

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри
інформаційних систем.

Протокол № 2 від 02.09.2024 р.

ПОРОДЖЕНО

Проректор з навчально-методичної роботи



Каріна НЕМАШКАЛО

ПРОГРАМУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань
Спеціальність
Освітній рівень
Освітні програми

**12 “Інформаційні технології”
122 “Комп’ютерні науки”
перший (бакалаврський)
“Комп’ютерні науки”**

Статус дисципліни

Мова викладання, навчання та оцінювання

вибіркова

українська

Розробник:

к.т.н., доцент

Олег ФРОЛОВ

Завідувач кафедри

інформаційних систем

Дмитро БОНДАРЕНКО

Гарант програми

Дмитро ГОЛУБНИЧИЙ

**Харків
2024**

ВСТУП

Вагома частина інформації, з якою стикається користувач комп'ютерних технологій, має графічну форму. На графічний інтерфейс налаштовані сучасні операційні системи, графічними засобами візуалізується робота системних та прикладних програм, графічними ресурсами насичені інформаційні потоки новин, графічні методи та засоби застосовуються в комп'ютерній ігровій індустрії, графіка масштабно використовується в науковій діяльності, інженерній та конструкторській справах тощо. Сам термін «комп'ютерна графіка» сьогодні трактується як вид діяльності, в якому комп'ютерна техніка та програмне забезпечення використовуються як інструментарій для створення та редагування зображень, для діджиталізації візуальної інформації про реальний світ з метою її подальшої обробки та збереження.

Комп'ютерна графіка – це галузь знань, в якій, з одного боку, накопичено значний багаж знань, з іншого боку, здійснюється постійний розвиток методів, алгоритмів та практичних застосувань, це складна і різноманітна дисципліна. Програмування комп'ютерної графіки є важливою компонентою освіти сучасного програміста. В багатьох випадках потреби в графіці можуть бути забезпечені різними існуючими графічними бібліотеками та системами. Однак, постійно виникає необхідність створювати спеціальні графічні програмні засоби. Зробити це можна, якщо оволодіти практичними навичками розв'язування типових задач комп'ютерної графіки та відповідними теоретичними знаннями.

Навчальна дисципліна «Програмування комп'ютерної графіки» вивчається здобувачами спеціальності «Інженерія програмного забезпечення» усіх форм навчання на третьому курсі протягом осіннього семестру.

Метою викладання даної навчальної дисципліни є формування у здобувачів знань та навичок з методів, алгоритмів і прийомів роботи з плоскими та просторовими об'єктами при створенні графічних програмних застосунків, із сучасним професійним інструментарієм для роботи з комп'ютерної графікою, із практикою застосування бібліотек для комп'ютерної графіки та візуалізації в сучасних мовах програмування.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- ознайомлення здобувачів з сучасними ефективними алгоритмами та методами комп'ютерної графіки;
- формування компетенцій щодо проектування і написання програмного забезпечення для відображення графічної інформації та візуалізації об'єктів різних форм з плоским та просторовим розміщенням та підтримкою візуальних ефектів.

Об'єктом навчальної дисципліни є формування зображень об'єктів різної форми на комп'ютері.

Предметом навчальної дисципліни є алгоритми та методи комп'ютерної графіки, апаратні та програмні засоби їх реалізації.

У процесі навчання здобувачі отримують необхідні знання під час лекційних занять та виконання лабораторних робіт. Також велике значення в процесі вивчення та закріплення знань має самостійна робота здобувачів. Усі

види занять розроблені відповідно до трансферної системи організації навчального процесу.

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна визначено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна

Результати навчання	Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти
ЗК1	ПР1
ЗК6	
ЗК7	
ЗК11	
СК3	
СК8	
ЗК1	ПР2
ЗК2	
ЗК6	
ЗК7	
СК3	
СК4	
ЗК1	ПР5
ЗК2	
ЗК12	
СК3.	
ЗК1	ПР9
ЗК2	
ЗК6	
ЗК9	
ЗК10	
СК8	

де, ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК9. Здатність працювати в команді.

ЗК10. Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

СК3. Здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем.

СК4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.

СК8. Здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування: узагальненого, об'єктно-орієнтованого, функціонального, логічного, з відповідними моделями, методами й алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами управління.

ПР1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

ПР2. Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації

ПР5. Проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми розв'язання обчислювальних та логічних задач, оцінювати ефективність та складність алгоритмів на основі застосування формальних моделей алгоритмів та обчислюваних функцій.

ПР9. Розробляти програмні моделі предметних середовищ, вибирати парадигму програмування з позицій зручності та якості застосування для реалізації методів та алгоритмів розв'язання задач в галузі комп'ютерних наук.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи програмування комп'ютерної графіки

Тема 1. Вступ до комп'ютерної графіки. Предмет та область застосування комп'ютерної графіки.

Коротка історія розвитку комп'ютерної графіки. Технічні засоби підтримки комп'ютерної графіки: дисплеї, пристрої вводу, відеоадаптер, принтери, сканери, плотери. Програмні засоби комп'ютерної графіки: драйвери пристроїв, бібліотеки графічних програм, спеціалізовані графічні системи і пакети програм.

Тема 2. Графічні засоби мов програмування.

2.1. Програмне керування кольором. Графічні засоби мов програмування. Інструменти та методи. Екранні системи координат. Вікна відображення. Атрибути та властивості олівця/пера (Pen). Атрибути та властивості «пензлика» (Brush). Функції відображення геометричних примітивів в OpenGL.

2.2. Растрове перетворення графічних примітивів. Алгоритми Брезенхема растрової дискретизації відрізка. Алгоритми Брезенхема растрової дискретизації окружності та еліпса. Алгоритми заповнення внутрішніх областей.

Тема 3. Системи координат та геометричні перетворення в задачах комп'ютерної графіки.

3.1. Системи координат на площині. Види системи координат. Формули взаємного переходу між полярною та декартовою системами координат. Геометричні перетворення координат на площині. Перетворення зсуву (трансляція). Перетворення масштабування. Перетворення повороту (обертання) навколо початку координат. Суперпозиція геометричних перетворень.

3.2. Геометричні перетворення на площині в однорідних координатах. Поняття однорідних координат. Елементарні геометричні перетворення в однорідних координатах. Суперпозиція перетворень в однорідних координатах. Приклад застосування геометричних перетворень для програмування анімації.

3.3. Стереометричні системи координат. Геометричні перетворення у просторі. Суперпозиція геометричних перетворень у 3D просторі. Стереометричні геометричні перетворення в однорідних координатах. Зміст однорідних координат у просторі. Геометричні перетворення у просторі в однорідних координатах. Суперпозиція геометричних перетворень у просторі в однорідних координатах.

3.4. Геометричні перетворення в OpenGL.

Тема 4. Шейдери: загальне поняття, послідовність виконання.

GLSL. Синтаксис. Оператори, оголошення, специфікатори (uniform, attribute, varying, const). Вбудовані функції мови GLSL OpenGL. Вершинний та фрагментний шейдери: призначення, атрибути вершин, вхідні та вихідні змінні, uniform змінні, varying змінні. Основи побудови та використання шейдерів

Змістовий модуль 2. Моделі та алгоритми представлення об'єктів та побудови зображень з ними

Тема 5. Зображення 3D об'єктів. Проекції

5.1. Афінні перетворення в просторі. Проекції. Моделі проектування. Класифікація проекцій, ортографічна аксонометрична, косокутна. Перспективні проекції. Методи створення перспективних видів.

5.2. Тривимірний конвеєр спостережень. Еталонна система спостережень. Перетворення зовнішніх координат в координати спостереження. Перетворення проектування. Перетворення поля огляду та тривимірні екранні координати. Функції тривимірного спостереження OpenGL.

Тема 6. Представлення геометричної інформації.

6.1. Представлення та згладжування кривих. Основні поняття. Поняття параметричної лінії. Кубічні параметричні лінії. Поліноміальна інтерполяція. Згладжуючі сплайни. Сплайнові криві. Криві Безьє. B-сплайнові криві

6.2. Просторові форми. Багатогранники. Криволінійні поверхні. Білінійна та лінійчаста поверхні. Поверхні Без'є. B - сплайнові поверхні.

6.3. Криві та поверхні в OpenGL.

Тема 7. Моделі освітлення та текстурування.

7.1. Моделювання освітлення OpenGL. Дифузна та дзеркальна освітленість. Забарвлення по Гуро та Фонгу. Налаштування параметрів освітлення в OpenGL.

7.2. Текстурування в OpenGL. Фільтрування текстур: вибірка найближчого пікселя, білінійна, трілінійна, анізотропна. Текстура та освітлення. Автоматичний розрахунок текстурних координат. Картки середовища. Карти освітленості (lightmaps). Мультітекстурування. Піксельні операції: змішування кольорів та напівпрозорі об'єкти. Піксельні операції: буфер трафарету. Тіні та відображення.

Тема 8. Відтинання геометричних примітивів.

Відсікання (кліпування) ліній. Алгоритм ділення відрізка навпіл. Коди Сазерланда — Коена. Кліпування багатокутників. Штрихування багатокутної області. Перехід до тривимірного кліпування пірамідою видимості.

Тема 9. Видалення прихованих ліній та поверхонь

Історичний еккурс. Методи перебирального типу. Метод Z-буфера. Методи видалення неліцевих граней багатогранника. Алгоритми Варнака и Вейлера - Азертонна. Методи пріоритетів (художника, плаваючого горизонту). Метод двійкового розбиття простору. Алгоритми порядкового сканування для криволінійних поверхонь. Алгоритм визначення видимих поверхонь шляхом трасування променів.

Тема 10. Методи створення реалістичних зображень

10.1. Пряме і зворотне трасування променів. Промені дерева. Затінення об'єктів. Розрахунок перетину променя з основними геометричними об'єктами. Оптимізація методу трасування променів. Моделі освітлення в трасуванні променів.

10.2. Теоретико-множинні операції (CSG). Процедурні та шумові текстури. Випромінювальність: основна ідея та система лінійних рівнянь. Випромінювальність: розрахунок форм-факторів.

Перелік лабораторних занять за навчальною дисципліною наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Перелік лабораторних занять

Назва теми та / або завдання	Зміст
Тема 1. Завдання 1.	Растрове перетворення базових графічних об'єктів.
Тема 2. Завдання 2.	Методи відсікання відрізків. Вікна та області виведення.
Тема 3, Тема 4, Тема 5. Завдання 3.	Візуалізація тривимірного об'єкту та його перетворення.
Тема 6, Тема 7, Тема 8. Завдання 4.	Застосування текстурування поверхонь з використанням освітлення
Тема 9, Тема 10. Завдання 5.	Візуалізація моделі об'єкта, що розроблена засобами тривимірного редактора, побудова тіней від об'єкта.

Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл. 3.

Перелік самостійної роботи

Назва теми та / або завдання	Зміст
Тема 1 - 10	Вивчення лекційного матеріалу
Тема 1 - 10	Підготовка до лабораторних занять
Тема 1 - 10	Підготовка до екзамену

Кількість годин лекційних, лабораторних занять та годин самостійної роботи наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

У процесі викладання навчальної дисципліни для набуття визначених результатів навчання, активізації освітнього процесу передбачено застосування таких методів навчання, як:

Проблемна лекція (Тема 1), словесні (лекція (Тема 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)), лекція-діалог (Тема 3).

Наочні (демонстрація (Тема 1 - 10)).

Практичні (лабораторна робота (Тема 1 – 10), кейс-метод (Тема 4)).

ФОРМИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ

Університет використовує 100 бальну накопичувальну систему оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувача вищої освіти до виконання конкретної роботи і оцінюється сумою набраних балів:

– для дисциплін з формою семестрового контролю екзамен (іспит): максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума, що дозволяє здобувачу вищої освіти скласти екзамен (іспит) – 35 балів.

Підсумковий контроль включає семестровий контроль та атестацію здобувача вищої освіти.

Семестровий контроль проводиться у формі семестрового екзамену (іспиту). Складання семестрового екзамену (іспиту) здійснюється під час екзаменаційної сесії.

Максимальна сума балів, яку може отримати здобувач вищої освіти під час екзамену (іспиту) – 40 балів. Мінімальна сума, за якою екзамен (іспит) вважається складеним – 25 балів.

Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною визначається сумуванням балів за поточний та підсумковий контроль.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні контрольні заходи:

Поточний контроль: захист лабораторних робіт (48 балів), поточні контрольні роботи (12 балів).

Семестровий контроль: Екзамен (40 балів)

Більш детальну інформацію щодо системи оцінювання наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета та критерії оцінювання для навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Спеціальність «Інженерія програмного забезпечення»

Освітньо-професійна програма «Інженерія програмного забезпечення»

Семестр 5

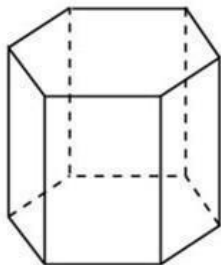
Навчальна дисципліна «Програмування комп'ютерної графіки»

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № _

Завдання 1. Алгоритм ЦДА для растрового представлення прямої лінії. Сутність, приклад програмної реалізації, переваги та недоліки.

Завдання 2. Вершинний шейдер – призначення, види змінних, що передаються. Приклад вершинного шейдера на мові GLSL.

Завдання 3. Побудувати центральну і паралельну проекції 3Д запропонованої фігури. Реалізувати анімацію та один з простіших ефектів освітлення.



Затверджено на засіданні кафедри інформаційних систем протокол № ____ від «__» _____ 20__ р.

Екзаменатор

к.т.н., доц. Фролов О. В.

Зав. кафедрою

к.т.н., доц. Бондаренко Д. О.

Критерії оцінювання

Підсумкові бали за екзамен складаються із суми балів за виконання всіх завдань, що округлені до цілого числа за правилами математики.

Перше та друге завдання екзаменаційного білету оцінюється максимум на 12 балів кожне. Третє завдання – на 16 балів. Отримана кількість балів з відповідей на кожне питання екзаменаційного білета підсумовується. У результаті такого підрахунку здобувачем може бути отримано від 0 до 40 балів.

Оцінка результату екзамену формується за такими правилами:

1. За завдання 1 може бути виставлено від 0 до 12 балів (за наявність алгоритму

введення масиву – 5 балів, за приклад програмної реалізації алгоритму – 5 балів, за обґартування переваг та недоліків алгоритму – 2 бали); за завдання 2 може бути виставлено від 0 до 12 балів (за визначення та опис засобів мови GLSL - 6 балів, за наведений приклад – 6 балів); за завдання 3 може бути виставлено від 0 до 16 балів (складання геометричної моделі об'єкта – 6 балів, за побудову проекції – 2 балів, анімація об'єкта – 4 бали, реалізація освітлення – 4 бали).

2. За кілька варіантів вирішення одного із завдань додається 1 бал.

3. За обґрунтований вибір варіанту, який з кількох варіантів вирішення є оптимальним додається 1 бал.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Журавчик Л.М. Програмування комп'ютерної графіки та мультимедійні засоби: навчальний посібник/ Л.М. Журавчик, О.М. Левченко. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2019.-276 с.

2. Пічугін М.Ф. Комп'ютерна графіка: навч. посіб. / М.Ф. Пічугін, І.О. Канкін, В.В. Воротніков – К.: «Центр учбової літератури», 2019. – 346 с.

3. Смолій В.В. Навчальний посібник з дисципліни «Системи візуалізації та розпізнавання образів» [навчальний посібник] / В.В. Смолій, Я.А. Савицька, М.Д. Місюра, В.В. Шкарупило. - К.: ФОП Ямчинський О.В., 2020.- 200 с.

4. Комп'ютерна графіка : навчальний посібник : в 2-х кн.1. для здобувачів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології» / Укладачі : О.В. Тотосько, П.Д. Стухляк, А.Г. Микитишин, В.В. Левицький, Р.З. Золотий. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023 – 304 с.

5. Інженерна і комп'ютерна графіка. Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів спеціальності 186 "Видавництво та поліграфія" першого (бакалаврського) рівня [Електронний ресурс] / уклад. А. С. Гордєєв; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. — Електрон. текстові дан. (107 КБ). — Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2022. — 23 с. - Режим доступу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/28149>

Додаткова

6. Collomosse J.P. Fundamentals of Computer Graphics - CM20219 / John Collomosse. University of Bath, UK – 2019. – 100 p.

7. Stemkoski, L., & Pascale, M. (2021). Developing Graphics Frameworks with Python and OpenGL (1st ed.) / Lee Stemkoski, Michael Pascale. - CRC Press, 2021. - 344p., <https://doi.org/10.1201/9781003181378>.

8. Castorina M., Sassone G. Mastering Graphics Programming with Vulkan: Develop a modern rendering engine from first principles to state-of-the-art techniques / Marco Castorina, Gabriel Sassone. - Packt Publishing, 2023. – 382 p.

9. Marschner S., Shirley P. Fundamentals of Computer Graphics, 5th Edition / Steve Marschner, Peter Shirley - A K Peters/CRC Press, 2021. – 717 p.

10. Войтко Б. С. Використання матриць перетворень для побудови тривимірних об'єктів за допомогою OpenGL в комп'ютерній графіці / Б. С.

Войтко, М. М. Марченко, П. В. Римар - Всеукраїнська науково-практична конференція для здобувачів, аспірантів та молодих вчених "Прикладні інформаційні технології". – Вінниця, 2020. – С. 167 – 170.

Інформаційні ресурси

11. Computer Graphics with Modern OpenGL and C++ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ua.udemy.com/course/graphics-with-modern-opengl/>.
12. Learn OpenGL with Python for Graphics and Games [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.udemy.com/course/learn-opengl-with-python-for-graphics-and-games/>.
13. Learn the Vulkan API with C++ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.udemy.com/course/learn-the-vulkan-api-with-cpp/>.