



Геометричне моделювання та комп'ютерна графіка. Частина 1. Геометричне моделювання складних об'єктів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Цифрові технології в енергетиці
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС / 120 год.: лекції- 36, лабораторні роботи – 18 год., самостійна робота – 66 год
Семестровий контроль/ контрольні заходи	м.к.р.,екзамен
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: зав.каф. ЦТЕ, д.т.н., проф. Аушева Наталія Миколаївна, <i>email: nataauscheva@gmail.com</i> Лабораторні заняття: зав.каф. ЦТЕ, д.т.н., проф. Аушева Наталія Миколаївна, <i>email: nataauscheva@gmail.com</i> , асистент, Кардашов Олександр Вадимович <i>email:alexanderkardashov3@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 формування у студентів **компетентностей** у відповідності до ОПП.

ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
ЗК 2	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
ЗК 3	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності
ЗК 6	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
ЗК 11	Здатність приймати обґрунтовані рішення
ЗК 13	Здатність діяти на основі етичних міркувань
ФК 19	Здатність до застосування принципів, методів і алгоритмів комп'ютерної графіки, уміння застосовувати їх під час розробки графічних інтерфейсів, для геометричного моделювання та візуалізації

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

ПР 1	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.
------	--

ПР 20	Вміти застосовувати методи комп'ютерної графіки та геометричне моделювання при розробці графічних інтерфейсів.
-------	--

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ: новітніх технологій в сфері комп'ютерної графіки, а саме методів моделювання кривих ліній; методів моделювання простих поверхонь ; методів проєкціювання; алгоритми побудови фрактальних зображень; методи лінійних та нелінійних перетворень.

ВМІННЯ:

Розробляти графічний інтерфейс, застосовуючи теорію перетворення, моделювання кривих та поверхонь та загальні методи побудови поверхонь та тіл за умови створення інтерактивного графічного середовища.

ДОСВІД:

- використання евклідових, афінних та проєктивних перетворень, проєкціювання при реалізації інтерактивних режимів користувача;
- використання методів моделювання кривих та поверхонь для візуалізації технічних об'єктів;
- розробки проєктів, застосовуючи технічні та програмні засоби реалізації статичних та динамічних процесів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Вивчення дисципліни спирається на знання, отримані за програмою попередніх років навчання за спеціальністю 122 « Комп'ютерні науки».

У структурно-логічній схемі навчання зазначена дисципліна розміщена на 4 курсі, тобто тоді, коли студенти вже прослухали “Алгоритмізація та програмування”, “Чисельні методи в моделюванні енергетичних процесів”, “ Об'єктно-орієнтоване програмування”, “Технології розробки програмного забезпечення” та набули певного досвіду у програмуванні і можуть виконати складні лабораторні роботи. З іншого боку, викладений матеріал може бути використаний при вивченні дисциплін «Візуалізація графічної та геометричної інформації», “Методи синтезу віртуальної реальності”, які викладаються при підготовці магістрів. Матеріал курсу є основою для виконання курсових робіт з дисциплін, де необхідна візуалізація розроблюваних об'єктів та процесів. Матеріал курсу має бути основою для візуалізації інформації в дипломних роботах бакалаврів та магістрів.

3. Зміст навчальної дисципліни

В дисципліні вивчаються такі теми:

Розділ 1. Теорія перетворень

Тема 1.1. Застосування комп'ютерної графіки

Тема 1.2. Теорія перетворень і класифікація геометрій

Розділ 2. Геометричне моделювання кривих та поверхонь

Тема 2.1. Геометричне моделювання кривих

Тема 2.2. Проєкціювання

Тема 2.3. Геометричне моделювання поверхонь

Тема 2.4. Фрактальна геометрія природи

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. Курбатова І. М. Диференціальна геометрія.. – Одеса :Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2020. – 66 с.

3. Donald D. Hearn, M. Pauline Baker Computer Graphics, 2014 – 662 p. Режим доступу : <https://archive.org/details/DonaldHearnM.PaulineBakerComputerGraphicsBookFi.org/mode/2up>

4. Szauer G. Hands-On C++ Game Animation Programming: Lear modern animation techniques from theory to implementation with C++ and OPENGL.- Packt Publishing, 2020 -368 p.

5. David J. Eck Introduction to Computer Graphics.- Hobart and William Smith Colleges, 2023.-533 p. <https://math.hws.edu/graphicsbook/>

6. 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.

7. Кампус КПІ ім.Ігоря Сікорського <http://login.kpi.ua/>

8. Науково-технічна бібліотека КПІ ім.Ігоря Сікорського <http://library.kpi.ua/>

Додаткова література

1. Buss S.R. 3-D Computer Graphics A Mathematical Introduction with OpenGL, Press The Edinburgh Building, Cambridge, United Kingdom, 2003. - 371p.

2. Barry G. Blundell An Introduction to Computer Graphics and Creative 3-D Environments, Springer-Verlag London Limited, 2008.- 501p.

3. Max K. Agoston Computer Graphics and Geometric Modeling Implementation and Algorithms, Springer-Verlag London Limited, 2005.- 907 p.

4. Todd A. Ell, Nicolas Le Bihan, Stephen J. Sangwine Quaternion Fourier Transforms for Signal and Image Processing, ISTE Ltd, 2014 - 127p.

5. 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.

6. Klaus Engel, Markus Hadwiger, Joe M. Kniss, Christof Rezk-Salama, Daniel Weiskopf Real-Time Volume Graphics, A K Peters, Ltd, 2006.- 487 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Кільк. ауд.год.
Розділ 1. Теорія перетворень		
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> 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> Однорідні координати. Евклідові перетворення у векторно-параметричній формі Афінні перетворення у векторно-параметричному вигляді. Перетворення симетрії та масштабування. Проєктивні перетворення у векторно-параметричному вигляді. Основні залежності теорії перетворень: поділення відрізка, просте відношення трьох точок, складне відношення чотирьох точок.	2
4	<i>Модульна контрольна робота (ч.1)</i>	1
Розділ 2. Геометричне моделювання кривих та поверхонь		
Тема 2.1. Геометричне моделювання кривих		
5	<i>ЛЕКЦІЯ 4. Тема: Методи завдання кривих та поверхонь</i> Моделювання кривих і поверхонь. Аналітичні способи визначення кривих і поверхонь: явний, неявний, векторно-параметричний. Варіанти завдання прямої та площини.	2
6	<i>ЛЕКЦІЯ 5. Тема: Класифікація кривих та криві другого порядку</i> Історія розвитку вчення про криві. Способи утворення кривих. Систематика кривих. Загальні рівняння конічних перерізів.	2
7	<i>ЛЕКЦІЯ 6. Тема: Класифікація кривих та криві другого порядку (продовження)</i>	2

	Еліпс та його властивості. Парабола, гіпербола та їх властивості. Інженерний спосіб завдання кривих другого порядку. Побудова криволінійного контуру з кривих другого порядку.	
8	<i>ЛЕКЦІЯ 7. Тема: Криві третього порядку</i> Загальні відомості про криві III порядку. Криві III порядку у інженерному вигляді та у вигляді Безьє. Графічна побудова кривих другого та третього порядків. Поліноміальні криві у формі Бернштейна-Безьє. Криві у формі Фергюсона. Створення анімації для криволінійних контурів.	2
9	<i>ЛЕКЦІЯ 8. Тема: Криві третього порядку (продовження)</i> Фундаментальні сплайни. Сплайни Коханека-Бартелса. B-сплайни. NURBS-сплайни.	2
10	<i>ЛЕКЦІЯ 9. Тема: Диференціальна геометрія кривої</i> Метод обводів. Конструювання криволінійних обводів за допомогою інженерних кривих. Поняття кривої. Дотична кривої. Стична площина кривої. Кривина кривої.	2
11	<i>ЛЕКЦІЯ 10. Тема: Складні криві</i> Складені криві, що задані параметричними рівняннями. Складені криві Безьє. Складені дробово-раціональні криві. Складені криві Фергюсона.	2
Тема 2.2. Проекціювання		
12	<i>ЛЕКЦІЯ 11. Тема: Паралельне проєкціювання</i> Основні види проєкціювання. Паралельні проєкції. Косокутні паралельні проєкції. Прямокутні паралельні проєкції. Ортографічні проєкції.	2
13	<i>ЛЕКЦІЯ 12. Тема: Аксонометричне проєкціювання та перспектива</i> Аксонометричні проєкції. Центральне проєкціювання. Поняття «перспектива» у образотворчому мистецтві.	2
14	<i>Модульна контрольна робота (ч.2)</i>	1
Тема 2.3. Геометричне моделювання поверхонь		
15	<i>ЛЕКЦІЯ 13.Тема: Поверхні другого порядку</i> Загальний вигляд поверхонь другого порядку. Криві другого порядку, що використовуються для побудови поверхонь у векторно-параметричному вигляді. Трьохвісьовий еліпсоїд. Еліптичний параболоїд. Однопорожнинний гіперболоїд. Двопорожнинний гіперболоїд. Гіперболічний параболоїд.	2
16	<i>ЛЕКЦІЯ 14.Тема: Поверхні вищих порядків</i> Тор. Прямий гелікоїд. Лінійчаті поверхні загального вигляду. Вироджені поверхні другого порядку. Білінійна порція поверхні. Суперквадрики.	2
Тема 2.4. Фрактальна геометрія природи		
17	<i>ЛЕКЦІЯ 15.Тема: Основні поняття фрактальної геометрії</i> Теорія хаосу і фрактальна геометрія. Поняття самоподібності. Визначення поняття «фрактал». Метод L-систем. Системи ітеруємих функцій (IFS) на прикладі «гри хаосу». Замощення площини.	2
18	<i>ЛЕКЦІЯ 16.Тема: Динамічні фрактали.</i> Алгебраїчні (динамічні фрактали). Множина Мандельброта. Множина Жуліа.	2
19	<i>ЛЕКЦІЯ 17.Тема: Фрактальна розмірність</i> Поняття «розмірність». Поняття «фрактальна розмірність». Розмірність подібності. Розмірність Хаусдорфа-Безікевіча та Мінковського. Розрахунок розмірності фрактальних об'єктів.	2

N	Назва лабораторних робіт	Кільк. ауд. год
1	Розробка підсистеми перетворення плоских об'єктів	2
2	Моделювання чудових кривих	2
3	Моделювання криволінійного контуру	3
4	Моделювання криволінійних контурів з гладкістю першого та другого порядків	2
5	Побудова гранованих тіл за допомогою проєкціювання	3
6	Моделювання поверхонь другого порядку. Нанесення рисунку на поверхню другого порядку	4
7	Моделювання фракталу	2

6. Самостійна робота

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; підготовка до лабораторної роботи – 10.5 (1.5 години на кожну); підготовка до МКР(дві частини) – 4 години; підготовка до лекції – 16 годин (1 година на кожну лекцію, починаючи з другої), опанування додаткової літератури - 5.5 години.

Політика та контроль

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 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)

- Рейтинг студента з освітнього компонента розраховується зі 100 балів, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за виконання лабораторних робіт (7 робіт) та МКР;

- Критерії нарахування балів за виконання лабораторних робіт.

Ваговий бал за виконання завдань за лабораторні роботи № 2,4, 7 складає 5 балів.

Виконання кожного завдання оцінюється за наступними критеріями:

1. правильність отриманих результатів – від 1 до 4 балів;
2. зручний інтерфейс користувача – 0.3 бали;
3. інтерактивне введення параметрів методу – 0.3 бали;
4. динамічні зміни на екрані – 0.4 бали;

Мінімальна кількість для зарахування лабораторної роботи складає 3 бали (60%)

Ваговий бал за виконання завдань за лабораторні роботи № 1,3, 5 складає 7 балів.

Виконання кожного завдання оцінюється за наступними критеріями:

1. правильність отриманих результатів – від 1 до 4 балів;
2. зручний інтерфейс користувача – 0.3 бали;

3. інтерактивне введення параметрів методу – 0.3 бали;
4. динамічні зміни на екрані – 0.4 бали;
5. попередній розрахунок координат точок вручну без програмного коду – 2 бали.

Мінімальна кількість для зарахування лабораторної роботи складає 4.2 бали (60%)

Ваговий бал за виконання завдань за лабораторну роботу № 6 складає 9 балів.

Виконання кожного завдання оцінюється за наступними критеріями:

1. правильність отриманих результатів – від 1 до 4 балів;
2. зручний інтерфейс користувача – 0.3 бали;
3. інтерактивне введення параметрів методу – 0.3 бали;
4. динамічні зміни на екрані – 0.4 бали;
5. попередній розрахунок координат точок поверхні та нанесення малюнку вручну без програмного коду – 4 бали.

Мінімальна кількість для зарахування лабораторної роботи складає 5.4 бали (60%)

Максимальна кількість балів за всі завдання дорівнює

$$5 \text{ балів} \times 3 + 7 \text{ балів} \times 3 + 9 = 45 \text{ балів.}$$

Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює 5 балів. На модульну контрольну роботу виноситься два теоретичних питання та одне практичне.

Контрольна робота оцінюється наступним чином:

1. правильність написання кожного теоретичного питання - 1 бали;
2. надання прикладу на вказані завдання – 0.3 бали;
3. правильність розв'язання практичного завдання - 2 бали;
4. правильність написання псевдокоду – 0.7 балів.

- Умови допуску до екзамену: зарахування всіх лабораторних робіт. Мінімальна кількість набраних балів – 30 (60%).

- На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань та одного практичного завдання. Ваговий бал кожного теоретичного питання – 15. Ваговий бал практичного завдання – 20.

Максимальна кількість балів за складання екзамену дорівнює

$$15 \text{ балів} \times 2 + 20 \text{ балів} = 50 \text{ балів.}$$

Теоретична частина оцінюється наступним чином:

1. «відмінно» , правильна чітко викладена, повна відповідь – (не менше 90% потрібної інформації) – 14-15 балів;
2. «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 11-13 балів;
3. «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 9-10 балів;
4. «незадовільно», незадовільна відповідь - 0 балів.

Практичне завдання оцінюється наступним чином:

- «відмінно» , повне, безпомилкове розв'язування завдання– 18-20 балів;
- «добре», повне, розв'язування завдання із несуттєвими неточностями – 15-17 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 12-14 балів;
- «незадовільно» завдання невиконано.

- Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться за освітній компонент згідно з таблицею.

Бали: практичні роботи + екзаменаційна контрольна робота	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Розділ 2 освітнього компонента 2 містить основи моделювання кривих та поверхонь та може бути зарахований 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 № 20 від 10.05.23)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 26.05.23)