Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра цифрових технологій в енергетиці

Алгоритми і структури даних в задачах забезпечення 3Д-друку

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	**другий (магістерський)**
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	F3 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Технології візуальних обчислень
Статус дисципліни	Вибірковий
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів ЄКТС / 150 год.: лекції - 30, лабораторні роботи – 14 год., самостійна робота – 106 год
Семестровий контроль/ контрольні заходи	м.к.р.,екзамен
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н. Каленюк Олександр Сергійович, *email: o.kaleniuk@kpi.ua* Лабораторні заняття: к.т.н. Каленюк Олександр Сергійович, *email: o.kaleniuk@kpi.ua*
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна спрямована на поглиблене вивчення алгоритмів і структур даних, які використовуються для забезпечення 3Д-друку. Операції над дискретними, параметричними і імпліцитними моделі кривих і поверхонь, а також засоби їх представлення для комп’ютерної обробки. Окрема увага виділяється ефективному використанню і вибору алгоритмів разом із відповідними структурами даних для сучасного апаратного забезпечення, розглядаються особливості застосування алгоритмів у гетерогенному і багатопроцесорному середовищі. Окрім задач 3Д-друку, ці моделі і алгоритми використовуються у засобах CAD і CAE.

Вивчення дисципліни потребує попереднього ознайомлення із методами і технологіями комп’ютерного програмування, а також методами і принципами аналітичної геометрії, диференціального аналізу і чисельних методів розв’язання аналітичних задач.

Результатом вивчення має стати обізнаність із структурами даних для представлення геометричних моделей і сучасними алгоритмами для здійснення операції над ними. Така обізнаність надаватиме можливість не тільки кваліфікованого вибору того чи іншого представлення, а і модифікації тих чи інших алгоритмів для найефективнішого використання ресурсу апаратного забезпечення.

Метою кредитного модуля є формування у студентів компетентностей у **відповідності до ОПП.**

ЗК 01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
ЗК 02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
ЗК 03	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК 11	Здатність приймати обґрунтовані рішення
ФК 01	Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтовування вибору методів і підходів для розв’язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп’ютерних наук, аналізу та інтерпретування
ФК 04	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

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

ПРН 01	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.
ПРН 02	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
ПРН 05	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.

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

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

знання:

Знання методів представлення дискретних, параметричних і імпліцитних моделей кривих і поверхонь а також базових алгоритмів для здійснення операцій над ними.

вміння:

Розв’язувати задачі, яки виникають при підготовці моделей для 3Д-друку використовуючи наявні алгоритми і структури даних.

досвід:

- програмування дискретних, параметричних і імпліцитних моделей кривих і поверхонь;
- програмування базових алгоритмів обробки геометричних моделей;
- застосування алгоритмів обробки геометричних моделей.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Вивчення дисципліни спирається на знання, отримані за програмою попередніх років навчання за спеціальністю F3 « Комп'ютерні науки».

Пререквізити дисципліни. Передумовою вивчення кредитного модуля «Алгоритми і структури даних в задачах забезпечення 3Д-друку» є успішне засвоєння наступних дисциплін: «Алгебра та аналітична геометрія», «Дискретна математика» «Математичний аналіз» ,«Програмування алгоритмічних структур».

Постреквізити дисципліни. Даний кредитний модуль не є обов’язковою передумовою вивчення жодних наступних кредитних модулів.

3. Зміст навчальної дисципліни

В рамках дисципліни вивчаються наступні теми:

Розділ 1. Математичні основи геометричного моделювання

Тема 1.1. Термінологія і міждисциплінарні зв'язки

Тема 1.2. Моделювання геометричних об'єктів

Розділ 2. Структури даних для геометричного моделювання

Тема 2.1. Структури даних для неперервних моделей

Тема 2.2. Структури даних для дискретних моделей

Розділ 3. Типові операції над геометричними моделями у задачах 3Д-друку

Тема 3.1. Типові операції над геометричними моделями

Тема 3.2. Взаємні переваги різних моделей і операції конвертацій

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Kaleniuk O., Geometry for Programmers / Manning, 2023. 440 pp.

2. Marsh D., Applied Geometry for Computer Graphics and CAD / Ed 2. Springer Undergraduate Mathematics Series, 2006. - 350 pp.
3. Bowyer A., Woodwark J., A Programmer's Geometry / 1st Edition, Butterworth-Heinemann, 2014. - 152 pp.
4. Кампус КПІ ім.Ігоря Сікорського http://login.kpi.ua/
5. Науково-технічна бібліотека КПІ ім.Ігоря Сікорського http://library.kpi.ua/

Додаткова література

1. Lehman E., Leighton F. T., Meyer A. R., Mathematics for Computer Science / Samurai Media Limited, 2017. - 988 pp.
2. Lengyel E., Foundations of Game Engine Development, Volume 1: Mathematics / 2016. - 200 pp.
3. Higham N. J., Accuracy and Stability of Numerical Algorithms / 2 ed., SIAM, 2002. - 680 pp.

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. Математичні основи геометричного моделювання	
	Тема 1.1. Термінологія і міждисциплінарні зв'язки	
1	*ЛЕКЦІЯ 1. Тема: Базова термінологія і основні рівняння геометричного моделювання* Точка, відрізок, трикутник, трикутникова сітка і якість трикутника в контексті трикутникової сітки. Рівняння прямої, рівняння площини. Скалярні і векторні поля. Лінійні і нелінійні перетворення. Матричні операції.	2
2	*ЛЕКЦІЯ 2. Тема: Зв'язок між геометрією і диференціальним аналізом* Поняття графа функції і параметричної поверхні. Поняття дотичної і нормалі, зв'язок із першої похідною. Поняття кривини лінії і поверхні, зв'язок із другою похідною. Практичний приклад: моделювання C^1 неперервної кривої.	2
	Тема 1.2 Моделювання геометричних об'єктів	
3	*ЛЕКЦІЯ 3. Тема: Моделювання кривих і поверхонь* Поліноміальна інтерполяція. Поліном Фур'є. Поліном із Гаусовим членом. Раціональна інтерполяція. Розширення задачі точкової інтерполяції доданням диференційних і інтегральних властивостей. Зв'язок із розкладанням в поліноміальний ряд. Моделювання алгебричної функції поліномом. Моделювання параметричної кривої.	2
4	*ЛЕКЦІЯ 4. Тема: Криві Безьє, поліноміальні і раціональні сплайни* Зв'язок кривої Безьє і поліноміальної параметричної кривої. Поліноміальні сплайни. Раціональні криві Безьє. Неуніформні раціональні базисні сплайни. Практичний приклад: моделювання розривної функції співвідношенням поліномів.	2
5	*ЛЕКЦІЯ 5. Тема: Лінійні перетворення точкових об'єктів* Базові перетворення: обертання, перенос, масштабування. Лінійні перетворення у декартовій системі координат. Гомогенні координати. Афінні і проективні перетворення. Обчислювальні аспекти перетворень у гомогенних координатах.	1.75
6	*Модульна контрольна робота (ч.1)*	0.25
	Розділ 2. Структури даних для геометричного моделювання	
	Тема 2.1 Структури даних для неперервних моделей	
7	*ЛЕКЦІЯ 6. Тема: Імпліцитні криві та поверхні* Функція знакової відстані. Моделювання функції знакової відстані трикутникової сітки на прикладі множини трикутників. Моделювання імпліцитної поверхні гіроїда із товщиною.	2

	Мета-кульки і багатофокусні лемніскати. Практичний приклад моделювання гладкої імпліцитної кривої лемніскатою.	
8	*ЛЕКЦІЯ 7. Тема: Моделі параметричних кривих і поверхонь* Boundary representation (B-rep). Аналіз можливостей B-rep на прикладі STEP формату.	2
Тема 2.2 Структури даних для дискретних моделей		
9	*ЛЕКЦІЯ 8. Тема: Трикутникова сітка* Модель індексованих вертексів і модель напівребра, різниця і взаємні переваги. Узагальнення сітки: сегменти, трикутники і тетраедри. Практичний приклад - контуринг: алгоритми крокуючих кубів (marching cubes) і дуального контурингу.	2
10	*ЛЕКЦІЯ 9. Тема: Піксельна модель зображення* Кольорові моделі: RGBA, CMYK, CIELAB, HSLuv. 3Д-текстурування моделі для друку. Практичний приклад: масштабування піксельного растру із збереженням гладкості моделі.	2
11	*ЛЕКЦІЯ 10. Тема: Воксельна модель 3-вимірного тіла* Як працює комп'ютерна томографія? Воксельне представлення із щільністю. Практичний приклад: векторизація піксельної моделі із збереженням в SVG.	1.75
12	*Модульна контрольна робота (ч.2)*	0.25
Розділ 3. Типові операції над геометричними моделями у задачах 3Д-друку		
Тема 3.1 Типові операції над геометричними моделями		
13	*ЛЕКЦІЯ 11. Тема: Нелінійні перетворення точкових об'єктів* Біквадратичні, бікубічні перетворення. Довільні поліноміальні перетворення. Конформні перетворення. Деформативне моделювання поверхонь. Практичний приклад: моделювання краніального імпланту для 3Д-друку.	2
14	*ЛЕКЦІЯ 12. Тема: Типові операції із імпліцитними поверхнями* Лінійні перетворення імпліцитних поверхонь. Булівські операції. Офсети і холовінг.	2
15	*ЛЕКЦІЯ 13. Тема: Типові операції із воксельними моделями.* Диляція і ерозія. Булівські операції. Задачі щільної упаковки. Практичний приклад - знешумлювання бінарної воксельної моделі.	2
16	*ЛЕКЦІЯ 14. Тема: Типові операції із параметричними об’єктами* Редагування моделі. Розпізнавання регіонів, які не варто підтримувати при 3Д-друці. Практичний приклад - гладкий слайсинг моделі.	2
Тема 3.2 Взаємні переваги різних моделей і операції конвертацій		
17	*ЛЕКЦІЯ 15. Тема: Взаємні переваги різних представлень геометричної інформації. Операції конвертацій* Контуринг, зворотня інженерія поверхні, побудова функції знакової відстані трикутникової сітки на основі бінарного 3-дерева.	2

Лабораторні роботи

N	Назва лабораторних робіт	Кільк. ауд. год
1	Побудова C1-неперервної кускової кривої	4
2	Моделювання імпліцитної поверхні на основі мета-кульок/багатофокусної лемніскати	4
3	Векторизація піксельного зображення	4
4	Знешумлювання воксельної моделі	2

6. Самостійна робота

Самостійна робота студента (106 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 – 16 (4 години на кожну); підготовка до МКР (дві частини) – 8 годин; підготовка до лекції – 15 годин (1 година на кожну лекцію), опанування додаткової літератури - 37 годин.

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 звіт з лабораторної роботи, що включає в себе мету, хід, і висновки лабораторної роботи, а також за потреби 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 (РСО)

1. Поточний контроль (виконання робіт в семестрі) оцінюється у 100 балів. Розподіл балів наведено в таблиці:

Роботи	Максимальна кількість балів за виконання однієї роботи	Σ
Лабораторні роботи 1-3	10	30
Лабораторна робота 4	8	8
Модульна контрольна робота	12	12
		50

Штрафні бали віднімаються за:

1) ненадану або невірну відповідь на запитання – 25% від максимальної кількості балів при здачі лабораторної роботи, або 100% при виконанні модульної контрольної роботи.
2) некритичні помилки в ході виконання роботи, які не впливають на висновки – до 25% від максимальної кількості балів.

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

Критерій	Перший календарний контроль	Другий календарний контроль
Термін календарного контролю	Тиждень 7-8	Тиждень 14-15
Умови отримання позитивної оцінки	≥ 12 балів	≥ 32.5 балів

3. Умови допуску до екзамену: відсутність заборгованостей з лабораторних робіт 1-4 та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

4. Екзаменаційний рейтинг (відповідь на екзамені) оцінюється в 50 балів. На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань та одного практичного завдання. Ваговий бал кожного теоретичного питання – 10 балів, завдання – 20 балів.

Теоретична частина оцінюється таким чином:

- правильна чітко викладена, повна відповідь – (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 7-8 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 5-6 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.

Рейтингова оцінка за освітній компонент розраховується як сума балів стартового та екзаменаційного рейтингів (50 + 50 = 100 балів) і визначається згідно з таблицею переведення рейтингових балів у оцінку 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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем, к.т.н. Каленюком Олександром Сергійовичем

Ухвалено кафедрою ЦТЕ (протокол № 22 від 17.06.2026)

Погоджено Методичною радою НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 10 від 30.06.26)