



Технології Computer Vision

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>123 Комп'ютерна інженерія, 121 Інженерія програмного забезпечення</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерна інженерія, Інженерія програмного забезпечення</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова компонента ОП, циклу професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>очна / заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3,4 курс, осінній, літній</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів / 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор технічних наук, професор Писарчук Олексій Олександрович, kga46826@gmail.com. Лабораторні: доктор технічних наук, професор Писарчук Олексій Олександрович, kga46826@gmail.com.</i>
Розміщення курсу	<i>https://drive.google.com/drive/folders/ 1qXc3Ami_HNiVaTPIY7jLom0YRwtiGTQr?usp=sharing https://classroom.google.com/c/NDIxODIzNTEyNDc2?cjc=mgwrbui</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Технології Computer Vision» призначена для набуття студентами здатності синтезувати, верифікувати математичні моделі, і алгоритмів, розробляти спеціалізоване програмне забезпечення із впровадженням технологій Computer Vision (комп'ютерного бачення = комп'ютерного зору). Це досягається вивченням теоретичних основ синтезу математичних моделей, методології вибору методів, і алгоритмів обробки цифрових зображень, верифікації отриманих результатів методами імітаційного моделювання, а також практичної реалізації обраних підходів з метою розробки спеціалізованих прикладних програм із впровадженням технологій Computer Vision.

Метою вивчення курсу «Технології Computer Vision» є: набуття студентами здатності синтезувати, верифікувати математичні моделі, і алгоритмів, розробляти спеціалізоване програмне забезпечення із впровадженням технологій Computer Vision (комп'ютерного бачення = комп'ютерного зору).

Задача дисципліни – надання ґрунтовного теоретичного базису та потужних практичних навичок програмної реалізації методів, математичних моделей і алгоритмів технологій Computer Vision (комп'ютерного бачення = комп'ютерного зору).

Курс базується на дисциплінах Вища математика; Теорія ймовірності та математична статистика; Дискретна математика; Програмування; Структури даних і алгоритми; Організація баз даних; Організація обчислювальних процесів.

Теоретичні основи Computer Vision надаються у формі лекційних занять з обов'язковою демонстрацією практичної реалізації розглянутих алгоритмів у формі прикладів програмного коду.

Практичні навички застосування технологій Computer Vision набуваються на лабораторних заняттях, які побудовані за принципом нарощування функціональності розроблених скриптів. При цьому особлива увага приділяється процесам інженерії програмного забезпечення. **Практична частина дисципліни орієнтована на застосування мови програмування високого рівня Python** з вивченням можливостей графічних бібліотек Graphics, Tkinter, Matplotlib, NumPy (для «сирої» реалізації алгоритмів Computer Vision) та спеціалізованих пакетів типу PIL / Pillow, OpenGL, OpenCV для створення програмних модулів завершеної практичної спрямованості.

Дисципліна розкриває суть етапів класичного конвеєра обробки цифрових графічних зображень: синтез зображення (просторове перетворення) – rasterизація (реалістичне зображення, цифрова обробка) – векторизація (ідентифікація об'єкту та цільова обробка зображень).

Набуті компетенції з Computer Vision можливо застосовувати на проектах наступних прикладних галузей і технологій:

1. Реконструкція 3D сцени та навігація в ній (Structure-from-Motion, Road Scene Understanding and Autonomous Driving);

2. Сегментація сцени і розуміння сюжету (Significance maps, video and 3D segmentation, 3D stream, multiple tracking, object detection, activity detection and prediction, group analysis, object detection and recognition);

3. Розпізнавання зображень, ідентифікація об'єктів (Convolution networks, Deep learning, Image Retrieval, Object Detection).

За результатами вивчення курсу студент повинен знати:

методи і алгоритми синтезу цифрового зображення (2D, 3D – об'єкти, графічний метод, аналітичні та неаналітичні методи);

базові геометричні перетворення 2D, 3D об'єктів (масштабування, переміщення, обертання, проекції);

методи і алгоритми rasterизації і обробки растрових цифрових зображень: принципи створення, характеристики та алгоритми обробки зміна яскравості, фільтрація тощо;

методи, алгоритми і технології векторизації цифрових зображень, математичні моделі, алгоритми апроксимації, інтерполяції та згладжування (МНК, Сплайни, Криві Безьє тощо);

фрактальні моделі цифрових зображень (синергетика, фрактали, фрактальні алгоритми, генератори фракталів);

методи, моделі, алгоритми і технології формування реалістичних зображень: доповнена реальність, моделі світла і тіні: 3D-конвеєр, рендерінг;

методи, моделі, алгоритми і технології цифрової обробки зображень та прикладні аспекти Computer Vision: фільтрація; корекція кольору; сегментація; векторизація; морфологічна обробка; розпізнавання, штучні нейронні мережі.

За результатами вивчення курсу студент повинен вміти:

застосовувати методи і алгоритми синтезу цифрового зображення (2D, 3D – об'єкти, графічний метод, аналітичні та неаналітичні методи);

застосовувати базові геометричні перетворення 2D, 3D об'єктів (масштабування, переміщення, обертання, проекції);

застосовувати методи і алгоритми rasterизації і обробки растрових цифрових зображень: принципи створення, характеристики та алгоритми обробки зміна яскравості, фільтрація тощо;

застосовувати методи, алгоритми і технології векторизації цифрових зображень, математичні моделі, алгоритми апроксимації, інтерполяції та згладжування (МНК, Сплайни, Криві Безьє тощо);

застосовувати фрактальні моделі цифрових зображень (синергетика, фрактали, фрактальні алгоритми, генератори фракталів);

застосовувати методи, моделі, алгоритми і технології формування реалістичних зображень: доповнена реальність, моделі світла і тіні: 3D-конвеєр, рендерінг;

застосовувати методи, моделі, алгоритми і технології цифрової обробки зображень та прикладні аспекти Computer Vision: фільтрація; корекція кольору; сегментація; векторизація; морфологічна обробка; розпізнавання, штучні нейронні мережі.

Опановані знання, уміння та навички дисципліни «Технології Computer Vision» потребують посади: Software Developer with Computer Vision; Embedded developer for Computer Vision systems; Computer Vision Research Engineer тощо.

Курс включає 4 кредити (120 годин), з яких 54 години – аудиторної підготовки, 66 година – самостійної роботи студентів.

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

Перереквізити:

Базові знання з програмування, архітектури обчислювальних систем і мереж, дискретної математики, комп'ютерної логіки, процесів інженерії програмного забезпечення.

Постреквізити:

121:

ЗК01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ФК07 Володіння знаннями про інформаційні моделі даних, здатність створювати програмне забезпечення для зберігання, видобування та опрацювання даних;

ФК14 Здатність до алгоритмічного та логічного мислення;

ПРН05 Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення

123:

ЗК 1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ФК2 Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.

ФК18 Здатність розробляти, адаптувати, використати програмне забезпечення для покращення ефективності застосування високопродуктивних комп'ютерних систем

Місце дисципліни в структурно-логічній схемі навчання:

Дисципліна відноситься до вибіркової компоненти ОП, циклу професійної підготовки. Курс орієнтовано на прикладні аспекти проектування, синтезу та розробки математичних моделей, алгоритмів та програмного забезпечення складних розподілених інформаційних систем із властивостями інтелектуальності, що є міждисциплінарним зв'язком компонентів освітньої програми.

3. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ COMPUTER VISION.

ТЕМА 1. Формування та представлення цифрових 2D зображень.

ТЕМА 2. Координати та перетворення в 2D та 3D просторах.

ТЕМА 3. Растрові цифрові зображення.

ТЕМА 4. Векторні цифрові зображення.

ТЕМА 5. Фрактальні цифрові зображення.

МОДУЛЬ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ COMPUTER VISION.

ТЕМА 6. Реалістичне представлення цифрових графічних об'єктів та сцен.

ТЕМА 7. Цифрова обробка зображень для задач Computer Vision.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Список основних інформаційних джерел:

1. Навчально-методичний комплекс з дисципліни “Технології Computer Vision” [https://drive.google.com/drive/folders/1qXc3Ami_HNiVaTPIY7jLom0YRwtiGTQr?usp=sharing].
2. Електронний курс на освітній платформі Sikorsky «Технології Computer Vision», 2022: <https://classroom.google.com/c/NDIxODIzNTEyNDc2?cjc=mgwrubi>
3. Комп’ютерна графіка : навчальний посібник : в 2-х кн. / Укладачі : Тотосько О.В., Микитишин А.Г., Стухляк П.Д. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 304 с.
4. Маценко В.Г. Комп’ютерна графіка: Навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2009 – 343 с.
5. Комп’ютерна графіка: конспект лекцій / Укладач: Скиба О.П. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 88с.
6. Глібко О. А., Максимова М. О., Гречка І. П.. Комп’ютерна графіка. створення моделей та сцен у тривимірному середовищі: Навчальний посібник. – Харків.: НТУ «ХПІ», 2018. – 132с.
7. Фоли Дж., Вэн Дэм. Основы интерактивной машинной графики. - Мир, 1985.
8. Соснин, Н. В. Компьютерная графика. Математические основы. Версия 1.0 [Электронный]
9. Peter Comninos. Mathematical and Computer Programming Techniques for Computer Graphics. Springer-Verlag London Limited, 2006. – 556с.
10. Eric Lengyel Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics. Course Technology, a part of Cengage Learning, 2012. – 566с.

Список додаткових інформаційних джерел:

1. Лаврищева К.М. Програмна інженерія. – К.: 2008. – 319 с.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – 3-е изд., испр. и доп. – М: Техносфера, 2012. – 1104 с.
3. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман ; пер. с англ. - 3-е изд.
4. Ян Ерик Содем. Программирование компьютерного зрения на Python. – М.: ДМК Пресс. – 2016, 312с.
5. Себастьян Рашка, Вахид Мирджалили. Python и машинное обучение. Машинное и глубокое обучение с использованием Python, scikit-learn, TensorFlow. К.: Диалектика, 2020. – 656 с.
6. Патрик Джоши. Искусственный интеллект с примерами на Python. К.: Диалектика, 2020. – 448 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

МОДУЛЬ 1. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ COMPUTER VISION.

ТЕМА 1. Формування та представлення цифрових 2D зображень.

Лекція 1. Вступ до технологій Computer Vision.

1. Структура та завдання дисципліни.
2. Загальні відомості про технології Computer Vision.
3. Технології Computer Vision з Python.

Лекція 2. Сучасні технології, що застосовують і реалізують методи та алгоритми Computer Vision.

1. Системи програмування.
2. Основні графічні пакети та модулі мови програмування Python.

Лабораторна робота 1. Дослідження основних графічних можливостей мови програмування Python.

Формування графічних примітивів з використанням базових графічних пакетів Python.

ТЕМА 2. Координати та перетворення в 2D та 3D просторах.

Лекція 3. Координати та перетворення. Площинні (2D) перетворення.

1. Базові геометричні перетворення графічних об'єктів.

2. Прості та композиційні двомірні (2-D) перетворення.

Лабораторна робота 2. Дослідження технологій побудови та перетворення координат площинних (2D) об'єктів

Формування 2D графічних об'єктів та їх координатні перетворення.

Лекція 4. Координати та перетворення. Просторові (3D) перетворення.

1. Базові 3-D перетворення графічних об'єктів.

2. Просторові 3-D перетворення високого порядку.

3. Технологічні особливості геометричних перетворень графічних об'єктів.

Лекція 5. Математичні моделі геометричних об'єктів.

1. Математичні моделі геометричних об'єктів.

2. Технологічні особливості побудови та перетворення 3-D графічних об'єктів.

Лабораторна робота 3. Дослідження технологій побудови та перетворення координат просторових (3D) об'єктів.

Формування 3D графічних об'єктів та їх координатні перетворення.

ТЕМА 3. Растрові цифрові зображення.

Лекція 6. Растрові цифрові зображення. Алгоритми для растрових зображень.

1. Принципи створення растрових цифрових зображень.

2. Алгоритми формування, обробки та перетворення растрової графіки.

Лекція 7. Базові алгоритми для формування і обробки растрових зображень

1. Базові алгоритми для формування і обробки растрових зображень.

2. Технології формування і обробки растрових зображень.

Формування 3D цифрового зображення та його координатні перетворення.

Лабораторна робота 4. Дослідження алгоритмів формування та обробки растрових цифрових зображень.

Формування растрових цифрових зображень із векторних форм, робота із кольоровими моделями растрових зображень.

ТЕМА 4. Векторні цифрові зображення.

Лекція 8. Основні відомості про векторні цифрові зображення.

1. Загальна характеристика векторних цифрових зображень.

2. Математичні основи формування і обробки векторних цифрових зображень.

Лекція 9. Алгоритми формування векторних цифрових зображень. Видалення невидимих ліній та поверхонь.

1. Алгоритми видалення невидимих ліній та поверхонь.

2. Технології видалення невидимих ліній та поверхонь.

Лекція 10. Алгоритми формування векторних цифрових зображень. Алгоритми побудови інтерполяційних та згладжуючих кривих.

1. Алгоритми побудови інтерполяційних та згладжуючих кривих.

2. Технології побудови інтерполяційних та згладжуючих кривих.

Лабораторна робота 5. Дослідження алгоритмів формування та обробки векторних цифрових зображень.

Формування векторних зображень із растрових форм, видалення невидимих ліній та поверхонь, перетворення і анімація векторних графічних 3D об'єктів.

ТЕМА 5. Фрактальні цифрові зображення.

Лекція 11. Фрактальні цифрові зображення. Базові алгоритми формування і обробки фрактальних зображень.

1. Алгоритми формування і обробки фрактальних зображень.

2. Технології формування і обробки фрактальних зображень.

Лабораторна робота 6. Дослідження алгоритмів формування і обробки фрактальних зображень

Формування цифрових фрактальних зображень та їх обробка.

МОДУЛЬ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ COMPUTER VISION.

ТЕМА 6. Реалістичне представлення цифрових графічних об'єктів та сцен.

Лекція 12. Кольорові моделі цифрових реалістичних зображень.

1. Моделі цифрових реалістичних зображень, моделі світла і тіні.

Лекція 13. Технології реалістичного представлення цифрових графічних об'єктів та сцен.

1. Технології реалістичного представлення цифрових графічних об'єктів та сцен, 3D-конвеєр, рендерінг.

Лабораторна робота 7. Дослідження технологій створення реалістичних цифрових зображень.

Моделі цифрових реалістичних зображень, моделі світла і тіні, 3D-конвеєр, рендерінг.

ТЕМА 7. Цифрова обробка зображень для задач Computer Vision.

Лекція 14. Цифрова обробка зображень для задач Computer Vision. Теоретичні та технологічні основи.

1. Теоретичні основи обробки цифрових зображень.

2. Технології цифрової обробки зображень.

Лекція 15. Цифрова обробка зображень для задач Computer Vision. Покращення якості зображення (кольорова корекція та фільтрація).

1. Перетворення яскравості та контрасту.

2. Фільтрація зображень.

3. Технології цифрової обробки зображень.

Лекція 16. Цифрова обробка зображень для задач Computer Vision. Сегментація зображень та розпізнавання об'єктів.

1. Теоретичні основи сегментації цифрових зображень.

2. Розпізнавання зображень.

3. Технології сегментації та розпізнавання зображень.

Лабораторна робота 8 Дослідження технологій цифрової обробки зображень для задач Computer Vision

Формування цифрового зображення, покращення якості (кольорова корекція, фільтрація), сегментація, розпізнавання.

Лекція 17. Цифрова обробка зображень для задач Computer Vision. Технології штучного інтелекту.

1. Штучні нейронні мережі.

2. Технології штучних нейронних мереж.

3. Технології розпізнавання об'єктів з штучними нейронними мережами.

Лекція 18. Технології Computer Vision. Сучасність та перспективи.

1. Технології Computer Vision. Сучасність.

2. Технології Computer Vision. Перспективи

Лабораторна робота 9 Дослідження процесів Computer Vision з використанням моделей штучного інтелекту.

Формування цифрового зображення, покращення якості (кольорова корекція, фільтрація), сегментація, розпізнавання з використанням штучних нейронних мереж.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

В якості самостійної роботи студента застосовується підготовка до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, розв'язок задач, виконання модульної контрольної роботи. Загальний обсяг часу, що відводиться на самостійну роботу складає – 66 годин.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В процесі вивчення навчальної дисципліни вітається та заохочується:

- *колегіальність взаємовідносин в процесі реалізації освітнього процесу;*
- *своєчасність надання звітності за усіма формами контролю;*
- *дотримання норм академічної доброчесності.*

Порядок оформлення та надання звітності за усіма формами та порядок оцінювання результатів регламентується порядком, вказаному у завданнях: на лабораторні роботи; модульної контрольної роботи; методичних матеріалів із проведення заліку.

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

Система оцінювання – модульно-рейтингова за 100 бальною шкалою. Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що отримуються за наступне:

1. Відвідування навчальних занять.
2. Виконання та захист 9 лабораторних робіт.
3. Виконання 1 МКР.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Звітність	Лр1	Лр2	Лр3	Лр4	Лр5	Лр6	Лр7	Лр8	Лр9	МКР		Ітог.	Екзам.	Рейт инг
Високий рівень Лр.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	18		100	0	100
Середній рівень Лр.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	18		82	18	100
Екзамен	18													

1. Виконання та захист 9 лабораторних робіт

Ваговий бал за одну роботу максимум – 9. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 9 балів * 9 = 81 балів.

- 1.1. Охайне оформлення протоколу лабораторної роботи – 1 бал.
- 1.2. Своєчасний захист роботи – 1 бал.
- 1.3. Виконання роботи в повному обсязі – 5 бали.

1.4. Теоретична підготовка до виконання лабораторної роботи оцінюється відповіддю на одне контрольне питання – 1 бал.

1.5. Практичне виконання лабораторної роботи оцінюється відповіддю на одне контрольне питання – 0,5 бал.

1.6. Аналіз отриманих результатів виконання лабораторної роботи оцінюється відповіддю одне контрольне питання – 0,5 бал.

2. МКР

Максимальна кількість балів за МКР - 19 балів.

Студенти, що набрали необхідну кількість балів і погоджуються з нею можуть бути звільнені від екзамену з атестацією за поточним рейтингом.

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)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Що таке Computer Vision? Галузі застосування.
2. Характеристика основних графічних модулів Python.
3. Геометричні перетворення. Види геометричних перетворень?
4. Види геометричних перетворень 2D, 3D об'єктів.
5. Сутність графічного метода для 2D, 3D об'єктів.
6. Властивості структурних конструкцій матриці для 3D перетворень.

7. Сутність проєкційних перетворень 3D графічних об'єктів та їх класи.
8. Растр. Типи растрів. Характеристики растрових зображень.
9. Суть алгоритмів растеризації зображень.
10. Алгоритми інтерполяції та згладжування для векторних зображень.
11. Класифікація фрак талів, їх коротка характеристика.
12. Модель кольору RGB, CMY/CMYK, HSB (HSV) – розкрити сутність.
13. 3D конвеєр: сутність та етапи.
14. Рендерінг зображення: сутність та етапи.
15. Сутність синтезу реалістичного зображення за 3D конвеєром та рендерінгом.
16. Призначення та можливості бібліотеки OpenGL
17. Складові моделі освітлення OpenGL.
18. Основні поняття цифрової обробки зображень.
19. Етапи обробки цифрового зображення.
20. Алгоритми покращення цифрових зображень типи та сутність.
21. Базові алгоритми фільтрації цифрових зображень.
22. Діаграма яскравості зображення. Сутність, властивості.
23. Метод розтягування діаграми яскравості. Сутність та реалізація.
24. Метод лінеаризації діаграми яскравості. Сутність та реалізація.
25. Метод нормалізації діаграми яскравості. Сутність та реалізація.
26. Математична постановка задачі фільтрації зображень. Модель зображення.
27. Принципи цифрової фільтрації зображень.
28. Призначення, основні можливості пакету OpenCV.
29. Методи корекції кольору в OpenCV.
30. Методи фільтрації цифрових зображень в OpenCV.

Перелік практичних питань

1. Провести синтез математичної моделі, розробити структурну схему алгоритму та програму мовою python, що реалізує операції: переміщення – обертання – масштабування 2D графічного об'єкту – трикутник. Останню операцію здійснити циклічно зі зміною кольору внутрішнього забарвлення.

2. Провести синтез математичної моделі, розробити структурну схему алгоритму та програму мовою python, що циклічно реалізує переміщення 3D графічного об'єкту в аксонометричній проєкції – піраміду з чотирикутною основою. Операцію здійснити зі зміною кольору контуру.

3. З використанням засобів моделювання та обробки графічних зображень Python та бібліотеки OpenGL розробити скрипт, що реалізує реалістичну візуалізацію графічної сцени у композиції: джерело світла – спостерігач – піраміда з трикутною основою – циліндр. Моделі об'єктів обрати самостійно. Об'єкти статичні в аксонометричній проєкції з урахуванням зміни освітленості.

4. З використанням засобів цифрової обробки графічних зображень Python та бібліотеки OpenCV розробити скриптів, що реалізує формування відтінків сірого зображення з кольорового та фільтрацію зображення обраним методом. Зображення обрати самостійно.

5. З використанням засобів цифрової обробки графічних зображень Python та бібліотеки OpenCV розробити скриптів, що реалізує кортеж операцій з виділенням контуру двох об'єктів на цифровому зображенні. Зображення кольорове – обрати самостійно.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри обчислювальної техніки, доктором технічних наук, професором Писарчуком Олексієм Олександровичем.

Ухвалено кафедрою обчислювальної техніки (протокол № 10 від 25.05.2022).

Погоджено Методичною комісією факультету інформатики та обчислювальної техніки (протокол № 10 від 09.06.2022).