МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
Кафедра оптимального керування і економічної кібернетики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____
"12" вересня 2022 р.

# РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## *ОК 6 «Математичні методи обробки сигналів»*

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти: | *другий (магістерський)* |
| Галузь знань: | *11 Математика та статистика* |
| Спеціальність: | *113 Прикладна математика* |
| Освітня програма: | *Прикладна математика* |

ОНУ
Одеса
2022

Робоча програма навчальної дисципліни **«Математичні методи обробки сигналів»**. Одеса: ОНУ. 2022.

Розробник: Володимир Мороз, канд. техн.наук, доцент, професор кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № 1 від. “30” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри _____ Ольга КІЧМАРЕНКО

Погоджено із гарантом ОПП “Прикладна математика”.

_____ Ольга КІЧМАРЕНКО

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій
Протокол № 1 від. “09” вересня 2022 р.

Голова НМК _____ Євген СТРАХОВ
(підпис)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики
Протокол № ___ від. “____”_____20__ р.
Завідувач кафедри _____ (_____)
(підпис) (Ім’я ПРІЗВИЩЕ)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики
Протокол № ___ від. “____”_____20__ р.
Завідувач кафедри _____ (_____)
(підпис) (Ім’я ПРІЗВИЩЕ)

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни |
|---|---|---|
| | | ***Очна (денна, вечірня) форма навчання*** |
| Загальна кількість:<br><br>кредитів 4 ECTS<br><br>годин 120<br><br>змістових модулів 3 | Галузь знань<br>***11 Математика та статистика***<br><br>Спеціальність<br>***113 Прикладна математика***<br><br>Рівень вищої освіти:<br>***другий (магістерський)*** | Нормативна |
| | | ***Рік підготовки:*** |
| | | 1 |
| | | ***Семестр*** |
| | | 1 |
| | | ***Лекції*** |
| | | 20 год. |
| | | ***Практичні, семінарські*** |
| | | 20 год. |
| | | ***Лабораторні*** |
| | | |
| | | ***Самостійна робота*** |
| | | 80 год. |
| | | Форма підсумкового контролю:<br>**іспит** |

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета дисципліни:** дати знання про сучасні методи формування висновків відносно об'єктів реального світу на основі опису або моделі цих об'єктів у вигляді зображення, про формування опису сцен на основі зображень.

**Основними завданнями** дисципліни є ознайомлення з теоретичними основами та практикою часо-частотного аналізу сигналів, зокрема – гармонічного та вейвлетного аналізу, розподілом Вігнера-Віллі, перетворенням Гільберта-Хуанга, методами фільтрації зображень, апаратом математичної морфології, методами розпізнавання образів, методами оцінки руху на 2D зображеннях.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

**Інтегральна компетентність :**

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми прикладної математики у професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

**Загальних компетентностей :**

ЗК 03. Здатність ставити та вирішувати задачі на основі абстрактного мислення, аналізу й синтезу

**Фахових компетентностей:**

ФК 01. Здатність формалізувати та розв'язувати складні задачі й проблеми, які потребують оновлення й інтеграції знань, часто в умовах неповної, неточної чи недостатньої інформації та суперечливих вимог Здатність розробляти методи побудови й дослідження моделей складних систем у різних галузях людської діяльності, будувати математичні моделі природних та соціальних явищ та чисельно їх розраховувати.

ФК 02. Здатність розробляти методи побудови й дослідження моделей складних систем у різних галузях людської діяльності, будувати математичні моделі природних та соціальних явищ та чисельно їх розраховувати.

ФК 04. Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих математичних методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань.

**Очікувані результати навчання.** В результаті вивчення дисципліни аспірант повинен

***знати:*** методи і моделі аналізу сигналів (в залежності від їх лінійності/нелінійності, стаціонарності/нестаціонарності), основи фільтрації сигналів в часовій і частотній області подання сигналів, сучасні моделі і методи аналізу та обробки зображень, методи пошуку фігур, методи градієнтного оптичного потоку в послідовностях зображень, методи сегментації зображень;

***вміти:*** виконувати препроцесорну обробку сигналів, аналізувати сигнали з застосуванням відповідного базису, виконувати лінійну/нелінійну апроксимацію сигналів/зображень на основі Фур'є і вейвлетного перетворень, використовувати сучасне програмне забезпечення для пошуку об'єктів у 2D зображеннях, співставляти зображення, оцінювати рух в послідовностях зображень, виконувати стабілізацію відео.

Вміти критично осмислювати проблеми у галузі прикладної математики та на межі з іншими галузями знань. Бути здатним до проведення досліджень з метою розвитку нових знань та процедур, бути здатним інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах, бути здатним розв'язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності, бути здатним продовжувати навчання з високим ступенем автономії.

**Що забезпечує наступні програмні результати навчання:**

ПРН 06. Вміти застосовувати математичний апарат при вирішенні актуальних задач на практиці

ПРН 07. Вміти будувати моделі складних систем, обирати методи їх дослідження, реалізовувати побудовані моделі програмно та перевіряти їх адекватність за допомогою комп'ютера .

ПРН 09. Виявляти здатність до самонавчання та продовження професійного розвитку.

читати спеціальну літературу; знаходити, аналізувати та використовувати інформацію з різних довідкових джерел

## 3. Зміст навчальної дисципліни

**Змістовий модуль 1. Аналіз дискретних послідовностей і систем.**

Тема 1. Дискретні послідовності і системи. Дискретні лінійні інваріантні в часі системи та їх аналіз. Періодична дискретизація.

Тема 2. Дискретне перетворення Фур'є (ДПФ), його симетрія, лінійність, модулі та частотна вісь. Теорема про зсув. Обернене ДПФ. Частотний відгук ДПФ на комплексний вхідний сигнал. Швидке перетворення Фур'є.

Тема 3. Фільтри зі Скінченою Імпульсною характеристикою Відгуку (СІВ/FIR – Finite Impulse Response). Згортка в СІВ-фільтрах. Узагальнення дискретної згортки. Фільтри з Нескінченою Імпульсною

характеристикою Відгуку (НІВ/FIR – Finite Impulse Response). Перетворення Лапласа. Z-перетворення. Порівняння СІВ і НІВ-фільтрів.

Тема 4. Квадратурні сигнали в частотній області. Дискретне перетворення Гільберта. Аналіз нелінійних стаціонарних сигналів (Перетворення Вігнера-Віллі), лінійних нестаціонарних сигналів (вейвлетний аналіз). Перетворення Гільберта-Хуанга, емпірична модова декомпозиція.

**Змістовий модуль 2. Аналіз і обробка зображень.**

Тема 1. Метематична морфологія. Пошук прямих і опуклих фігур. Знаходження контурів, відслідковування границь існуючих областей. Детектор країв Кенні. Перетворення Хафа, знаходження прямих і дуг кіл. Моделі сегментів і знаходження високорівневих структур.

Тема 2. Співставлення (реєстрація) зображень. Ключові точки та алгоритми їх знаходження.

Тема 3. Методи оцінки і щільність руху. Рух на 2D зображеннях. Віднімання зображень. Алгоритм Хорна-Шанка. Алгоритм Лукаса-Канаде. Обчислення векторів зміщення. Оцінка якості алгоритмів виявлення оптичного потоку.

**Змістовий модуль 3. Сегментація зображень.**

Тема 1. Бінарізація зображень. Сегментація шляхом вирощування сім’я. Метод зсуву середнього. Модель зсуву середнього. Алгоритми і оптимізація в часі.

Тема 2. Сегментація як задача оптимізації. Мітки, помітки і мінімізація енергії. Приклади даних і гладкості. Алгоритм розповсюдження довіри. Розповсюдження довіри в сегментації зображень.

Тема 3. Сегментація відео, відслідковування сегментів. Центральна проекція. Системи з двома камерами і системи панорамних камер. Світові та однорідні координати.

## 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Денна форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | |
| | | л | п | лаб. | інд. | с. р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **Змістовий модуль 1. Аналіз дискретних послідовностей і систем.** | | | | | | |
| **Тема 1.** Дискретні послідовності і системи. | 2 | | | | | 2 |
| **Тема 2.** Дискретне перетворення Фур'є. | 6 | 2 | | | | 4 |
| **Тема 3.** Фільтрація сигналів. | 12 | 2 | 2 | | | 8 |
| **Тема 4.** Спеціальні види перетворень | 20 | 4 | 4 | | | 12 |
| | | | | | | |
| Разом за змістовим модулем 1 | 40 | 8 | 6 | | | 26 |
| **Змістовий модуль 2. Аналіз зображень.** | | | | | | |
| **Тема 5.** Топологія зображень і аналіз 2D геометричних фігур. | 8 | | 2 | | | 6 |
| **Тема 6.** Пошук прямих і опуклих фігур. | 12 | 2 | 2 | | | 8 |
| **Тема 7.** Методи оцінки щільності руху | 14 | 2 | 4 | | | 8 |
| Разом за змістовим модулем 2 | 34 | 4 | 8 | | | 22 |
| **Змістовий модуль 3. Сегментація зображень.** | | | | | | |
| **Тема 8.** Метод зсуву середнього. | 5 | 1 | | | | 4 |
| **Тема 9.** Сегментація як задача оптимізації. | 15 | 1 | 4 | | | 10 |
| **Тема 10.** Сегментація відео, відслідковування сегментів. | 10 | | | | | 10 |
| Разом за змістовим модулем 3 | 30 | 2 | 4 | | | 24 |
| **Усього годин** | **120** | **20** | **20** | | | **80** |

## 5. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом

## 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1. | Математичний апарат обробки сигналів. | 6 |
| 2. | Апроксимація сигналів. | 2 |
| 3. | Моделі зображень. | 2 |
| 4. | Топологія зображень і аналіз 2D геометричних фігур. | 2 |
| 5. | Пошук прямих і опуклих фігур. | 2 |

| | | |
|---|---|---|
| 6. | Методи оцінки щільності руху | 2 |
| 7. | Сегментація як задача оптимізації. | 4 |
| …. | **Разом** | **20** |

## 7. Теми лабораторних занять

Не передбачено навчальним планом

## 8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми/види завдань | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | Дискретні послідовності і системи | 2 |
| 2 | Обробка зображень | 4 |
| 3 | Точкові, локальні і глобальні оператори | 6 |
| 4 | Топологія зображень і аналіз 2D геометричних фігур. | 6 |
| 5 | Пошук прямих і опуклих фігур. | 8 |
| 6 | Методи оцінки щільності руху | 8 |
| 7 | Метод зсуву середнього. | 4 |
| 8 | Сегментація як задача оптимізації. | 10 |
| 9 | Сегментація відео, відслідковування сегментів. | 10 |
| | **Разом** | **80** |

Самостійна робота оформлюється у вигляді доповіді та (або) виконання індивідуального завдання, обговорення та оцінювання яких здійснюється на поточному та підсумковому контролі.

Самостійна робота здобувачів забезпечується засобами Google Workspace for Education.

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи**:**

– своєчасність виконання;

– доброчесність та коректність у представлені текстів, презентацій та посилань (у разі доведеного плагіату бали за роботу анулюються);

– повнота, грамотність і коректність розкриття основних положень;

– творчий підхід до постановки і реалізації завдання;

– відповідність формальним критеріям (структура, послідовність, логічність, мовна грамотність, якість оформлення тощо).

– вміння застосовувати теоретичні знання для рішення практичних завдань.

## 9. Методи навчання

Метод проблемного викладення (наукового пошуку).
Пояснювально-ілюстративні методи: лекція, пояснення, самостійне опрацювання літературних джерел, робота з електронними конспектами лекцій та презентаціями, опрацювання наукових публікацій.
Наочні методи (презентації, ілюстрації, презентації результатів власних досліджень).
Репродуктивні методи та практичні методи: розв'язування задач за алгоритмами конкретних методів, практичні роботи, виконання індивідуальних завдань.
Дослідницький метод.
Методи формування і стимулювання пізнавальної діяльності: навчальні дискусії.

## 10. Форми контролю і методи оцінювання

Методи поточного періодичного контролю: індивідуальне усне поточне опитування, оцінювання доповідей, оцінювання виконання та захисту індивідуальних завдань, письмові поточні самостійні роботи.

Підсумковий контроль - залік. Підсумкова оцінка визначається як сума балів за поточний і періодичний контроль за 100-бальною системою, виставляється за результатами роботи здобувача вищої освіти впродовж всього семестру.

**При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:**

| Оцінка за національною шкалою та відсоток від максимальної кількості балів | Теоретична підготовка | Практична підготовка |
|---|---|---|
| | Здобувач освіти | |
| Відмінно (90-100% від максимальної кількості балів) | у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві | глибоко та всебічно розкриває сутність практичних/ розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі |

| | | |
|---|---|---|
| | ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями. | практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі. |
| Добре (75-89% від максимальної кількості балів) | достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. | правильно вирішив більшість розрахункових /тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання |
| Задовільно (60-74% від максимальної кількості балів) | володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків. | може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків. |
| Незадовільно з можливістю повторного складання (35-59% від максимальної кількості балів) | володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді допускаються суттєві помилки | недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички. |

| | | |
|---|---|---|
| Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни (0-34% від максимальної кількості балів) | не володіє навчальним матеріалом | виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача |

Примітка: максимальна кількість балів за кожною темою вказана в п.12.

## 11.1 Питання для підсумкового контролю

1. Скалярний добуток двох функцій та його трактування в цифровій обробці зображень.
2. Що є перетворенням Фур’є неперіодичного сигналу? Неперервне перетворення Фур'є для одновимірного сигналу. Дискретне перетворення Фур'є для зображення розмірами R×C.
3. Енергетичний та фазовий спектри зображення.
4. В чому полягає відношення невизначеності між розмірами об'єктів в просторовій і частотній областях?
5. Теорема про згортку двох сигналів (в просторовій і частотній областях).
6. Що таке елайзинг? Порівняти енергетичні спектри одного зображення з елайзингом і без нього, зробити висновок.
7. Низько- та високочастотна фільтрація 1D та 2D сигналів в області подання.
8. Низько- та високочастотна фільтрація 1D та 2D сигналів в частотній області. Лінійна/нелінійна НЧ/ВЧ фільтрація в частотній області.
9. Як обчислюється згортка двох сигналів за допомогою перетворення Фур’є?
10. Розмиття (bluring) зображення: інтерпретація в просторовій і частотній області.
11. Збільшення різкості сигналу зображення: інтерпретація в просторовій і частотній області.
12. Ідеальний ВЧ фільтр та його властивості (ФП).
13. Ідеальний НЧ фільтр та його властивості (ФП).
14. Ідеальний полосовий фільтр.
15. Оптимальний фільтр (1D та 2D випадок).
16. НЧ та ВЧ гаусівська фільтрація.
17. Гаусівський полосовий фільтр.
18. Некорельований шум та його видалення.
19. Корельований шум та його видалення.

20. Періодичний шум і його видалення.
21. Як зв’язані перетворення Фур’є неперервного сигналу і його дискретної вибірки?
22. Теорема про вибірки (Уіттекера-Котельникова-Шеннона). Гранична частота Найквіста.
23. Накладання частот (невиконання умови теореми про вибірки).
24. Узагальнення теореми про вибірки. Апроксимація на основі Фур'є базису.
25. Визначте колірний простір RGB. Де розташовані рівні сірого? Як визначаються насиченість та інтенсивність для одного з цих кольорів? Які значення насиченості для рівнів сірого?
26. Як визначається відтінок для кольору в просторі RGB? Вам не потрібно вказувати формулу; просто дайте неформальне пояснення, як визначити значення відтінку для кольорів RGB.
27. Лінійні локальні оператори – це оператори, які можна визначити за допомогою згортки. Класифікуйте такі оператори незалежно від того, є вони лінійними чи ні: прямоугольник, медіана, вирівнювання гістограми, сигма-фільтр, фільтр Гаусса та LoG.
28. Вирівнювання кольорових зображень є цікавим напрямком досліджень. Обговоріть, чому очікується, що наступний підхід буде недосконалим: вирівнюйте гістограму для всіх трьох каналів кольору (наприклад, RGB) окремо; використовувати отримані скалярні зображення як кольорові канали для отриманого зображення.
29. Виведіть формулу для лінійного масштабування із заданих значень $u_{min}$ і $u_{max}$.
30. Вкажіть 2D функцію Гаусса (достатньо версії нульового середнього). Опишіть, як із цієї функції може бути отримана дискретна маска фільтра (для згладжування).
31. Як визначається простір масштабу LoG? Як визначається простір масштабу DoG?
32. Як градієнт для зображення, яке я визначив, і як результат оператора Sobel пов’язаний із градієнтом? Продемонструвати значення оператора Sobel на прикладах 3x3 вікон зображень.
33. Поясніть, чому використання тільки 4-суміжності для бінарного зображення призводить до топологічних проблем. Поясніть, чому використання лише 8-суміжності також не є топологічно надійним рішенням.
34. Що таке компонент або область на зображенні?
35. Вкажіть спосіб визначення K-суміжності для зображення з рівнем сірого? Як K-суміжність мотивується евклідовою топологією на площині?
36. Чому кількість пікселів на межі не є багатосітковим конвергентним оцінювачем для периметра оцифрованого набору?
37. Укажіть два способи визначення кривизни в точці безперервної дуги на евклідовій площині.

38. Виберіть просте (наприклад, 4 4) зображення з рівнем сірого, набір пікселів суміжності A та поясніть концепцію матриці спільного розташування на вибраному прикладі.
39. Чому прямолінійне представлення y = ax + b не підходить для визначення простору параметрів для виявлення відрізків лінії на зображенні? Яке представлення замість цього запропонували Дуда та Харт?
40. Припустімо, що ми відображаємо лише два пікселі із зображення в простір d-Hough. Зобразіть результуючий простір Хафа та поясніть, як пряма лінія визначається двома розташуваннями пікселів. Якщо припустимо, що на зображенні є «відрізок лінії з шумом». Як можна виявити цей відрізок у просторі Хафа?
41. Поясніть, як можна використовувати інформацію про градієнт зображення для підвищення точності та швидкості виявлення кола за допомогою концепції перетворення Хафа.
42. У чому полягає проблема діафрагми для виявлення локальних зміщень (тобто двовимірного руху) на зображенні?
43. Опишіть випадки, коли двовимірний рух (проектований на зображення) не відповідає видимому оптичному потоку.
44. Обчислити коефіцієнти розкладу Тейлора функції $I(x; y; t) = 2x^2 + xy^2 + xyt + 5t^3$ з точністю до похідних 3-го порядку.
45. Що таке рівняння оптичного потоку (також відоме як обмеження Горна-Шунка)? Укажіть визначену пряму в просторі ультрафіолетових швидкостей.
46. Якщо представити проблему оптичного потоку як проблему маркування, визначену термінами вартості даних і вартості гладкості, що це за два терміни у випадку алгоритму Горна-Шунка?
47. Поясніть як загальну концепцію, як оптимізація LSE використовується для вирішення проблеми мінімізації, такої як визначена підходом Горна-Шунка до оптичного потоку? Що означає LSE?
48. Для заданого розташування пікселів p нехай Q буде точкою в просторі ультрафіолетових швидкостей, де пряма лінія, визначена рівнянням оптичного потоку, перетинається з лінією в напрямку $[I_x; I_y]^T$. Отримайте (крок за кроком) рішення для Q (тобто вираз у термінах $I_x$, $I_y$ та $I_t$).
49. Яка основна ідея алгоритму Лукаса-Канаде? Як це працює для двох сусідніх пікселів і як для всього k пікселів?
50. Покажіть для алгоритму Лукаса-Канаде, що інверсія матриці в рівнянні $u = (G^TG)^{-1}G^TB$ не виконується, якщо градієнти зображення у вибраній околиці паралельні один одному. Чи можливо це для реальних даних зображення?
51. Укажіть одну техніку бінаризації зображення, яка є більш просунутою, ніж просто використання одного глобального порогового значення T.
52. Припустимо, що сегменти утворюються шляхом вирощування насіння. Як забезпечити незалежність згенерованих сегментів від вибору вибраного початкового числа в сегменті?
53. Вкажіть псевдокод для рекурсивного маркування всіх пікселів у визначеній області (визначеній відношенням еквівалентності на даному зображенні).

54. Опишіть основні ідеї сегментації зображення із середнім зсувом. Досить неформального опису.
55. Припустимо, що ми використовуємо лише рівні сірого в просторі функцій. Вкажіть варіант алгоритму сегментації середнього зсуву для цього конкретного випадку.
56. Визначте проблему сегментації зображення як задачу маркування, визначену в термінах вартості даних і в термінах вартості гладкості. Наведіть один приклад відповідного терміну даних.

## 12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | | | | | | Сума балів |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ЗМ 1 | | | | ЗМ 2 | | | ЗМ 3 | | | |
| Т1 | Т2 | Т3 | Т4 | Т1 | Т2 | Т3 | Т1 | Т2 | Т3 | |
| 6 | 10 | 12 | 12 | 6 | 8 | 12 | 10 | 12 | 12 | 100 |

## Розподіл балів за видами навчальної роботи

| Види навчальної роботи | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|---|---|---|---|
| Змістовий модуль 1 | | | |
| Поточний контроль на лекціях | 5 | 4 | 20 |
| Виконання практичних робіт | 30 | 1 | 30 |
| **Усього за змістовим модулем 1** | | | **0 – 50** |
| Змістовий модуль 2 | | | |
| Поточний контроль на лекціях | 4 | 2 | 8 |
| Виконання практичних робіт | 12 | 1 | 12 |
| **Усього за змістовим модулем 2** | | | **0 – 20** |
| Змістовий модуль 3 | | | |
| Поточний контроль на лекціях | 5 | 2 | 10 |
| Виконання практичних робіт | 20 | 1 | 20 |
| **Усього за змістовим модулем 3** | | | **0 – 30** |
| **Підсумкова сума балів** | | | **0 – 100** |

## Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за | Оцінка | Оцінка за національною шкалою |
|---|---|---|

| всі види навчальної діяльності | ECTS | для екзамену, курсового проекту (роботи), практики | для заліку |
|---|---|---|---|
| 90 – 100 | **A** | відмінно | зараховано |
| 85-89 | **B** | добре | |
| 75-84 | **C** | | |
| 70-74 | **D** | задовільно | |
| 60-69 | **E** | | |
| 35-59 | **FX** | незадовільно з можливістю повторного складання | не зараховано з можливістю повторного складання |
| 0-34 | **F** | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни | не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |

## 13. Навчально-методичне забезпечення

Робоча програма навчальної дисципліни; силабус; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять.

1. Gabriel Peyré (2010). Advanced Signal, Image and Surface Processing. http://www.ceremade.dauphine.fr/~peyre/numerical-tour/
2. Richard Lyons (2011). Understanding Digital Signal Processing, *Third Edition*.
3. Klette, R. (2014). Concise Computer Vision. Undergraduate Topics in Computer Science. doi:10.1007/978-1-4471-6320-6

## 14. Рекомендована література

**Основна**


1. Signals and Systems. Edited by: Marco F. Duarte. 10c.
2. John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis. Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications. *Pearson Education. PHI*, 2007. 1132c.
3. A. V. Oppenheim and R.W. Schaffer. Discrete Time Signal Processing. PHI, 2009. 984c.
4. Loney Ludeman (2009). Fundamentals of Digital Signal Processing. *John Wiley*. 398c.
5. Stephan Mallat (2008). A wavelet Tour of Signal Processing. 4-th edition. 809c. *http://www.lib.ysu.am/disciplines_bk/d7f742bb4675c323cefe071da33f7d55.pdf*
6. Li Tan, Digital Signal Processing – Fundamentals and Applications. *Elsevier*, 2008. 442c.
7. Robert J. Schilling, Sandra L. Harris, Fundamentals of Digital Signal Processing using MATLAB. *b Thomson*, 2007. 737c.

8. Carsten Steger, Markus Ulrich, Christian Wiedemann (2018). Machine Vision Algorithms and Applications. *John Wiley & Sons Science*. 516 pages.
9. Richard Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, New York, 1st edition, 2010. P. 350c.

**Додаткова**

10. Digital Signal Processing S.Salivahanan, A.Vallavaraj and C.Gnanapriya, TMH, 2009. 848c.
11. Taan S. EIAli. Discrete Systems and Digital Signal Processing with MATLAB. CRC press, 2009. 397c.
12. Emmanuel C. Ifeachor and Barrie W. Digital Signal Processing. A Practical approach. Jervis, 2nd Edition, Pearson Education, 2009. 889c.
13. Nagoor Khani. Digital Signal Processing. TMG, 2012. 662c.
14. Zhou, Q.Y., Park, J., and Koltun, V. (2018). Open3D: A modern library for 3D data processing. arXiv preprint arXiv:1801.09847
15. Мороз В.В., Кондратюк А.В. Варіаційні методи оцінки руху в задачах комп'ютерного зору. Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. Харків: НТУ "ХПІ", 2018. № 42 (1318). С. 36–47. DOI: https://doi.org/10.20998/2411-0558.2018.42.11

## 15. Електронні інформаційні ресурси

1. The Scientist and Engineers Guide to Digital Signal Processing:
2. Computer Vision AI Platform: https://www.clarifai.com/blog/computer-vision-models-what-are-they-and-how-to-build-your-own
3. Michigan University. Deep Learning for Computer Vision: https://www.youtube.com/playlist?list=PL5-TkQAfAZFbzxjBHtzdVCWE0Zbhomg7r
4. CVonline. The resource for computer vision, machine vision, image analysis: https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/
5. Publishers. An international academic press: https://www.nowpublishers.com/article/Details/CGV-027
6. Wightman. R. (2021). PyTorch image models. https://github.com/rwightman/pytorch-image-models
7. Yu, L., Chen, Y.-C., and Li, L. (2020). CVPR 2020 tutorial on self-supervised learning for visionand-language. https://rohit497.github.io/Recent-Advances-in-Vision-and-Language-Research.
8. Weng.L (2019). Self-supervised representation learning. https://lilianweng.github.io/lil-log/2019/11/10/self-supervised-learning.html.
9. http://cnx.org/content/col11557/1.10/