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

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи

_____ Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"25" листопада 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 5.2 «Обробка зображень та трекінг об'єктів»

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 «Обробка зображень та трекінг об'єктів». – Одеса: ОНУ, 2022.

Розробник: Володимир Мороз, канд. техн.наук, 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
(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: кредитів – 3 годин – 90 змістових модулів – 3	Галузь знань ***11 Математика та статистика*** Спеціальність ***113 Прикладна математика*** Спеціалізації: _____ (назва) Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	***За вибором***
		Рік підготовки:
		2-й
		Семестр
		3-й
		Лекції
		12 год.
		Практичні, семінарські
		10 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		68 год.
		Форма підсумкового контролю: **залік**

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.

Завданнями дисципліни є ознайомлення з теоретичними основами та практикою використання апарату математичної морфології, розпізнавання образів, фільтрації зображень, оцінки руху на 2D зображеннях, сприйняття 3D сцен на основі 2D зображень, детектування об'єктів у певній предметній області.

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: 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 зображень, аналізувати зображення, виконувати лінійну/нелінійну апроксимацію зображень на основі Фур'є і вейвлетного перетворень, використовувати сучасне програмне забезпечення для пошуку об'єктів, оцінювати рух в послідовностях зображень.

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.

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.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Моделювання і обробка зображень.

Тема 1. Моделі зображень в просторовій і частотній областях.
Тема 2. Обробка зображень.
Тема 3. Точкові, локальні і глобальні оператори.

Змістовий модуль 2. Аналіз зображень.
Тема 1. Топологія зображень і аналіз 2D геометричних фігур.
Тема 2. Пошук прямих і опуклих фігур.
Тема 3. Методи оцінки і щільність руху.

Змістовий модуль 3. Сегментація зображень.
Тема 1. Метод зсуву середнього.
Тема 2. Сегментація як задача оптимізації.

Тема 3. Сегментація відео, відслідковування сегментів.

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. Моделювання і обробка зображень.						
Тема 1. Моделі зображень в просторовій і частотній областях	10	2	2			6
Тема 2. Обробка зображень	7	1				6
Тема 3. Точкові, локальні і глобальні оператори	11	1				10
Разом за змістовим модулем 1	28	4	2			22
Змістовий модуль 2. Аналіз зображень.						
Тема 1.Топологія зображень і аналіз 2D геометричних фігур.	8		2			6
Тема 2. Пошук прямих і опуклих фігур.	12	2	2			8
Тема 3. Методи оцінки щільності руху	12	2	2			8
Разом за змістовим модулем 2	32	4	6			22
Змістовий модуль 3. Сегментація зображень.						
Тема 1. Метод зсуву середнього.	7	2	1			4
Тема 2. Сегментація як задача оптимізації.	13	2	1			10
Тема 3. Сегментація відео, відслідковування сегментів.	10					10
Разом за змістовим модулем 3	30	4	2			24
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.	Моделі зображень в просторовій і частотній областях	2

2.	Топологія зображень і аналіз 2D геометричних фігур.	2
3.	Пошук прямих і опуклих фігур.	2
4.	Методи оцінки щільності руху	2
5.	Сегментація як задача оптимізації.	2
	Разом	**10**

7. Теми лабораторних занять

Лабораторні роботи навчальним планом не передбачені

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделі зображень в просторовій і частотній областях	4
2	Обробка зображень	4
3	Точкові, локальні і глобальні оператори	6
4	Топологія зображень і аналіз 2D геометричних фігур.	8
5	Пошук прямих і опуклих фігур.	8
6	Методи оцінки щільності руху	8
7	Метод зсуву середнього.	6
8	Сегментація як задача оптимізації.	12
9	Сегментація відео, відслідковування сегментів.	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.

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:

1. Klette, R. (2014). Concise Computer Vision. Undergraduate Topics in Computer Science. doi:10.1007/978-1-4471-6320-6

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

Поточний контроль здійснюється в результаті оцінювання виконання самостійної роботи, опитування, виступи з презентаціями, виконання практичних задач; тестові завдання, підсумковий контроль - усний залік.

Форми оцінювання: активність в процесі занять (внесення пропозицій, оригінальних рішень, уточнень, доповнень), оцінювання виступів та презентацій, оцінювання виконання завдань самостійної 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	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;

	висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.	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. Як визначається колірний простір xy CIE? Почніть із пояснення значення тристимульних значень X, Y та Z і закінчіть графічним ескізом xy-діаграми.

2. Визначте колірний простір RGB. Де розташовані рівні сірого? Як визначаються насиченість та інтенсивність для одного з цих кольорів? Які значення насиченості для рівнів сірого?

3. Як визначається відтінок для кольору в просторі RGB? Вам не потрібно вказувати формулу; просто дайте неформальне пояснення, як визначити значення відтінку для кольорів RGB.

4. 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.

5. 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.

6. Виведіть формулу для лінійного масштабування із заданих значень u_{min} і u_{max}.

7. Вкажіть 2D функцію Гаусса (достатньо версії нульового середнього). Опишіть, як із цієї функції може бути отримана дискретна маска фільтра (для згладжування).

8. Як визначається простір масштабу LoG? Як визначається простір масштабу DoG?

9. 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.

10. 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.

11. Що таке компонент або область на зображенні?

12. Вкажіть спосіб визначення K-суміжності для зображення з рівнем сірого? Як K-суміжність мотивується евклідовою топологією на площині?

13. Що таке критерій зупинки в алгоритмі відстеження кордону Восса?

14. Чому кількість пікселів на межі не є багатосітковим конвергентним оцінювачем для периметра оцифрованого набору?

15. Укажіть два способи визначення кривизни в точці безперервної дуги на евклідовій площині.

16. Виберіть просте (наприклад, 4 4) зображення з рівнем сірого, набір пікселів суміжності A та поясніть концепцію матриці спільного розташування на вибраному прикладі.

17. 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?

18. Припустимо, 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?

19. Поясніть, як можна використовувати інформацію про градієнт зображення для підвищення точності та швидкості виявлення кола за допомогою концепції перетворення Хафа.

20. У чому полягає проблема діафрагми для виявлення локальних зміщень (тобто двовимірного руху) на зображенні?

21. Опишіть випадки, коли двовимірний рух (проектований на зображення) не відповідає видимому оптичному потоку.

22. Обчислити коефіцієнти розкладу Тейлора функції $I(x; y; t) = 2x^2 + xy^2 + xyt + 5t^3$ з точністю до похідних 3-го порядку.

23. Що таке рівняння оптичного потоку (також відоме як обмеження Горна-Шунка)? Укажіть визначену пряму в просторі ультрафіолетових швидкостей.

24. 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?

25. Поясніть як загальну концепцію, як оптимізація LSE використовується для вирішення проблеми мінімізації, такої як визначена підходом Горна-Шунка до оптичного потоку? Що означає LSE?

26. 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).

27. Яка основна ідея алгоритму Лукаса-Канаде? Як це працює для двох сусідніх пікселів і як для всього k пікселів?

28. 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?

30. Укажіть одну техніку бінаризації зображення, яка є більш просунутою, ніж просто використання одного глобального порогового значення T.

31. Припустимо, що сегменти утворюються шляхом вирощування насіння. Як забезпечити незалежність згенерованих сегментів від вибору вибраного початкового числа в сегменті?

32. Вкажіть псевдокод для рекурсивного маркування всіх пікселів у визначеній області (визначеній відношенням еквівалентності на даному зображенні).

33. Опишіть основні ідеї сегментації зображення із середнім зсувом. Досить неформального опису.

34. Припустимо, що ми використовуємо лише рівні сірого в просторі функцій. Вкажіть варіант алгоритму сегментації середнього зсуву для цього конкретного випадку.

35. 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	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	5	2	10
Виконання практичних робіт	10	2	20
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	4	20
Виконання практичних робіт	10	2	20
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

<table>
<tr><td></td><td></td><td>для екзамену, курсового проекту (роботи), практики</td><td>для заліку</td></tr>
<tr><td>90–100</td><td>A</td><td>відмінно</td><td rowspan="5">зараховано</td></tr>
<tr><td>85–89</td><td>B</td><td rowspan="2">добре</td></tr>
<tr><td>75–84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70–74</td><td>D</td><td rowspan="2">задовільно</td></tr>
<tr><td>60–69</td><td>E</td></tr>
<tr><td>35–59</td><td>FX</td><td>незадовільно з можливістю повторного складання</td><td>не зараховано з можливістю повторного складання</td></tr>
<tr><td>0–34</td><td>F</td><td>незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни</td><td>не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни</td></tr>
</table>

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:

Klette, R. (2014). Concise Computer Vision. Undergraduate Topics in Computer Science. doi:10.1007/978-1-4471-6320-6

14. Рекомендована література

Основна

1. Carsten Steger, Markus Ulrich, Christian Wiedemann (2018). Machine Vision Algorithms and Applications. – John Wiley & Sons – Science – 516 pages.
2. Richard Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, New York, 1st edition, 2010. – 350 с.
3. 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.
4. Лавер В.О., Левчук О.М. Обробка зображень: навч.-метод. посіб. / В.О. Лавер, О.М. Левчук. – Ужгород : вид-во ПП «АУТДОР - ШАРК», 2021. – 51 с.

Додаткова

1. Wightman, R. (2021). PyTorch image models. https://github.com/rwightman/pytorch-image-models
2. 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.

3. Zhou, Q.-Y., Park, J., and Koltun, V. (2018). Open3D: A modern library for 3D data processing. arXiv preprint arXiv:1801.09847
4. 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 2, Тема 3)**
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
6. Мороз В.В., Швандт М.А. Дослідження руху та поведінки лабораторнитх тварин методами детектування і трекінгу об’єктів. // Вісник нац. техн.ун-ту ”ХПІ”, 2019, № 1. - С. 66-76.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://nbuv.gov.ua/ – Сайт Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського;
2. http://www.dnpb.gov.ua/ – Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського;
3. http://onu.edu.ua/ – Сайт бібліотеки ОНУ імені І. І. Мечникова;
4. http://odnb.odessa.ua/ – Сайт Одеської національної наукової бібліотеки;
5. http://www.lnulibrary.lviv.ua/ - Сайт Наукової бібліотеки Львівського національного університету ім. Івана Франка;
6. http://korolenko.kharkov.com/ – Сайт Харківської державної наукової бібліотеки імені В.Г. Короленка;
7. https://www.imath.kiev.ua/ – Сайт Інституту математики НАН України;
8. https://umj.imath.kiev.ua/ – Український математичний журнал;
9. https://imath.kiev.ua/~nosc/web/?lang=ua/ – журнал Нелінійні коливання.
10. http://www.ams.org/publications/math-reviews/math-reviews – реферативний математичний журнал, що видається AMS;
11. https://zbmath.org/ - реферативний математичний журнал видавництва «Шпрингер» та електронна база даних «ZBMATH – The database Zentralblatt MATH»;
12. https://mathscinet.ams.org/msnhtml/msc2020.pdf - MSC2020-Mathematics Subject Classification System