сигналів, В-во львівської політехніки, Львів, 2010, 308с.
2. Gonzales R., Woods R. Digital image processing (2th) – Prentice Hall. – 2017. – 802.
3. Brown, Robert Grover; Hwang, Patrick Y.C. (1996). *Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering* (3 ed.). New York: John Wiley & Sons.
4. Половинко, О. Семочко Кількісна оцінка вінерівської фільтрації зображень// Електроніка та інформаційні технології. – 2023. – Вип.22 – С. 24-33.
5. І.Половинко, О.Семочко Метод оцінки відновлення зображень із використання просторових і частотних фільтрів // International Science Journal of Engineering & Agriculture-2022 1(4) PP. 8-18.
6. Лімонов О.С. Цифрова обробка і передача інформації. Методичні вказівки. Одеса 2014, 20с.
7. James L. Massey/ Applied Digital Information Theory/ Lecture NotesETH Zurich, 1998, 153.
8. Згуровський М.З. Вступ до комп'ютерних інформаційних технологій; [навч. посіб] Згуровський М.З., І.І. Коваленко, В.М. Михайленко.-К.; ид-во Європ., ун-ту, 2002. - 265с.
9. Kenneth R “Trust in digital information”,Journal of American Society for Information Science and Technology, Vol.59, Issue 3 ,pp.363-374, 2008
10. Г.І. Василенко,А.М. Тараторін.- Відновлення зображень.-Радио і зв'язок. 1986.311с.
11. Pratt W.K. Digital Image Processing. – John Wiley and Sons, Inc., USA, 1978.
12. Половинко І.І., Кашуба А.І. (2020). Колірні перетворення космознімків із врахуванням відбитого та розсіяного світла. Міжнародний науково-технічний журнал, 65 (1), 11-16
13. І. Половинко, Л. Князевич «Аналіз Фур'є - образів зображень із використанням амплітудних і фазових перетворень»// Актуальні проблеми фундаментальних наук : матеріали IV Міжнародна наукова конференція (Луцьк – Світязь, 01 – 05 черв. 2021 р.) – Луцьк: Вежа - Друк, 2021. С.189-191

Додаткова(інтернет-ресурси)

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Wiener_filter
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Kalman_filter
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Generalized_Wiener_filter
4. <http://www.it.uom.gr/teaching/linearalgebra/NumericalRecipiesInC/c12-0.pdf>
5. <http://www.it.uom.gr/teaching/linearalgebra/NumericalRecipiesInC/c13-3.pdf>
6. <http://www.it.uom.gr/teaching/linearalgebra/NumericalRecipiesInC/c13-1.pdf>
7. <http://www.it.uom.gr/teaching/linearalgebra/NumericalRecipiesInC/c12-2.pdf>
8. <http://www.it.uom.gr/teaching/linearalgebra/NumericalRecipiesInC/c12-3.pdf>
9. <http://www.it.uom.gr/teaching/linearalgebra/NumericalRecipiesInC/c12-1.pdf>
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Wiener_deconvolution
11. https://en.wikipedia.org/wiki/Similarities_between_Wiener_and_LMS

	<p>12. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2</p> <p>13. https://studfile.net/preview/733732/page:17/</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 165 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 годин лабораторних робіт. Самостійної роботи: 101 год.
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде:</p> <p>знати: Процеси віднімання зображень. Усереднення зображень. Лінійні згладжуючі фільтри. Порядкова статистика. Просторові фільтри підвищення яскравості. Використання других похідних Лапласіана та перших похідних градієнтів. Комбінування методів посторового покращення. . Перетворення зображення в негатив. Логарифмічне перетворення. Ступеневі перетворення. Кусково- лінійні функції.. Обробку кольорових зображень. Основи теорії кольору. Колірні моделі. Модель RGB,СМУ,СМУК, HIS.</p> <p>Обробка зображень по псевдокольорах. Квантування за яскравістю. Перетворення яскравості в колір. Колірні перетворення. Колірне доповнення. Вирізання колірного діапазону. Яскрава</p> <p>Покращення з використанням арифметично-логічних операцій та просторової фільтрації</p> <p>аналіз, та опрацювання гістограм оптичних зображень; колірні моделі та зв'язки між ними</p> <p>математичні методи фільтрації зображень у частотній області та операції</p> <p>згортки; моделі шумів, методи їх нанесення та усунення.</p> <p>вміти: здійснювати градаційні перетворення зображень; отримувати гістограми т</p> <p>та вміти їх аналізувати; використовувати просторові та частотні фільтри для покращення та відновлення зображень; користуватись колірними моделями</p> <p>та здійснювати зв'язок між ними; здійснювати пряме і зворотне двовимірне перетворення Фур'є; відновлювати зображення за допомогою усереднюючих</p> <p>та Вінерівських фільтрів.</p> <p>Після вивчення даного курсу «Цифрова обробка зображень» здобувачі набудуть таких Загальних(ЗК)/Фахових(ФК) компетентностей та</p> <p>Програмних результатів навчання (ПРН):</p> <p>ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ФК15. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем.</p> <p>ФК26. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.</p> <p>ФК27. Здатність розробляти високопродуктивні програмні комплекси</p>

	<p>для вирішення задач наук про дані, систем штучного інтелекту, вбудованих та інших інноваційних систем.</p> <p>ФК29. Здатність здійснювати розробку програмних продуктів використовуючи різні методології і технології із забезпеченням їх інноваційності та високої продуктивності.</p> <p>ПРН05. Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.</p> <p>ПРН07. Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.</p> <p>ПРН13. Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.</p> <p>ПРН26. Знати засоби інтеграції, розгортання та підтримки спеціалізованих програмних компонентів, розроблених на основі інноваційних технологій для вирішення завдань високопродуктивних технологій.</p>
Ключові слова	<p>Градаційні перетворення ,гістограми, двовимірне дискретне перетворення</p> <p>Фур'є, згладжуючі оптичні фільтри, фільтри високих частот, гомоморфна фільтрація, параметри шуму, спотворюючі функції, колірні моделі : RGB, СМҮК, YSI.</p>
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	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», «Цифрова обробка інформації» «Глибоке навчання», «Цифрова обробка інформації».
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції, лабораторні роботи, обговорення, дискусія.
Необхідне обладнання	<p>Для проведення лекційних занять:</p> <ul style="list-style-type: none"> • системний блок (процесор Intel i5-6500, 8GB оперативної пам'яті, HDD 256GB) ; • мультимедійне обладнання (проектор, проекційний екран, дошка настінна, звуковий підсилювач та аудіосистема); • комутатор мережевий для доступу до мережі Internet. <p>Для проведення лабораторних занять:</p> <ul style="list-style-type: none"> • комп'ютерна лабораторія з 12-14 робочими місцями;

	<ul style="list-style-type: none"> • монітори TFT 23"; • системні блоки (процесор Intel i5-6500, 8GB оперативної пам'яті, HDD 256GB); • мультимедійне обладнання (проектор, проекційний екран, дошка настінна, звуковий підсилювач та аудіосистема); • комутатор мережевий для доступу до мережі Internet. <p>Необхідне програмне забезпечення:</p> <ul style="list-style-type: none"> • операційна система ОС Ubuntu 16 LTS; • середовища розробки на моахі програмування C++, C#, Python • компілятор мови програмування C (пакет GCC версії 11.2); • бібліотеки OpenMP (OpenMP версії 5.1), MPI (OpenMPI версії 4.1.1);
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою . Бали нараховуються за такими видами робіт у такому співвідношенні:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: 50 семестрової оцінки; контрольні заміри (4 модулі): 50% семестрової оцінки; <p>Загалом упродовж вивчення курсу-100 балів.</p> <hr/> <p>Контрольні заміри проводяться у формі тестових завдань. Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування 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>Відвідування занять є важливою складовою навчання. 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>Література. 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>Політика виставлення балів. 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> <p>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти: Нарахування балів відбувається за написання студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, участь у діяльності наукових гурт-</p>

	ків, участь у наукових семінарах та круглих столах, конкурсах, участь у заходах неформальної освіти за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах на провідних ІТ компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.
Питання до модульного контролю	Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань певних тем до контрольних робіт розміщені на веб-сторінці.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття) **лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література. * Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Історія розвитку та завдання цифрової обробки зображень. Основні поняття і задачі дисципліни. Предмет обробки зображень. Розвиток методів і систем цифрової обробки зображень.	Лекція	[1], [4], [5], [6], [9], [13] [*1], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
1	Вступне заняття. Постановка завдань правил та методів реалізації і звітності. Ознайомлення з правилами техніки безпеки у лабораторії.	Лабораторна робота	[1], [4], [5], [6], [9], [12] [*1], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
2	Градаційні перетворення. Перетворення зображення в негатив. Логарифмічне перетворення. Ступеневі перетворення. Кусково- лінійні функції..	Лекція	[1], [4], [5], [6], [9], [12] [*1], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
2	Лаб.1 Градаційні перетворення зображень.	Лабораторна робота	[1], [4], [5], [6], [9], [12] [*1], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
3	Видозміна гістограм. Еквалізація гістограм. Приведення гістограм. Локальне покращення. Гістограмні статистики.	Лекція	[1], [4], [5], [6], [9], [11] [*3], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
3	Лаб.2. Отримання гістограм, їх еквалізація і нормування	Лабораторна робота	[1], [4], [5], [6], [9], [2] [3], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня

			121-inz. pr.zab.		
4	Покращення з використанням арифметично-логічних операцій та просторової фільтрації. Віднімання зображень. Усереднення зображень. Лінійні згладжуючі фільтри. Порядкова статистика. Просторові фільтри підвищення яскравості. Використання других похідних Лапласіана та перших похідних градієнтів. Комбінування методів просторового покращення.	Лекція	[1], [4], [5], [6], [9], [8] [*3], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
4	Лаб.3 Низькочастотні та високочастотні оптичні просторові фільтри	Лабораторна робота	[1], [3], [5], [6], [9], [10] [*4], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
5	Обробка кольорових зображень. Основи теорії кольору. Колірні моделі. Модель RGB, CMY, CMYK, HIS. Обробка зображень по псевдокольорах. Квантування за яскравістю. Перетворення яскравості в колір. Колірні перетворення. Колірне доповнення. Вирізання кольорного діапазону. Яскрава і колірна корекція.	Лекція	[1], [4], [5], [6], [9], [10] [*4], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
5	Лаб.4 Колірна модель RGB	Лабораторна робота	[1], [11], [5], [6], [9], [10] [*5], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
6	Згладжування і підвищення різкості кольорових зображень. Колірна сегментація. Сегментація в колірних просторах HIS і RGB. Виявлення контурів на кольорових зображеннях. Шум на кольорових зображеннях. Стиск кольорових зображень.	Лекція	[1], [4], [5], [6], [9], [12] [*5], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
6	Лаб.5 Вивчення зв'язку між колірними моделями.	Лабораторна робота	[1], [2], [5], [6], [9], [10] [*6], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
7		Лекція		2	кінець поточного тижня
7	Лаб. 6. Колірна обробка зображень	Лабораторна робота	[1], [4], [5], [6], [9], [11] [*6], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
8	Дискретне двовимірне перетворення Фур'є.	Лекція	[1], [4], [5], [6],	2	кінець поточного тижня

			[9], [12] [*7], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .		
8	Підсумкове заняття ЗМ 1	Лабораторна робота	[1], [4], [5], [6], [9], [10] [*7], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
9	Фільтрація у частотній області. Відповідність між частотною і просторовою областями.	Лекція	[1], [4], [5], [6], [9], [7] [*8], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
9	Лаб.7. Пряме і зворотне двовимірне перетворення Фур'є	Лабораторна робота	[1], [4], [5], [6], [9], [112] [*8], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
10	Низькочастотні оптичні фільтри	Лекція	[1], [4], [5], [6], [9], [10] [*2], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
10	Лаб.8. . Обробка зображень у частотній області(низькочастотні оптичні фільтри)	Лабораторна робота	[1], [3], [5], [6], [9], [10] [*10], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
11	Високочастотні оптичні фільтри	Лекція	https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
11	Лаб.9. Обробка зображень у частотній області(високочастотні оптичні фільтри)	Лабораторна робота	https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
12	Гомоморфна частотна фільтрація	Лекція	[1], [2], [5], [6], [9], [10] [*10], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня
12	Лаб.10. Пряме і зворотне двовимірне перетворення Фур'є	Лабораторна робота	[1], [3], [5], [6], [9], [12] [*3], https://electronics.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz.pr.zab .	2	кінець поточного тижня

			rse/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.		
13	Модель шуму у процесі спотворення/відновлення зображення. Просторові і частотні властивості шуму. Функції густини розподілу імовірностей для деяких важливих типів шуму. Періодичний шум. Побудова оцінок для параметрів шуму	Лекція	[1], [7], [5], [6], [9], [10] [*11], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
13	Лаб.11. Методи зашумлення зображень	Лабораторна робота	[1], [4], [7], [6], [9], [10] [*11], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
14	Гасіння шумів методами просторової фільтрації. Усереднюючі фільтри. Фільтри що базуються на порядкових статистиках. Адаптивні фільтри. Гасіння шумів за допомогою частотної фільтрації. Режекторні фільтри. Смугові фільтри. Вузкосмугові фільтри.	Лекція	[1], [4], [5], [6], [9], [11] [*12], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
14	Лаб.12 Відновлення зображень за допомогою усереднюючих фільтрів	Лабораторна робота	[1], [4], [5], [6], [9], [12] [*12], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
15	Оптимальна вузько смугова фільтрація. Лінійні трансляційно-інваріантні спотворення. Оцінка спотворюючої функції. Візуальний аналіз зображення. Експеримент. Моделювання. Інверсна фільтрація.	Лекція	[1], [4], [5], [6], [9], [11] [*13], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
15	Лаб. 13. Відновлення зображень фільтрами Вінера.	Лабораторна робота	[1], [2], [5], [6], [9], [10] [*13], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
16	Вінерівська фільтрація. Мінімізація згладжуючого потенціалу зі зв'язком. Цифрова обробка зображень як основа штучного інтелекту.	Лекція	[1], [3], [5], [6], [9], [10] [*14], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня
16	Підсумкове заняття ЗМ 2	Лабораторна робота	[1], [4], [5], [6], [9], [10] [*14], https://electronic.s.lnu.edu.ua/course/cyf-obr.zobr-121-inz. pr.zab.	2	кінець поточного тижня