



ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ГРАФІЧНОЇ ТА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (освітньо-науковий)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Комп'ютерні науки
Статус дисципліни	Обов'язкова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, 1 семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС (лекції - 36, лабораторні роботи - 18, СРС - 66)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	м.к.р., РГР, екзамен
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: зав.каф. ЦТЕ, д.т.н., професор Аушева Наталія Миколаївна, <i>email: nataauscheva@gmail.com</i> Лабораторні заняття: зав.каф. ЦТЕ, д.т.н., професор Аушева Наталія Миколаївна, <i>email: nataauscheva@gmail.com</i>
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Метою кредитного модуля є набуття знань, умінь та навичок з візуалізації графічної та геометричної інформації та формування у магістрів **компетентностей** у відповідності до ОНП.

ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК 2	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК 5	Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.
ФК 1	Усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук.
ФК 3	Здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області.
ФК 5	Здатність розробляти, описувати, аналізувати та оптимізувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.
ФК 18	Здатність до удосконалення та розробки алгоритмів комп'ютерної графіки, уміння застосовувати їх під час створення реалістичних зображень об'єктів навколишнього середовища для систем комп'ютерної графіки.

В результаті засвоєння кредитного модуля магістри мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

ПРН 1	Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань.
ПРН 2	Мати спеціалізовані вміння/навички розв'язання проблем комп'ютерних наук, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур.
ПРН 7	Розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей.
ПРН 8	Розробляти математичні моделі та методи аналізу даних (включно з великими).
ПРН 9	Розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення для аналізу даних (включно з великими).
ПРН 11	Створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування.
ПРН 12	Проектувати та супроводжувати бази даних та знань.
ПРН 14	Тестувати програмне забезпечення.
ПРН 18	Збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до інформаційної або комп'ютерної системи, що розробляється, експлуатується чи супроводжується.
ПРН 19	Аналізувати сучасний стан і світові тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій.
ПРН 27	Удосконалювати алгоритми та проводити візуалізацію тривимірних об'єктів за умови твердотільного моделювання; будувати реалістичні зображення об'єктів та навколишнього середовища.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни магістри після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати:

ЗНАННЯ методів моделювання та візуалізації тривимірних об'єктів:

- геометричного моделювання кривих та поверхонь на основі теорії сплайнів;
- моделювання поверхонь на основі впорядкованого та невпорядкованого каркаса точок;
- візуалізації об'єктів та навколишнього середовища на основі спеціалізованих моделей освітлення.

ВМІННЯ:

- розробляти та удосконалювати методи тривимірного моделювання для вирішення теоретичних і прикладних задач за умови створення геометричних моделей об'єктів і процесів ;
- розробляти графічні проекти, застосовуючи програмні засоби створення графічних об'єктів за умови вирішення задач візуалізації, вирішувати задачі класифікації;
- візуалізації тривимірних об'єктів.

ДОСВІД:

- використання методів моделювання кривих та поверхонь для візуалізації технічних об'єктів;
- розробки проектів, застосовуючи технічні та програмні засоби реалізації статичних та динамічних процесів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

У структурно-логічній схемі навчання зазначена дисципліна розміщена на 1 курсі підготовки магістрів. Структура викладання побудована таким чином, щоб вивчення дисципліни мало теоретичне та практичне спрямування.

Вивчення кредитного модуля базується на знаннях, що отриманні під час нормативної підготовки бакалавра за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», а саме «Алгоритмізація та програмування», «Чисельні методи», «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Технології розробки програмного забезпечення» та набули певного досвіду у програмуванні.

Основа увага приділяється застосуванню спеціальних математичних знань для комп'ютерної графіки, моделювання та візуалізації. Матеріал курсу є основою для виконання курсових робіт з дисциплін, де необхідна візуалізація розроблюваних об'єктів та процесів, для візуалізації інформації в дипломних роботах магістрів.

Матеріал даної дисципліни може бути використаний для досліджень та візуалізації результатів при виконанні дисертації доктора філософії.

3. Зміст навчальної дисципліни

В дисципліні вивчаються такі теми:

Розділ 1. Геометричне моделювання тривимірних об'єктів

- Тема 1.1. Застосування комп'ютерної графіки
- Тема 1.2. Теорія перетворень і класифікація геометрій
- Тема 1.3. Геометричне моделювання кривих
- Тема 1.4. Проекціювання
- Тема 1.5. Геометричне моделювання поверхонь
- Тема 1.6. Фрактальна геометрія природи

Розділ 2. Візуалізація тривимірних зображень

- Тема 2.1. Видалення невидимих ліній та поверхонь
- Тема 2.2. Побудова реалістичного зображення
- Тема 2.3. Комп'ютерна анімація

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Donald D. Hearn, M. Pauline Baker, Warren Carithers Computer Graphics with Open GL 4th Edition, 2014-812 p. Режим доступу : <https://doc.lagout.org/programmation/OpenGL/Computer%20Graphics%20with%20OpenGL%20%284th%20ed.%29%20%5BHearn%2C%20Baker%20%26%20Carithers%202013%5D.pdf>
2. Аушева Н.М., Шаповалова С.І., Мажара О.О. Математичне забезпечення програмного інструментарію розробки систем екологічного моніторингу: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 140 с.
3. Kim M. J., Kim M. S., Shin S. Y. A General Construction Scheme for Unit Quaternion Curves with Simple High Order Derivatives. *Computer Graphics (SIGGRAPH '95 Proceedings)*. 1995. Vol. 29. – P. 369–376.
4. Курбатова І. М. Диференціальна геометрія.. – Одеса :Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2020. – 66 с.
5. Donald D. Hearn, M. Pauline Baker Computer Graphics, 2014 – 662 p. Режим доступу : <https://archive.org/details/DonaldHearnM.PaulineBakerComputerGraphicsBookFi.org/mode/2up>
6. David J. Eck Introduction to Computer Graphics.- Hobart and William Smith Colleges, 2023.-533 p. <https://math.hws.edu/graphicsbook/>
7. Комп'ютерна графіка : навчальний посібник : в 2-х кн.2. / Укладачі : Тотосько О.В., Микитишин А.Г., Стухляк П.Д. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 304 с.

Додаткова література

1. The classical theory of minimal surfaces William H. Meeks III* Joaquín Pérez † , Режим доступу : https://www.researchgate.net/publication/273372869_The_classical_theory_of_minimal_surfaces
2. Buss S.R. 3-D Computer Graphics A Mathematical Introduction with OpenGL, Press The Edinburgh Building, Cambridge, United Kingdom, 2003. - 371p.
3. Barry G. Blundell An Introduction to Computer Graphics and Creative 3-D Environments, Springer-Verlag London Limited, 2008.- 501p.
4. Max K. Agoston Computer Graphics and Geometric Modeling Implementation and Algorithms, Springer-Verlag London Limited, 2005.- 907 p.
5. Todd A. Ell, Nicolas Le Bihan, Stephen J. Sangwine Quaternion Fourier Transforms for Signal and Image Processing, ISTE Ltd, 2014 - 127p.
6. Jason Zink, Matt Pettineo, Jack Hoxley Practical Rendering and Computation with Direct3D 11, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, 2012.- 631 p.
7. Klaus Engel, Markus Hadwiger, Joe M. Kniss, Christof Rezk-Salama, Daniel Weiskopf Real-Time Volume Graphics, A K Peters, Ltd, 2006.- 487 p.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Кільк. ауд.год.
Розділ 1. Геометричне моделювання тривимірних об'єктів		
Тема 1.1. Застосування комп'ютерної графіки		
1	<i>ЛЕКЦІЯ 1 Тема: Вступ до дисципліни</i> Застосування комп'ютерної графіки. Передумови створення геометрій.	2
Тема 1.2. Теорія перетворень і класифікація геометрій		
2	<i>ЛЕКЦІЯ 2. Тема: Класифікація перетворень</i> Відображення. Застосування перетворень координат. Основні групи перетворень та їх інваріанти: топологічні, біраціональні, проєктивні, афінні, евклідові.	2
3	<i>ЛЕКЦІЯ 3. Тема: Лінійні перетворення в векторно-параметричній формі</i> Евклідові перетворення: зсув та обертання. Афінні перетворення. Проєктивні перетворення простору. Однорідні координати. Основні залежності теорії перетворень: поділення відрізка, просте відношення трьох точок, складне відношення чотирьох точок.	2
Тема 1.3. Геометричне моделювання кривих		
4	<i>ЛЕКЦІЯ 4. Тема: Криві другого та третього порядку</i> Парабола, гіпербола та їх властивості. Криві II порядку у інженерному вигляді та у формі Безьє. Графічна побудова кривих другого порядку. Загальні відомості про криві III порядку. Криві III порядку у інженерному вигляді та у вигляді Безьє. Перехід від інженерного методу завдання до кривих Безьє. Графічна побудова кривих третього порядку.	2
5	<i>ЛЕКЦІЯ 5. Тема: Параметричні криві та метод обводів</i> Криві у формі Бернштейна-Безьє. Криві у формі Фергюсона. Метод обводів. Побудова гладкого обводу з гладкістю першого та другого порядку. Ескізне проектування. Фундаментальні сплайни. Сплайни Коханека-Бартелса. B-сплайни. NURBS-сплайни.	2
Тема 1.4. Проекціювання		
6	<i>ЛЕКЦІЯ 6. Тема: Паралельне проєкціювання</i> Основні види проєкціювання. Паралельні проєкції. Аксонометричні проєкції, диметрія, ізометрія, триметрія, ортографічні проєкції. Косокутні паралельні проєкції. Кабіне, кавальє. Центральне проєкціювання (перспектива).	2
Тема 1.5. Геометричне моделювання поверхонь		
7	<i>ЛЕКЦІЯ 7. Тема: Поверхні другого та вищих порядків</i> Триосний еліпсоїд, одно- та двополосний еліптичний гіперболоїд, еліптичний параболоїд, гіперболічний параболоїд. Білінійна порція поверхні, тор, лінійчата поверхня, прямий гелікоїд.	2
8	<i>ЛЕКЦІЯ 8. Тема: Моделювання чотирикутних порцій</i> Методи завдання поверхонь. Порції Безьє на базі кривих другого та третього порядку. Моделювання поверхонь заданих кривими II та III порядку у загальному вигляді. Порції поверхні за Фергюсоном. Порції поверхонь за Кунсом.	2
Тема 1.6. Фрактальна геометрія природи		
9	<i>ЛЕКЦІЯ 9. Тема: Рекурсія та фрактали</i> Теорія «хаосу». Поняття самоподібності. Визначення поняття «фрактал». Метод L-систем. Системи ітеруємих функцій (IFS) на прикладі «гри хаосу». Замощення площини. Поняття	2

	«фрактальна розмірність». Розмірність подібності, Мінковського. Розрахунок розмірності фрактальних об'єктів.	
Розділ 2. Візуалізація тривимірних зображень		
Тема 2.1. Видалення невидимих ліній та поверхонь		
10	<i>ЛЕКЦІЯ 10. Тема: Побудова комп'ютерних зображень при твердотільному проектуванні</i> Застосування комп'ютерної графіки. Твердотільне проектування. Конвеєр візуалізації.	2
11	<i>ЛЕКЦІЯ 11. Тема: Видалення невидимих ліній та поверхонь</i> Основні методи видалення невидимих ліній. Алгоритм плаваючого обрію. Алгоритм Z-буфера. Алгоритм Робертса.	2
12	<i>ЛЕКЦІЯ 12. Тема: Видалення невидимих ліній та поверхонь</i> Алгоритм рядкового сканювання. Алгоритм художника. Алгоритм трасування променів. Алгоритм рядкового сканювання для криволінійних поверхонь.	2
Тема 2.2. Побудова реалістичного зображення		
13	<i>ЛЕКЦІЯ 13. Тема: Побудова простої моделі освітлення.</i> Фізичні та психологічні процеси побудови реалістичних зображень. Проста модель освітлення.	2
14	<i>ЛЕКЦІЯ 14. Тема: Зафарбування полігональної сітки</i> Однотонове зафарбування. Зафарбування методом Гуро. Зафарбування Фонга. Характеристика тіней.	2
15	<i>ЛЕКЦІЯ 15. Фактура.</i> Текстура. Нанесення узору на гладку поверхню. Метод збуру нормалі.	2
16	<i>ЛЕКЦІЯ 16. Глобальна модель освітлення та колір.</i> Глобальна модель освітлення з трасуванням променів. Колір.	2
Тема 2.3. Комп'ютерна анімація		
17	<i>ЛЕКЦІЯ 17. Методи анімації</i> Історія комп'ютерної анімації. Анімація за ключовими кадрами. Створення анімаційної кривої. Налаштування швидкості анімації. Процедурна анімація. Захоплення рухів. Програмова анімація. Засоби для створення анімації.	2
18	<i>Модульна контрольна робота</i>	2

Лабораторні роботи

N	Назва практичних занять	Кільк. ауд. год
1	Перетворення об'єктів	4
2	Моделювання криволінійних обводів	4
3	Моделювання векторно-параметричних поверхонь	4
4	Побудова фракталів	2
5	Моделювання тривимірної сцени з освітленням	4

6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота студента (66 годин) передбачає підготовку до аудиторних занять та контрольних заходів, проведення розрахунків та підготовка вхідних даних до роботи.

Розподіл годин СРС: підготовка до екзамену – 30 годин; виконання РГР – 15 годин; підготовка до лабораторної роботи – 9 (1 година на кожну); підготовка до МКР – 2 години; підготовка до лекції – 10 годин (0.6 годин на кожну лекцію, починаючи з другої).

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Відвідування лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;
- При захисті лабораторних робіт студент має продемонструвати розроблений програмний код та результати його виконання на тестах, як заздалегідь підготованих, так і запропонованих викладачем. У випадку дистанційної форми навчання захист відбувається на відповідній конференції шляхом демонстрації екрана.
- 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>.

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що магістр отримує за виконання лабораторних робіт (5 робіт), РГР та МКР:

Розподіл балів наведено в таблиці:

Роботи	Максимальна кількість балів за виконання однієї роботи	Σ
Лабораторні роботи 1 - 5	7.5	37.5
Модульна контрольна робота	5	5
Розрахунково-графічна робота	7.5	7.5
		50

Бали віднімаються за:

- 1) неоптимальний алгоритм – 10% від максимальної кількості балів;
- 2) неоптимальні структури представлення інформації – 10% від максимальної кількості балів;
- 3) ненадану або невірну відповідь на запитання – 20% від максимальної кількості балів при захисті лабораторної роботи або 100% - на контрольній роботі.

Максимальна кількість балів за розрахунково-графічну роботу дорівнює 7.5 балів.

Оцінювання розрахункової роботи відбуватиметься на основі аналізу наступних факторів:

- наявність розрахункових формул;
- наявність проміжних розрахунків;
- формат подання відповіді;
- правильність виконання аналітичної частини роботи;
- правильність виконання ілюстративного матеріалу;
- дотримання вимог щодо оформлення та структури роботи.

«Відмінно», повне правильне виконання роботи у відповідності до зазначених вимог та критеріїв – 7.5 балів;
 «Дуже добре», повне виконання роботи у відповідності до зазначених вимог, незначні помилки у розрахунках – 6-7 балів

«Добре», повне виконання роботи, незначні помилки у розрахункових формулах та/чи у розрахунках, певна невідповідність зазначеним вимогам та критеріям – 5-5.5 балів;

«Задовільно», повне виконання роботи, помилки у розрахункових формулах та/чи у розрахунках, певна невідповідність зазначеним вимогам та критеріям – 4.5 балів;

«Достатньо», неповне та/чи неправильне виконання роботи, суттєва невідповідність зазначеним вимогам та критеріям – 4 бали;

«Незадовільно», неповне та/чи неправильне виконання роботи, невідповідність зазначеним вимогам та критеріям – 0.5-3.5 бали;

«Роботу не зараховано», робота не відповідає варіанту – 0 балів.

2. Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог програми:

Критерій	Перший календарний контроль	Другий календарний контроль
Термін календарного контролю	Тиждень 7-8	Тиждень 14-15
Умови отримання позитивної оцінки	≥ 12 бали	≥ 22.5 балів

3. Умови допуску до екзамену: відсутність заборгованостей з лабораторних робіт 1 - 5 та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

4. Екзаменаційний рейтинг (відповідь на екзамені) оцінюється в 50 балів. Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань та одного практичного завдання. Ваговий бал кожного теоретичного питання – 15 балів, завдання – 20 балів.

Теоретична частина оцінюється таким чином:

- правильна чітко викладена, повна відповідь – (не менше 90% потрібної інформації) – 13-15 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 11-12 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- незадовільна відповідь – 0 балів.

Практичне завдання оцінюється таким чином:

- повне, безпомилкове розв'язування завдання – 18-20 балів;
- повне, розв'язування завдання із несуттєвими невідповідностями – 15-17-балів;
- завдання виконане з певними недоліками – 12-14 балів;
- завдання не виконано – 0 балів.

Результати контрольних заходів доступні до ознайомлення авторизованим користувачам в їх особистих кабінетах автоматизованої інформаційної системи «Електронний кампус».

Сума балів стартового та екзаменаційного рейтингів (50 + 50 = 100 балів) переводиться у систему оцінювання згідно з таблицею. Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок 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)

Розділ 1,2 містять фундаментальні основи побудови просторових тривимірних моделей та можуть бути зараховані за наявності сертифікатів відповідних курсів з комп'ютерної графіки. В якості прикладу опанування фундаментальними основами можна взяти курс Justin Solomon <https://www.youtube.com/c/justinmsolomon/featured>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено зав.каф. ЦТЕ, д.т.н., проф. Аушевою Наталією Миколаївною

Ухвалено кафедрою ЦТЕ (протокол № 21 від 30.05.24)

Погоджено Методичною радою НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 31.05.24)

Погоджено науково-методичною комісією КПІ ім. Ігоря Сікорського зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки (протокол № 11 від 28.06.24)