



Комп'ютерний зір.

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий(магістерський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>123 Комп'ютерна інженерія</i>
Освітня програма	<i>"СИСТЕМНЕ ПРОГРАМУВАННЯ ТА СПЕЦІАЛІЗОВАНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ"</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 год / 4 кредити ЕКТС (лекції – 36 год, лабораторні роботи – 36 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, ДКР</i>
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., асистент каф. СПКС, Морозов Костянтин В'ячеславович, morozov.kostiantyn@iit.kpi.ua Лабораторні: к.т.н., асистент каф. СПКС, Морозов Костянтин В'ячеславович, morozov.kostiantyn@iit.kpi.ua
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Google Classroom): https://classroom.google.com/c/Njk2NDU2MTYxNjly?cjc=7zfcjbi

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- розуміти та застосовувати основні теоретичні засади методів комп'ютерного зору;
- реалізовувати методи та алгоритми комп'ютерного зору за допомогою програмного коду;
- використовувати засоби бібліотеки OpenCV для реалізації технологій комп'ютерного зору в застосунках.

Предметом кредитного модуля є теоретичні та практичні засади технологій комп'ютерного зору.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

- Дисципліні «Комп'ютерний зір» передують дисципліни «Програмування», «Структури даних та алгоритми», «Аналітична геометрія та лінійна алгебра»,

«Вища математика», «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Алгоритми та методи обчислень» навчального плану ОКР «Бакалавр».

3. Зміст навчальної дисципліни

- Тема 1. Базова обробка зображень.
- Тема 2. Аналіз вмісту зображень.
- Тема 3. Сегментація зображень.
- Тема 4. Камери, координати та калібровка.
- Тема 5. Співставлення зображень.
- Тема 6. Тривимірний зір.
- Тема 7. Високорівневий аналіз зображень.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Є. П. Путятін, В. О. Гороховатський, О. О. Матат. Методи та алгоритми комп'ютерного зору: Навч. посібник. — Х: СМІТ, 2006. — 236 с.
2. Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В. Методи обробки зображень та компютерний зір : навч. посіб. / С.М. Вовк, В.В. Гнатушенко, М.В. Бондаренко. – Д. : ЛІРА, 2016. – 148 с.
3. Навчальний посібник з дисципліни Системи візуалізації та розпізнавання образів [навчальний посібник] / Смолій В.В., Савицька Я.А., Місюра М.Д., Шкарупило В.В. // - К.: ФОП Ямчинський О.В., 2020.- 200 с.
4. В. М. Боровицький. Розробка програм для цифрової обробки зображень з застосуванням OpenCV, Навчальний посібник. – Київ: "Політехніка", 2022. – 84 с.
5. Лавер В.О., Левчук О.М. Обробка зображень та мультимедіа.– Ужгород: ПП «АУТДОР-ШАРК», 2021. – 51 с.

Допоміжна література

1. R. Klette. Concise Computer Vision: An Introduction into Theory and Algorithms (Undergraduate Topics in Computer Science). – Springer, 2014. – 447 p.
2. D. Forsyth, J. Ponce. Computer Vision: A Modern Approach 2nd Edition. – Pearson, 2011. – 800 p.
3. E. R. Davies, M. Turk. Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision (Computer Vision and Pattern Recognition) 1st Edition. – Academic Press, 2021. – 582 p.
4. M. K. Bhowmik. Computer Vision: Object Detection In Adversarial Vision 1st Edition. – Chapman and Hall/CRC, 2024. – 190 p.
5. A. Kaehler, G. Bradski. Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ with the OpenCV Library 1st Edition. – O'Reilly, 2016. – 1022 p.
6. I. Brilakis, C. T. M. Haas. Infrastructure Computer Vision 1st Edition. – Butterworth-Heinemann, 2019. – 408 p.
7. K. Dawson-Howe. A Practical Introduction to Computer Vision with OpenCV (Wiley-IS&T Series in Imaging Science and Technology) 1st Edition. – Wiley, 2014. – 240 p.
8. S. Mughesh. Hands-on ML Projects with OpenCV: Master computer vision and Machine Learning using OpenCV and Python. – Orange Education Pvt, 2023. – 336 p.
9. B. Sikka. Elements of Deep Learning for Computer Vision: Explore Deep Neural Network Architectures, PyTorch, Object Detection Algorithms, and Computer Vision Applications for Python Coders. – BPB Publications, 2021. – 208 p.
10. R. Hartley, A. Zisserman. Multiple View Geometry in Computer Vision 2nd Edition. – Cambridge University Press, 2004. – 670 p.

11. Тимошук П. В. Штучні нейронні мережі. Штучні нейронні мережі. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, – 2011, – 444 с.
12. Цимбал О. М., Броніков А.І. Системи адаптації роботів і технологія OpenCV : навчальний посібник. Харків: ХНУРЕ. – 2019. – 144 с.

Інформаційні ресурси

1. Google-диск. – Режим доступу:
https://drive.google.com/drive/folders/11UP9tkl7_qoBFoLe8hSXA-P5mrhDz23z?usp=drive_link
2. Електронний кампус НТУУ «КПІ». Матеріали з дисципліни «Комп'ютерний зір». – Режим доступу : <https://campus.kpi.ua/>
3. Офіційний сайт бібліотеки OpenCV. – Режим доступу: <https://opencv.org/>
4. Офіційний сайт бібліотеки Ceres Solver. – Режим доступу: <http://ceres-solver.org/index.html>
5. Офіційний сайт бібліотеки Eigen. – Режим доступу: https://eigen.tuxfamily.org/index.php?title=Main_Page

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 36 годин лекцій та 36 годин лабораторних робіт, а також виконання модульної контрольної роботи.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
Тема 1. Базова обробка зображень	
1	Представлення зображень та оцінка їх параметрів. Основні поняття. Типи зображень. Представлення зображень.
2	Обробка зображень. Лінійні оператори та згортка. Фільтрація зображень.
3	Пошук границь та кутів. Оператори LoG та DoG.
Тема 2. Аналіз вмісту зображень	
4	Топологія зображень. Суміжність пікселів. Трасування країв.
5	Аналіз двовимірних фігур. Пошук прямих та кіл.
Тема 3. Сегментація зображень	
6	Сегментація, ч.1. Базові підходи.
7	Сегментація, ч.2. Алгоритм поширення довіри.
Тема 4. Камери, координати та калібровка	
8	Модель камери. Перетворення та параметри камери. Системи координат.
9	Калібровка. Визначення параметрів камери та ректифікація стереопар.
Тема 5. Співставлення зображень	
10	Співставлення стереозображень. Пошук відповідностей. Міра впевненості.
11	Виявлення ознак. Ознаки SIFT, SURF та ORB.
12	Відслідковування та оновлення ознак. Алгоритм Лукаса-Канаде. Фільтр Калмана.
13	Аналіз руху. Оптичний та градієнтний потоки.
Тема 6. Тривимірний зір	
14	Аналіз тривимірних поверхонь. Параметри поверхні.

15	Реконструювання тривимірних поверхонь. Структурне підсвічування. Стереоскопічний зір. Епіпольна геометрія. Бінокулярна диспаратність та триангуляція.
Тема 7. Високорівневий аналіз зображень	
16	Виявлення об'єктів. Дескриптори HoG та вейвлети Хаара.
17	Використання випадкових лісів для аналізу зображень.
18	Штучні нейронні мережі для задач комп'ютерного зору.

Лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми)

Основне завдання циклу лабораторних робіт циклу лабораторних є набуття студентами умінь використання інструментів та застосування прийомів розробки якісного програмного забезпечення, працюючи в команді розробників. Лабораторні роботи рекомендовано виконувати в бригаді з 2-4 учасників.

№ з/п	Назва та завдання лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
1	Базова обробка зображень. Завдання: Відповідно до варіанту реалізувати програму для обробки вхідного зображення. Виконати пошук границь та кутів.	8
2	Аналіз вмісту зображень. Завдання: Відповідно до варіанту реалізувати програму для пошуку та аналізу двовимірних фігур.	6
3	Сегментація зображень Завдання: Відповідно до варіанту реалізувати програму для сегментації вхідних зображень.	6
4	Камери, координати та калібровка Завдання: Відповідно до варіанту реалізувати модель камери та програму для виконання її калібрування.	4
5	Співставлення зображень Завдання: Відповідно до варіанту реалізувати програму для співставлення пар зображень.	4
6	Тривимірний зір Завдання: Відповідно до варіанту реалізувати програму для реконструювання тривимірних поверхонь.	4
7	Високорівневий аналіз зображень Завдання: Відповідно до варіанту реалізувати програму для виявлення об'єктів.	4

6. Самостійна робота

В процесі вивчення курсу "Комп'ютерний зір" студенти самостійно вивчають можливості бібліотек OpenCV, Eigen та Ceres Solver. Також студенти самостійно налаштовують C++ проекти для роботи з цими бібліотеками (бажано використовувати CMake).

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- відвідування лекційних та лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;
- на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує гугл-диск для викладання матеріалу поточної лекції, додаткових ресурсів, лабораторних робіт та інше;
- на лекції заборонено відволікати викладача від викладання матеріалу, усі питання, уточнення та ін. студенти задають в кінці лекції у відведений для цього час (окрім випадків, коли викладач сам пропонує задати питання під час лекції);
- лабораторні роботи захищаються у два етапи – перший етап: студенти виконують завдання на допуск до захисту лабораторної роботи; другий етап – захист лабораторної роботи. Бали за лабораторну роботу враховуються лише за наявності електронного звіту;
- заохочувальні бали виставляються за: активну участь у підготовці лекційних матеріалів; участь у факультетських та інститутських олімпіадах з навчальних дисциплін, участь у конкурсах робіт, підготовка оглядів наукових праць; презентацій по одній із тем СРС дисципліни тощо. Кількість заохочуваних балів не більше 10;
- штрафні бали виставляються за: невчасне відпрацювання та здачу лабораторної роботи
- Пропущені контрольні заходи оцінювання. Кожен студент має право відпрацювати пропущені з поважної причини (лікарняний, мобільність тощо) заняття за рахунок самостійної роботи. Детальніше за посиланням: <https://kpi.ua/files/n3277.pdf>.
- Процедура оскарження результатів контрольних заходів оцінювання. Студент може підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право аргументовано оскаржити результати контрольних заходів, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного.
- Академічна доброчесність. Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.
- Норми етичної поведінки. Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.
- Інклюзивне навчання. Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.
- Навчання іноземною мовою. У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.

- Призначення заохочувальних та штрафних балів Відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання сума всіх заохочувальних балів не може перевищувати 10% рейтингової шкали оцінювання.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Семестровий контроль проводиться у вигляді заліку. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система та університетська шкала.

Поточний контроль: виконання та захист лабораторних робіт, написання модульної контрольної роботи.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Лабораторні роботи

Загальна кількість балів – 70. Оцінка:

- «відмінно», повна відповідь на питання під час захисту (не менш ніж 90% потрібної інформації) та оформлений належним чином електронний протокол до лабораторної роботи – 9-10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь на питання під час захисту (не менш ніж 75% потрібної інформації) та оформлений належним чином електронний протокол до лабораторної роботи – 8-9 балів;
- «задовільно», неповна відповідь на питання під час захисту (не менш ніж 60% потрібної інформації), незначні помилки та оформлений належним чином електронний протокол до лабораторної роботи – 6-7 балів;
- «достатньо», неповна відповідь на питання під час захисту (не менш ніж 30% потрібної інформації), незначні помилки та оформлений належним чином електронний протокол до лабораторної роботи – 3-5 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь та/або не оформлений належним чином електронний протокол до лабораторної роботи – 0-2 бали.

За кожне запізнення з поданням лабораторної роботи до захисту від встановленого терміну оцнка знижується на 1 бал.

Модульна контрольна робота

Загальна кількість балів – 30. Модульна контрольна робота містить два теоретичних запитання та одне практичне завдання. Кожне запитання (завдання) оцінюється у 10 балів.

Оцінка:

- «відмінно», повна відповідь (не менш ніж 90% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менш ніж 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними помилками – 7-8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (але не менш ніж 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 5-6 балів;

- «достатньо», неповна відповідь (не менш ніж 30% потрібної інформації), незначні помилки – 3-4 бали;
- «незадовільно» - 0-2 бали. Незадовільна відповідь (неправильний розв'язок задачі), потребує обов'язкового повторного написання в кінці семестру.

Заохочувальні бали

– за виконання творчих робіт з кредитного модуля (наприклад, участь у факультетських та інститутських олімпіадах з навчальних дисциплін, участь у конкурсах робіт, підготовка оглядів наукових праць тощо); за активну роботу на лекції (питання, доповнення, зауваження за темою лекції, коли лектор пропонує студентам задати свої питання); виконання додаткових завдань у лабораторних роботах 1-2 бали, але в сумі не більше 10;

– презентації по СРС – від 1 до 5 балів.

Календарний контроль

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів максимально можлива кількість балів – 20 (2 лабораторні роботи). На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менший ніж 10 балів.

За результатами 14 тижнів навчання максимально можлива кількість балів – 80 балів (5 лабораторних робіт + МКР. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менший ніж 40 балів.

Максимальна сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$RD = 7 \cdot r_{\text{лаб}} + r_{\text{МКР}} + (r_z - r_{\text{ш}}) = 100 + (r_z - r_{\text{ш}}),$$

де $r_{\text{лаб}}$ – бал за лабораторну роботу;

$r_{\text{МКР}}$ – бал за написання МКР;

$r_{\text{ДКР}}$ – бал за написання ДКР;

r_z – заохочувальні бали за активну участь на лекціях, презентації, участь в олімпіадах, конкурсі роботи, наукові роботи за тематикою дисципліни (0...10);

$r_{\text{ш}}$ – штрафні бали.

Залік

Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт, та стартовий рейтинг не менше 36 балів.

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожен білет містить два теоретичних запитання та одне практичне завдання (задачу). Перелік тем для теоретичних питань наведений у додатку А. Кожне теоретичне запитання оцінюється у 30 балів. Практичне завдання оцінюється в 40 балів.

Система оцінювання питань

Загальна кількість балів – 100. Оцінка:

«відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв’язування завдання) – 90-100 балів;

«добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв’язування завдання з незначними неточностями) – 75-89 балів;

«задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 60-74 балів;

«достатньо», неповна відповідь на питання (не менш ніж 30% потрібної інформації) – 30-59 балів;

«незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0-29 балів.

Сума стартових балів та балів за залікову контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за зарахування усіх лабораторних робіт семестровий рейтинг не менше 60 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

З метою кращого засвоєння окремих тем пропонується проходження відповідних онлайн-курсів, зокрема:

<https://www.coursera.org/specializations/firstprinciplesofcomputervision>

<https://www.coursera.org/learn/computer-vision-basics>

<https://www.coursera.org/specializations/computer-vision>

а також інших, що відповідають тематиці курсу.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено асистент каф. СПСКС, к.т.н, Морозов Костянтин В’ячеславович

Ухвалено кафедрою __СПСКС__ (протокол № _6_ від _03.01.2024_)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № _6_ від 26.01.2024_)

Додаток А

Перелік теоретичних питань на залік

1. Представлення зображень. Типи зображень.
2. Пікселі та вікна.
3. Основні статистичні параметри зображень.
4. Пряме та зворотне дискретне перетворення Фур'є та його застосування до зображень.
5. Моделі представлення кольору зображення.
6. Інтегральні зображення.
7. Піраміди зображень.
8. Локальні оператори.
9. Фільтрація Фур'є.
10. Детектування границь та кутів.
11. Оператори LoG та DoG.
12. Алгоритм Ковесі.
13. Суміжність пікселів в зображеннях.
14. Трасування країв.
15. Аналіз двовимірних геометричних фігур.
16. Пошук прямих та кіл.
17. Оптичний потік.
18. Градієнтний потік.
19. Алгоритм Хорна-Шанка.
20. Алгоритм Лукаса-Канаде.
21. Алгоритм BBPW.
22. Алгоритми сегментації зображень.
23. Алгоритм поширення довіри.
24. Властивості та параметри камер.
25. Моделі камер.
26. Світові та однорідні координати.
27. Калібровка камер.
28. Ректифікація пар стереозображень.
29. Параметри тривимірних поверхонь.
30. Структурне підсвічування.
31. Стереоскопічний зір.
32. Епіполярна геометрія.
33. Бінокулярна диспаратність та триангуляція.
34. Модель співставлення зображень.
35. Міра впевненості при співставленні зображень.
36. Співставлення зображень шляхом динамічного програмування.
37. Співставлення зображень шляхом поширення довіри.
38. Інваріантність, ознаки та множини ознак.
39. Ознаки SIFT, SURF та ORB.
40. Відслідковування та оновлення ознак.
41. Відслідковувач Лукаса-Канаде.
42. Фільтр Калмана.
43. Дескриптори та класифікатори.
44. Гістограми орієнтованих градієнтів.
45. Вейвлети Хаара.
46. Випадкові ліси для аналізу зображень.
47. Штучні нейронні мережі для задач комп'ютерного зору.