

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Затверджено
Вченою радою
Запорізького національного університету
протокол № 2 від 19. 2022р.
Голова Вченої ради, ректор
_____ М. О. Фролов



ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У САПР

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
ступеня доктора філософії

Укладач:

Лісняк А. О., завідувач кафедри програмної інженерії, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Погоджено:

Проректор з наукової роботи

Проректор з науково-педагогічної роботи

Зав. відділу аспірантури і докторантури

Г. М. Васильчук

Ю. О. Каганов

О. П. Єфіменкова

Запоріжжя 2022

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Нормативні показники	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна, вечірня, заочна форми навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 12 Інформаційні технології	Вибіркова
		Цикл професійної підготовки
Змістових модулів – 6	Спеціальність 122 Комп'ютерні науки	Рік підготовки:
		2-й
Лекції		
32 год.		
Загальна кількість годин – 120		
Освітньо-наукова програма Комп'ютерні науки		Самостійна робота
Рівень вищої освіти Третій (доктор філософії)		88 год.
		Вид підсумкового контролю: залік

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Геометричне моделювання у САПР» є забезпечити аспірантів необхідним теоретичним та методичним матеріалами стосовно розробки методів і підходів до формалізації опису математичних моделей геометричних об'єктів на базі теорії R-функцій та побудова відповідних дискретних моделей, що ґрунтуються на використанні трикутних скінченних елементів.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Геометричне моделювання у САПР» є формування у аспірантів цілісної системи знань та навичок щодо аналізу наявних методів і підходів до моделювання геометричних об'єктів; розвитку принципів аналітичного конструювання геометричних об'єктів на базі теорії R-функцій; розробки методів побудови та оптимізації дискретних математичних моделей, що ґрунтуються на трикутних скінченних елементах, для аналітичних моделей на базі теорії R-функцій; розробки програмного інструментарію автоматизованої побудови дискретних моделей геометричних об'єктів для апробації запропонованих методів та підходів.

Вивчення аспірантами дисципліни «Геометричне моделювання у САПР» базується на вивченні дисциплін «Аналітична геометрія», «Математичне моделювання», «Математичний аналіз», «Обчислювальні методи», «Основи програмування», «Комп'ютерна графіка».

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти повинні досягти

таких програмних компетентностей і програмних результатів навчання:

Програмні компетентності	
<i>для здобувачів 2021 року вступу за ОНП 2020-2021 р.</i>	
ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу нових та комплексних ідей
ЗК 2	Здатність вчитися, оволодівати сучасними знаннями, застосовувати їх у практичних ситуаціях
ЗК 6	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу наукової інформації з різних джерел; використання інформаційно-комунікаційних технологій у дослідницькій та викладацькій діяльності
ЗК9	Здатність до узагальнення та систематизації результатів наукових досліджень; оприлюднення їх результатів у вигляді: наукової доповіді (тез), статті, звіту про виконання НДР, монографії, дисертації; захисту прав інтелектуальної власності
СК1	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності
СК3	Здатність до оволодіння методологією та методами наукових досліджень у галузі інформаційних технологій
СК4	Здатність вдосконалювати існуючі методи та підходи до математичного та комп'ютерного моделювання природних та технічних систем та процесів
СК5	Здатність до планування і виконання комп'ютерного експерименту та управління ним.
СК10	Здатність до створення програмного забезпечення для візуалізації великих масивів даних
СК11	Здатність інтегрувати знання з інших дисциплін, застосовувати системний підхід при розв'язанні інженерних задач та проведенні досліджень.
<i>для здобувачів 2022 року вступу за ОНП 2022 р.</i>	
ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
ЗК 2	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
ЗК 10	Здатність розв'язувати комплексні проблеми комп'ютерних наук на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності
СК 1	Здатність до розуміння основних концепцій, історичних витоків, сучасного стану та тенденції розвитку комп'ютерних наук; оволодіння термінологією з досліджуваного наукового напрямку
СК 2	Здатність здійснювати планування та виконання оригінальних досліджень, досягати наукових результатів, які створюють нові знання як в предметній області, так і в міждисциплінарних напрямках, і можуть бути опубліковані у провідних вітчизняних та міжнародних наукових виданнях з галузі інформаційних технологій та суміжних

	галузей
СК8	Здатність розробляти нові та вдосконалювати існуючі моделі та методи комп'ютерного моделювання природних та інженерно-технічних систем та процесів, а також критично оцінювати отримані результати.
Програмні результати навчання	
<i>для здобувачів 2021 року вступу за ОНП 2020-2021 р.</i>	
ПРН 11	Здійснювати пошук, оброблення та аналіз наукової інформації, її систематизацію та узагальнення; використовувати інформаційно-комунікаційні технології у дослідницькій та викладацькій діяльності
ПРН 21	Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерній науці та дотичних міждисциплінарних напрямках.
ПРН 24	Вміти візуалізувати результати комп'ютерних експериментів із застосуванням графічного стандарту OpenGL.
ПРН 25	Самостійно проводити віртуальні експерименти та застосовувати дослідницькі навички.
ПРН 26	Здійснювати розробку та вдосконалення методів розв'язання науково-прикладної задачі, критичне оцінювання отриманих результатів.
<i>для здобувачів 2022 року вступу за ОНП 2022 р.</i>	
ПРН4	Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, спостережень, тощо і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані
ПРН5	Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження за напрямом спеціальності та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів; оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень; комерціалізувати їх результати; здійснювати захист прав інтелектуальної власності
ПРН 11	Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерних науках та дотичних міждисциплінарних напрямках.
ПРН 13	Здійснювати розробку та вдосконалення методів розв'язання науково-прикладної задачі.

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Проблема моделювання складних геометричних об'єктів

Аналіз стану проблеми моделювання складних геометричних об'єктів, основних підходів і методів математичного моделювання геометричних об'єктів. Актуальність проблеми моделювання складних геометричних об'єктів. Задача математичного моделювання геометричних об'єктів.

Змістовий модуль 2. Огляд методів математичного моделювання геометричних об'єктів

Огляд методів математичного моделювання геометричних об'єктів. Огляд методів побудови дискретних математичних моделей геометричних об'єктів. Огляд основних методів побудови дискретних моделей геометричних об'єктів на базі трикутних скінченних елементів.

Змістовий модуль 3. Теорія R-функцій. Використання методів теорії R-функцій

Основні положення теорії R-функцій В.Л. Рвачова. Моделі геометричних об'єктів які відповідають основним сучасним конструкторським примітивам. Основні прийоми утворення функціональних моделей циліндричних і гвинтових тіл, тіл обертання тощо. Основні операції над аналітичними моделями.

Змістовий модуль 4. Формалізація опису геометричних об'єктів.

Конструктивні засоби R-функцій. Двовимірні конструктивні елементи. Тривимірні конструктивні елементи. Моделі конструктивних елементів, які використовуються для опису моделей плоских геометричних об'єктів.

Змістовий модуль 5. Моделювання складних геометричних об'єктів

Перетворення системи координат. Моделювання складних геометричних об'єктів. Проблемно-орієнтована мова для моделювання геометричних об'єктів, що враховує особливості моделювання геометричних об'єктів на базі теорії R-функцій.

Змістовий модуль 6. Побудова дискретних математичних моделей

Загальна постановка задачі побудови дискретного представлення на основі трикутних скінченних елементів. Дискретне представлення геометричних об'єктів на площині. Дискретне представлення тривимірних геометричних об'єктів. Методи перетворення сітки на основі трикутних скінченних елементів у двовимірному та тривимірному просторах.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви тематичних розділів і тем	Кількість годин		
	усього	у тому числі	
		лекції	сам. роб.
1	2	3	4
Змістовий модуль 1. Проблема моделювання складних геометричних об'єктів			
Тема 1. Аналіз стану проблеми моделювання складних геометричних об'єктів.	4	2	2

Тема 2. Актуальність проблеми моделювання складних геометричних об'єктів.	4	2	2
Тема 3. Задача математичного моделювання геометричних об'єктів.	6	2	4
Разом за змістовим модулем 1	14	6	8
<i>Змістовий модуль 2. Огляд методів математичного моделювання геометричних об'єктів</i>			
Тема 4. Огляд методів математичного моделювання геометричних об'єктів	8	2	6
Тема 5. Огляд методів побудови дискретних математичних моделей геометричних об'єктів	8	2	6
Разом за змістовим модулем 2	16	4	12
<i>Змістовий модуль 3. Теорія R-функцій. Використання методів теорії R-функцій</i>			
Тема 6. Основні положення теорії R-функцій В.Л. Рвачева. Використання методів теорії R-функцій.	8	2	6
Разом за змістовим модулем 3	8	2	6
<i>Змістовий модуль 4. Формалізація опису геометричних об'єктів</i>			
Тема 7. Конструктивні засоби R-функцій	8	2	6
Тема 8. Двовимірні конструктивні елементи	8	2	6
Тема 9. Тривимірні конструктивні елементи	8	2	6
Разом за змістовим модулем 4	24	6	18
<i>Змістовий модуль 5. Моделювання складних геометричних об'єктів</i>			
Тема 10. Перетворення системи координат	8	2	6
Тема 11. Моделювання складних геометричних об'єктів	8	2	6
Тема 12. Проблемно-орієнтована мова для моделювання геометричних об'єктів	10	2	8
Разом за змістовим модулем 5	26	6	20
<i>Змістовий модуль 6. Побудова дискретних математичних моделей</i>			
Тема 13. Математичні моделі оптимізації логістичної діяльності	8	2	6
Тема 14. Дискретне представлення геометричних об'єктів на площині	8	2	6
Тема 15. Дискретне представлення тривимірних геометричних об'єктів	8	2	6
Тема 16. Методи перетворення сітки на основі трикутних скінченних елементів у двовимірному та тривимірному просторах	8	2	6
Разом за змістовим модулем 6	32	8	24
Усього годин	120	32	88

5. ТЕМИ ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

№ теми	Назва теми	Кіл-ть годин
<i>Змістовий модуль 1. Проблема моделювання складних геометричних об'єктів</i>		
1	Аналіз стану проблеми моделювання складних геометричних об'єктів	2
2	Актуальність проблеми моделювання складних геометричних об'єктів	2
3	Задача математичного моделювання геометричних об'єктів	2
	Разом за змістовим модулем 1	6
<i>Змістовий модуль 2. Огляд методів математичного моделювання геометричних об'єктів</i>		
4	Огляд методів математичного моделювання геометричних об'єктів	2
5	Огляд методів побудови дискретних математичних моделей геометричних об'єктів	2
	Разом за змістовим модулем 2	4
<i>Змістовий модуль 3. Теорія R-функцій. Використання методів теорії R-функцій</i>		
6	Основні положення теорії R-функцій В.Л. Рвачева. Використання методів теорії R-функцій	2
	Разом за змістовим модулем 3	2
<i>Змістовий модуль 4. Формалізація опису геометричних об'єктів</i>		
7	Конструктивні засоби R-функцій	2
8	Двовимірні конструктивні елементи	2
9	Тривимірні конструктивні елементи	2
	Разом за змістовим модулем 4	6
<i>Змістовий модуль 5. Моделювання складних геометричних об'єктів</i>		
10	Перетворення системи координат	2
11	Моделювання складних геометричних об'єктів.	2
12	Проблемно-орієнтована мова для моделювання геометричних об'єктів	2
	Разом за змістовим модулем 5	6
<i>Змістовий модуль 6. Побудова дискретних математичних моделей</i>		
13	Загальна постановка задачі побудови дискретного представлення на основі трикутних скінченних елементів	2
14	Дискретне представлення геометричних об'єктів на площині	2
15	Дискретне представлення тривимірних геометричних об'єктів	2
16	Методи перетворення сітки на основі трикутних скінченних елементів у двовимірному та тривимірному просторах	2
	Разом за змістовим модулем 6	8
Усього годин		32

7. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ теми	Назва теми	Кіл-ть годин
<i>Змістовий модуль 1. Проблема моделювання складних геометричних об'єктів</i>		
1	Перспективи та ефективність обчислювальних експериментів.	2
2	Сучасні інструментальні системи геометричного моделювання	2
3	Обернена задача аналітичної геометрії	4
	Разом за змістовим модулем 1	8
<i>Змістовий модуль 2. Огляд методів математичного моделювання геометричних об'єктів</i>		
4	Твердотільне моделювання	6
5	Методи блочної побудови дискретних геометричних моделей	6
	Разом за змістовим модулем 2	12
<i>Змістовий модуль 3. Теорія R-функцій. Використання методів теорії R-функцій</i>		
6	Використання параметричних функцій для визначення геометричних форм	6
	Разом за змістовим модулем 3	6
<i>Змістовий модуль 4. Формалізація опису геометричних об'єктів</i>		
7	Основні операції над геометричними примітивами у сучасних САПР	6
8	Переваги використання чотирьохкутних елементів	6
9	Використання багатогранних елементів	6
	Разом за змістовим модулем 4	18
<i>Змістовий модуль 5. Моделювання складних геометричних об'єктів</i>		
10	Основи побудови інтерпретаторів	6
11	Формати збереження даних у геометричному моделюванні.	6
12	Структури даних для представлення сіток	8
	Разом за змістовим модулем 5	20
<i>Змістовий модуль 6. Побудова дискретних математичних моделей</i>		
13	Триангуляція Делоне.	6
14	Метод подрібнення сіток RGB.	6
15	Методи згладжування сіток.	6
16	Методи побудови сіток з граничними умовами	6
	Разом за змістовим модулем 6	24
Усього годин		88

8. ВИДИ КОНТРОЛЮ І СИСТЕМА НАКОПИЧЕННЯ БАЛІВ

№ змісто- вого модуля	Вид контролю	Кіл-ть балів
ПОТОЧНИЙ		
1	<i>Тест № 1. Методи математичного моделювання геометричних об'єктів</i>	10
2	<i>Тест № 2. Основи створення дискретних математичних моделей</i>	10
3	<i>Тест № 3. Основи розробки формального способу опису геометричних областей на базі теорії R-функцій</i>	10
4	<i>Тест № 4. Основи побудови дискретних геометричних об'єктів</i>	10
5	<i>Тест № 5. Основи моделювання складних геометричних об'єктів</i>	20
6	<i>Тест № 6. Основи побудови дискретних математичних моделей геометричних об'єктів, що задані у функціональному вигляді</i>	20
	<i>Разом:</i>	80
ПІДСУМКОВИЙ		
Залік		20
Усього		100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою
A	90 – 100 (відмінно)	Зараховано
B	85 – 89 (дуже добре)	
C	75 – 84 (добре)	
D	70 – 74 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)	
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)	

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

Змістові модулі 1–6:

Основна:

1. Пальчевський Б.О., Валецький, Б.П., Вараніцький Т.Л. Системи 3D моделювання: Навчальний посібник. Луцьк:, 2016 – 176с.
2. Melendez Frank. Drawing from the Model: Fundamentals of Digital Drawing, 3D Modeling, and Visual Programming in Architectural Design 1st Edition. Wiley, 2019. – 352 p.

3. Різник О.Я. Основи комп'ютерної графіки: курс лекцій. Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – 220 с.
4. Um, Dugan. Solid Modeling and Applications. Rapid Prototyping, CAD and CAE Theory. 2018. Switzerland: Springer Nature. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74594-7>

Додаткова:

1. Tetiana I. Sheiko, Kyrylo V. Maksymenko-Sheiko, Anna I. Morozova. Using the R-functions theory apparatus to mathematically model the surface of the soyuz-appolo spacecraft mock-up for 3D printing. Journal of Mechanical Engineering – Problemy Mashynobuduvannia. 2020. Vol. 23, No 3. P. 55–60.
2. Tetiana I. Sheiko, Kyrylo V. Maksymenko-Sheiko. Mathematical and Computer Simulation of Hex Head Screws for Implementation on a 3D Printer. Journal of Mechanical Engineering – Problemy Mashynobuduvannia. 2021. Vol. 24, No 3. P. 70–75.
3. Гучек П. Й., Гучек П. Й., Литвиненко О. І., Хомченко А. Н. Геометричне конструювання базису дискретного елемента з 8 вузлами у полярній системі координат. Вестник Херсонського національного технічного університета. Херсон : ХНТУ, 2011. № 2(41). С. 300–303.
4. Чопоров С. В., Лісняк А. О., Борисовська Ю. О., Козлова О. С., Снежкова Л. С. Методи побудови дискретних моделей: неструктуровані сітки. Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки. 2016 №2. С. 237–250

Інтернет-посилання:

1. 3D Systems, сайт. URL: <https://www.3dsystems.com/solid-modeling-complex-machining>
2. PC Magazine, сайт. URL: <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/solid-modeling>.