МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Кафедра оптимального керування і економічної кібернетики

**"ЗАТВЕРДЖУЮ"**
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____ Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"25" листопада 2022 р.

# РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## ВБ 3.4 «Методи машинного навчання у задачах розпізнавання візуальних образів »

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | **третій (освітньо-науковий)** |
| Галузь знань | **11 Математика та статистика** |
| Спеціальність | **113 Прикладна математика** |
| Освітньо-наукова програма | **Обчислювальна математика, методи математичної фізики, варіаційне числення і теорія оптимального керування та механіка** |

ОНУ
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Методи машинного навчання у задачах розпізнавання візуальних образів». – Одеса: ОНУ, 2022.

Розробник:
Мороз Володимир Володимирович, кандидат технічних наук, професор, професор кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № 5 від. "14" листопада 2022 р.

Завідувач кафедри _____ Ольга КІЧМАРЕНКО

Погоджено із гарантом ОНП "Обчислювальна математика, методи математичної фізики, варіаційне числення і теорія оптимального керування та механіка" Н.Д. ВАЙСФЕЛЬД

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК)факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 3 від. "15" листопада 2022 р.

Голова НМК _____ Євген СТРАХОВ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

ё

## 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 – 3<br><br>годин – 90<br><br>змістових модулів – 3 | Галузь знань<br>**11 Математика та статистика**<br><br>Спеціальність<br>**113 Прикладна математика**<br><br>Спеціалізації:<br>_____<br>(назва)<br><br>Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий) | За вибором |
| | | ***Рік підготовки:*** |
| | | 1-й |
| | | ***Семестр*** |
| | | 1-й |
| | | ***Лекції*** |
| | | 12 год. |
| | | ***Практичні, семінарські*** |
| | | 10 год. |
| | | ***Лабораторні*** |
| | | 0 год. |
| | | ***Самостійна робота*** |
| | | 68 год. |
| | | ***Форма підсумкового контролю:***<br>**залік** |

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета дисципліни:** дати основні знання в ключових теоріях і практичному застосуванні комп'ютерного зору; техніки, необхідні для різноманітних областей, таких як зір роботів, інспекція промисловості, відеоспостереження. Основна увага курсу приділяється ефективній практичній реалізації рішень комп'ютерного зору з використанням програмного забезпечення, створеного студентами, і стандартних бібліотек комп'ютерного зору.

**Завданнями** дисципліни є ознайомлення з теоретичними основами та практикою використання математичного та програмного апарату комп'ютерного зору для задач детектування і розпізнавання.

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

Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності у сфері математики та статистики із залученням отриманих знань із суміжних навчальних дисциплін, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійних практик.

ФК 01. Здатність до глибокого розуміння теоретичних положень, історії їх розвитку, сучасного стану та майбутнього концепту за напрямком власного наукового дослідження в прикладній математиці.

ФК 02. Здатність до визначення перспективних наукових напрямів на основі аналітичного пошуку з використанням сучасних методів комп'ютерних та інформаційних технологій.

ФК 04. Здатність до абстракції, включаючи здатність логічно розвивати окремі формальні теорії та встановлювати зв'язок між ними.

ФК 05. Здатність до глибинного розуміння загальних та спеціальних математичних дисциплін.

ФК 06. Здатність будувати математичні моделі для опису та подальшого аналізу явищ та процесів.

ФК 07. Здатність формулювати математичні постановки складних оптимізаційних проблем і проблем прийняття рішень.

ФК 09. Здатність користуватися, управляти і розробляти нові інформаційні технології.

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

**знати:** класичні та сучасні підходи розпізнавання об'єктів, методи класифікації зображень, семантичної сегментації, оцінки руху та візуальної одометрії;

**вміти:** самостійно опрацьовувати літературу, використовувати теоретичні знання та сучасне програмне забезпечення для розв'язування практичних задач розпізнавання.

Це відповідає наступним програмним результатам навчання:

ПРН 05. Вміти описувати, аналізувати та синтезувати інформацію, враховуючи попередній досвід; піддавати сумніву отримані раніше результати; правильно поставити задачу дослідження та відібрати підходи до її розв'язку; виявляти ключові ідеї у напрацьованому розв'язку та представлення їх у чіткому і завершеному вигляді.

ПРН 06. Вміти здійснювати аналіз поставленої задачі, працювати з літературою, обирати шляхи до вирішення проблеми, застосовувати сучасні методи дослідження, робити висновки, оцінювати отримані результати.

ПРН 07. Вміти ставити проблему, проводити аналіз її сучасного стану розробки, користуватися апаратом розв'язання та оприлюднення результатів із застосуванням сучасних інформаційно – комп'ютерних технологій.

ПРН 10. Вміти проводити доведення математичних тверджень, що не є аналогічними до раніше відомих.

ПРН 12. Вміти складати модель творчої роботи, програму і план власного дослідження; формулювати висновки та узагальнення; обґрунтовувати практичну значущість результатів дослідження.

ПРН 14. Вміти розв'язувати конкретні математичні задачі, сформульовані у термінах даної предметної області; оцінювати ступінь адекватності математичної моделі явищу, яке вона описує.

ПРН 15. Вміти здійснювати базові перетворення математичних моделей для зручності розв'язання відповідних задач; надавати інтерпретацію отриманих результатів.

Бути здатними до безперервного саморозвитку та самовдосконалення. Застосовувати в роботі інноваційний підхід. Сприяти розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

### Змістовий модуль 1. Методи глибинного навчання.

Тема 1. Навчання з учителем та без учителя.

Тема 2. Глибокі нейронні мережі.

Тема 3. Згорткові нейронні мережі та більш складні моделі.

### Змістовий модуль 2. Геометричні моделі розпізнавання.

Тема 1. Класифікація зображень, детектування об'єктів, семантична сегментація.

Тема 2. Точки, границі, контури.

Тема 3. Вирівнювання і зшивання зображень.

**Змістовий модуль 3. Методи оцінки руху, локалізації і картування.**

Тема 1. Параметризація руху і оптичний потік.

Тема 2. Алгоритми обчислювальної фотографії.

Тема 3. Візуальна одометрія.

## 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Очна (денна, вечірня) форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | |
| | | л | п | лаб. | інд. | с. р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **Змістовий модуль 1. Методи глибинного навчання.** | | | | | | |
| Тема 1. Навчання з учителем та без учителя. | 4 | | | | | 4 |
| Тема 2. Глибокі нейронні мережі. | 8 | 2 | | | | 6 |
| Тема 3. Згорткові нейронні мережі та більш складні моделі. | 10 | 2 | | | | 8 |
| Разом за змістовим модулем 1 | 22 | 4 | | | | 18 |
| **Змістовий модуль 2. Геометричні моделі розпізнавання.** | | | | | | |
| Тема 1. Класифікація зображень, детектування об’єктів, семантична сегметнація. | 10 | 2 | 2 | | | 6 |
| Тема 2. Точки, границі, контури. | 5 | 1 | | | | 4 |
| Тема 3. Вирівнювання і зшивання зображень. | 15 | 1 | 2 | | | 12 |
| Разом за змістовим модулем 2 | 30 | 4 | 4 | | | 22 |
| **Змістовий модуль 3. Методи оцінки руху, локалізації і картування.** | | | | | | |
| Тема 1. Параметризація руху і оптичний потік. | 14 | 2 | 2 | | | 10 |
| Тема 2. Алгоритми обчислювальної фотографії. | 8 | 2 | | | | 6 |
| Тема 3. Візуальна одометрія. | 16 | | 4 | | | 12 |
| Разом за змістовим модулем 3 | 38 | 4 | 6 | | | 28 |
| **Усього годин** | **90** | **12** | **10** | | | **68** |

## 5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

## 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1. | Класифікація зображень, детектування об’єктів, семантична сегметнація | 2 |
| 2. | Вирівнювання і зшивання зображень. | 2 |
| 3. | Параметризація руху і оптичний потік. | 2 |
| 4. | Візуальна одометрія | 4 |
| | **Разом** | **10** |

## 7. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

## 8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | Навчання з учителем та без учителя. | 4 |
| 2 | Глибокі нейронні мережі. | 6 |
| 3 | Згорткові нейронні мережі та більш складні моделі. | 8 |
| 4 | Класифікація зображень, детектування об’єктів, семантична сегметнація. | 6 |
| 5 | Точки, границі, контури. | 4 |
| 6 | Вирівнювання і зшивання зображень. | 12 |
| 7 | Параметризація руху і оптичний потік. | 10 |
| 8 | Алгоритми обчислювальної фотографії. | 6 |
| 9 | Візуальна одометрія. | 12 |
| | **Разом** | **68** |

Самостійна робота оформлюється у вигляді доповіді, обговорення, та оцінювання якої здійснюється на поточному та підсумковому контролі.

Самостійна робота здобувачів забезпечується засобами Google Workspace for Education.

Робоча програма навчальної дисципліни; силабус; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни:

1. Richard Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, New York, 1st edition, 2010. – 350 с.
2. Digital Image Processing and Computer Vision by Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, January 2008, ISBN-10: 1-133-59360-7.
3. Digital Image Processing, 3rd Edition, Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, ISBN: 9780134734804.

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).

Репродуктивні методи: розв’язування задач за алгоритмами конкретних методів, практичні роботи.

Дослідницький метод.

Методи формування і стимулювання пізнавальної діяльності: навчальні дискусії.

## 10. Форми контролю і методи оцінювання

Методи усного контролю: індивідуальне усне поточне опитування, оцінювання доповідей, підсумковий контроль - усний залік.

Методи письмового контролю: письмові поточні самостійні роботи.

**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 | |
| зараховано (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 ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями. | 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 практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі. |

| | | |
|---|---|---|
| зараховано (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 |
| зараховано (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. |

| | | |
|---|---|---|
| не зараховано (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. |
| не -зараховано (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.
Форма підсумкового контролю – залік, виставляється за кількістю балів, набраних в семестрі (згідно зі шкалою оцінювання з п. 12).

## 11. Питання для поточного та періодичного контролю

1. Опишіть дві конкретні програми, в яких успішно використовуються методи комп'ютерного бачення/обробки зображень. Укажіть більш детально методи, які використовуються в кожному випадку.
2. Назвіть дві конкретні проблеми комп'ютерного зору, в яких ведуться активні дослідження, і опишіть досить детально основні труднощі.
3. Сегментація та групування.
4. Опишіть, як гістограми рівня сірого можна використовувати для сегментації зображення.
5. Детально опишіть, як кольорові гістограми можна використовувати для спроби сегментувати «однокольорові» об'єкти на реальних кольорових зображеннях. Які проблеми виникають? які є способи боротьби з ними?
6. Опишіть, як (попіксельно) техніку збільшення області можна використовувати для спроби сегментувати однорідні об'єкти на зображеннях у градаціях сірого або кольорових зображеннях. Які проблеми виникають? які є способи боротьби з ними?
7. Коротко опишіть, як можна використовувати умовну статистику для сегментації регіону.
8. Представлення форми.
9. Наведіть два приклади подання границь і коротко опишіть плюси та мінуси кожного.

10. Наведіть два приклади представництв регіонів разом із деякими їхніми перевагами та недоліками.
11. Визначте будь-які три з наведених нижче (2D) дескрипторів форми та наведіть приклад ситуації, у якій кожен буде корисним.
12. Наведіть два приклади тривимірних зображень і опишіть деякі переваги та недоліки кожного.
13. Що таке k-класифікація найближчих сусідів? Чим вона відрізняється від класифікації найближчих сусідів? Опишіть ситуацію, у якій це може працювати краще, ніж класифікація найближчих сусідів.
14. Які існують способи використання відповідності в комп'ютерному зорі, і чому це часто є важкою проблемою?
15. Опишіть ізоморфізм графа, ізоморфізм підграфа та ізоморфізм подвійного підграфа. Наведіть приклад проблеми комп'ютерного зору, для вирішення якої підходить кожна з них.
16. Побудуйте асоціативний графік для наступної задачі відповідності та вкажіть максимальну кліку. (Пам'ятайте, що вузли асоціативного графа відповідають парам вузлів, узгоджених щодо унарних відношень, а ребра відповідають взаємно узгодженим парам щодо відношень вищого порядку.) На наступному малюнку P і Q представляють унарні відношення, а стрілки представляють одне бінарне відношення.
17. Що стверджує теорема збіжності персептрона?
18. Які деякі обмеження однорівневих персептронів як пристроїв розпізнавання образів?
19. Що виконує алгоритм зворотного розповсюдження і яке його значення?
20. Що таке процес релаксації? Наведіть приклад проблеми з комп'ютерним зором, яку можна сформулювати як процес релаксації, і коротко опишіть формулювання.
21. Докладно опишіть, як основні компоненти можна використовувати для розпізнавання та розрізнення облич. Які обмеження пов'язані з методом? Враховуючи ці обмеження, чи можете ви подумати про практичне застосування, де цей метод може бути корисним?
22. Докладно опишіть, як основні методи компонентів можна використовувати в системі для розпізнавання та розрізнення твердих 3D-об'єктів на зображеннях у градаціях сірого. Які умови повинні бути виконані, щоб система працювала? Які внаслідок цього обмеження продуктивності системи? Враховуючи ці обмеження, чи можете ви подумати про практичне застосування, де цей метод може бути корисним?
23. Що мається на увазі під двовимірним полем руху? Що означає оптичний потік і як він пов'язаний з полем руху?
24. Коротко опишіть диференціальні та кореляційні методи визначення поля руху в послідовності зображень. Які переваги та недоліки кожного методу?
25. Які два застосування аналізу руху в машинному сприйнятті?
26. Що мається на увазі під «проблемою відповідності» і чому це складно?

27. Що таке епіполярна лінія? Як це визначається? Як цю концепцію можна використати для спрощення проблеми відповідності в стереобаченні?
28. У чому проблема калібрування камери? Якщо параметри внутрішньої камери відомі, скільки параметрів калібрування потрібно визначити, щоб розв'язати проблему стереозору з двома камерами. Як «калібрувальні об'єкти» можна використовувати для вирішення цієї проблеми і які мінімальні умови повинні бути виконані для її вирішення?
29. Що таке візуальна текстура?
30. Що таке тексель і як вони використовуються?
31. Яка різниця між статистичною та структурною текстурними моделями?
32. Що таке матриця спільного проходження рівня сірого? Як їх можна використовувати для розрізнення текстури?
33. Коротко опишіть два методи статистичної класифікації текстур.

## 12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | | | | | Сума балів |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ЗМ 1 | | | ЗМ 2 | | | ЗМ 3 | | | |
| Т1 | Т2 | Т3 | Т1 | Т2 | Т3 | Т1 | Т2 | Т3 | |
| 8 | 10 | 12 | 9 | 9 | 12 | 10 | 18 | 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 | 10 | 3 | 30 |
| **Усього за змістовим модулем 1** | | | **0 – 30** |
| Змістовий модуль 2 | | | |
| Поточний контроль на лекціях | 5 | 2 | 10 |
| Виконання практичних робіт | 5 | 4 | 20 |
| **Усього за змістовим модулем 2** | | | **0 – 30** |

| Змістовий модуль 3 | | | |
|---|---|---|---|
| Поточний контроль на лекціях | 5 | 2 | 10 |
| Виконання практичних робіт | 5 | 6 | 30 |
| **Усього за змістовим модулем 3** | | | **0 – 40** |
| **Підсумкова сума балів** | | | **0 – 100** |

**Шкала оцінювання: національна та ECTS**

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою | |
|---|---|---|---|
| | | 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 (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни:


4. Richard Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, New York, 1st edition, 2010. – 350 с.
5. Digital Image Processing and Computer Vision by Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, January 2008, ISBN-10: 1-133-59360-7
6. Digital Image Processing, 3rd Edition, Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, ISBN: 9780134734804

## 14. Рекомендована література

**Основна**


1. Carsten Steger, Markus Ulrich, Christian Wiedemann (2018). Machine Vision Algorithms and Applications. – John Wiley & Sons – Science – 516 pages.
2. Weng, L. (2019). Self-supervised representation learning. lilianweng.github.io/lil-log. https://lilianweng.github.io/lil-log/2019/11/10/self-supervised-learning.html.
3. Wightman, R. (2021). PyTorch image models. https://github.com/rwightman/pytorch-image-models
4. 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.
5. Кутковецький В. Я. Розпізнавання образів : навчальний посібник / В. Я. Кутковецький. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2017. – 420 с. ISBN 978-966-336-384-4


**Додаткова**


6. Мороз В. В. Огляд методів скелетизації нерегулярних текстур / С. О. Савков, В. В. Мороз // Радіоелектроніка, інформатика, управління, №2 – 2015 – С. 81-86. DOI: http://dx.doi.org/10.15588/1607-3274-2015-2-10 (Змістовний модуль 2, тема 1)
7. Варіаційні методи оцінки руху в задачах комп'ютерного зору / Мороз В.В., Кондратюк А.В. // 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 (Змістовний модуль 3, тема 1)
8. Reconstruction and registration of 3D surfaces obtained by scanning // Volodymyr Moroz, Maksym Shvandt // Herald of the National Technical University "KhPI". Series of "Informatics and Modeling". – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2019. – № 28 (1353). – P. 117–130. DOI: https://doi.org/10.20998/2411-0558.2019.28.10 (Змістовний модуль 3, тема 2)
9. Дослідження руху та поведінки лабораторних тварин методами детектування і трекінгу об’єктів / Мороз В.В., Швандт М.А. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2019. – № 13 (1338). – С. 93–103. DOI: https://doi.org/10.20998/2411-0558.2019.13.09
10. Volodymyr Moroz, Maksym Shvandt (2022). General Approaches to Object Detection and Tracking in the Study of Lab Animals. System Research & Information Technologies, Kyiv, 2022, № 1. – P. 124–148. DOI: https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2022.1.10

11. Palmer, S. E. (1999). Vision Science: Photons to Phenomenology. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
12. Livingstone, M. (2008). Vision and Art: The Biology of Seeing. Abrams, New York.
13. Brown, M. S. (2019). ICCV 2019 tutorial on understanding color and the in-camera image processing pipeline for computer vision.
14. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, New York, NY.
15. Glassner, A. (2018). Deep Learning: From Basics to Practice. The Imaginary Institute.
16. Zhang, A., Lipton, Z. C., Li, M., and Smola, A. J. (2019). Dive into deep learning.
17. Hartley, R. I. and Zisserman, A. (2004). Multiple View Geometry. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2nd edition.

## 15. Електронні інформаційні ресурси

1. https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/recognition-model Сайт видавництва sciencedirect
2. https://www.v7labs.com/blog/object-detection-guide
3. http://www.svcl.ucsd.edu/projects/context/ Statistical Visual Computing Lab, University of California, San Diego
4. https://medium.com/coinmonks/watson-visual-recognition-custom-models-9cbcc20a6f98 - Сайт електронного видавництва Medium
5. https://jonathan-hui.medium.com/object-detection-speed-and-accuracy-comparison-faster-r-cnn-r-fcn-ssd-and-yolo-5425656ae359 - Сайт електронного видавництва Medium
6. https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-021-00434-w - Сайт видавництва Springer
7. https://arxiv.org/pdf/2009.04857 - Сайт Корнельського університету