

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інженерного навчально-наукового
інституту ім. Ю.М. Потєбні ЗНУ

[Signature]
(підпис)

Наталія Метеленко
(ім'я, прізвище)

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ І ЛОГІЧНЕ ПРОГРАМУВАННЯ
(назва навчальної дисципліни)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки бакалавра
(назва освітнього ступеня)

очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти
спеціальності **121 Інженерія програмного забезпечення**
(шифр, назва спеціальності)

спеціалізації / предметної спеціальності _____
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма Програмне забезпечення систем
(назва)

Укладач / Укладачі: Заяц В.І., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри електроніки,
інформаційних систем та програмного
забезпечення
Протокол № 9 від "19" січня 2023 р.
Завідувач кафедри

[Signature]
(підпис)

Т.В. Критська
(ініціали, прізвище)

Погоджено:
Гарант ОП

[Signature]
(підпис)

Н.П.Полякова
(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
Інженерного навчально-наукового інституту
ім.Ю.М. Потєбні

Протокол № 6 від "16" серпня 2024 р.
Голова науково-методичної ради

[Signature]
(підпис)

Т.А. Шарапова
(ініціали, прізвище)

Погоджено:
Відповідальний за секцію «Технічні науки»

[Signature]
(підпис)

А.І.Безверхий
(ініціали, прізвище)

2024 рік

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 12 Інформаційні технології	Кількість кредитів – 6	Вибіркова	
		Блок дисциплін вільного вибору студента в межах спеціальності	
Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення	Загальна кількість годин – 180	Семестр:	
		4-й	4-й
Освітньо-професійна програма Програмне забезпечення систем	Змістових модулів – 10	Лекції	
		28 год.	8 год.
		Лабораторні	
		28 год.	8 год.
Рівень вищої освіти: бакалаврський	Кількість поточних контрольних заходів – 20	Самостійна робота	
		124 год.	164 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю:	
		залік	

**Кількість змістових модулів визначається за формулою: $ZM = (ZKK - 1K) \times 2$, де ZM - змістові модулі, ZKK - загальна кількість кредитів, $1K$ - 1 кредит, що відводиться на підсумковий семестровий контроль.*

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни "Функціональне та логічне програмування" є формування у студентів цілісного уявлення про логічну і функціональну парадигму програмування, а також надання професійних знань і практичних навичок з розробки і створення моделей інтелектуальних систем за допомогою мов функціонального і логічного програмування.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- ознайомлення з сучасним станом та перспективами розвитку функціонального та логічного програмування;
- засвоєння основ теоретичних знань в галузі побудови, розробки та експлуатації програмних продуктів, що використовують засоби логічного та функціонального програмування;
- отримання практичних навичок створення програмних продуктів засобами логічного та функціонального програмування, застосування відповідних методів, моделей і алгоритмів розв'язання інтелектуальних задач.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
<p>Загальні компетентності:</p> <p>ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК08. Здатність діяти на основі етичних міркувань.</p>	<p>Методи:</p> <p>Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми).</p> <p>Словесні методи (лекція, пояснення, робота з підручником).</p> <p>Практичні методи (творчі завдання, контрольні, складання схем і алгоритмів).</p> <p>Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації).</p> <p>Проблемно-пошукові методи (репродуктивні).</p> <p>Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій).</p>
<p>Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:</p> <p>ФК20. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.</p> <p>ФК21. Здатність оцінювати і враховувати економічні, соціальні, технологічні та екологічні чинники, що</p>	<p>Методи:</p> <p>Дослідницький (самостійна робота, проекти).</p> <p>Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми).</p> <p>Проблемно-пошукові методи (репродуктивні).</p>

<p>впливають на сферу професійної діяльності.</p> <p>ФК22. Здатність накопичувати, обробляти та систематизувати професійні знання щодо створення і супроводження програмного забезпечення та визнання важливості навчання протягом всього життя.</p> <p>ФК24. Здатність здійснювати процес інтеграції системи, застосовувати стандарти і процедури управління змінами для підтримки цілісності, загальної функціональності і надійності програмного забезпечення.</p> <p>ФК25. Здатність обґрунтовано обирати та освоювати інструментарій з розробки та супроводження програмного забезпечення.</p> <p>ФК26. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.</p>	<p>Практичні методи (творчі завдання, контрольні, складання схем і алгоритмів). Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації). Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій).</p>
<p>Програмні результати навчання:</p> <p>ПР01. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.</p> <p>ПР02. Знати кодекс професійної етики, розуміти соціальну значимість та культурні аспекти інженерії програмного забезпечення і дотримуватись їх в професійній діяльності.</p> <p>ПР03. Знати основні процеси, фази та ітерації життєвого циклу програмного забезпечення.</p> <p>ПР04. Знати і застосовувати професійні стандарти і інші нормативно-правові документи в галузі інженерії програмного забезпечення.</p> <p>ПР06. Уміння вибирати та використовувати відповідну задачі методологію створення програмного забезпечення.</p> <p>ПР07. Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.</p> <p>ПР09. Знати та вміти використовувати методи та засоби збору, формулювання та аналізу вимог до програмного забезпечення.</p> <p>ПР13. Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.</p> <p>ПР15. Мотивовано обирати мови програмування та технології розробки для розв'язання завдань створення і супроводження програмного забезпечення.</p> <p>ПР16. Мати навички командної розробки, погодження, оформлення і випуску всіх видів програмної документації.</p> <p>ПР18. Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних.</p> <p>ПР19. Знати та вміти застосовувати методи верифікації та валідації програмного забезпечення.</p> <p>ПР20. Знати підходи щодо оцінки та забезпечення якості програмного забезпечення.</p> <p>ПР21. Знати, аналізувати, вибирати, кваліфіковано застосовувати засоби забезпечення інформаційної безпеки (в тому</p>	<p>Методи контролю і самоконтролю: (усний, письмовий, програмований, лабораторно-практичний).</p> <p>Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем.</p>

числі кібербезпеки) і цілісності даних відповідно до розв'язуваних прикладних завдань та створюваних програмних систем.

ПР24. Вміти проводити розрахунок економічної ефективності програмних систем.

Міждисциплінарні зв'язки. Курс «Функціональне та логічне програмування» є логічним продовженням курсів «Комп'ютерна дискретна математика» та «Дискретні структури». Набуті при вивченні даного курсу знання необхідні студентам для подальшого вивчення курсу «Системи штучного інтелекту», при проходженні навчальної технологічної та виробничої практики, при написанні курсових та дипломної робіт, а також в подальшій розробницькій діяльності у сфері інженерії програмного забезпечення.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Мова логічного програмування ПРОЛОГ

Основні поняття і визначення. Предикати, факти, правила і цілі. Змінні: вільні, зв'язані, анонімні. Узгодження цільових тверджень. Структурні терми. Функтори. Приклади простих ПРОЛОГ-програм. Поняття уніфікації. Підстановки і підстановчні приклади. Уніфікатори. Принцип резолюцій. Декларативна і процедурна семантика логічних програм.

Змістовий модуль 2. Механізм пошуку з поверненням

Механізм пошуку з поверненням. Приклади роботи пошуку з поверненням.

Змістовий модуль 3 Рекурсивні обчислення

Рекурсія. Граничні умови. Прості приклади рекурсії.

Змістовий модуль 4 Списки у ПРОЛОзі

Форми запису списків. Рекурсивна обробка списків. Управління обчисленнями у ПРОЛОзі. Відсікання. "Зелене" і "червоне" відсікання. Приклади застосування відсікання. Сумісне застосування предикатів cut і fail.

Змістовий модуль 5. Предикати другого порядку

Предикати другого порядку. Множини. Предикати рядків.

Змістовий модуль 6 Динамічна база даних у ПРОЛОзі
Створення БД. Додавання і вилучення фактів в БД. Читання фактів БД з файлу.
Обчислення за допомогою БД. Приклад динамічної БД.

Змістовий модуль 7 Вступ до функціонального програмування
Мова функціонального програмування ЛІСП. Об'єкти ЛІСПу. S – вирази. Примітивні функції ЛІСПу. Функції призначення. Базові функції ЛІСПу. Спеціальні форми і контрольні конструкції. Визначення функцій. Спеціальні форми

Змістовий модуль 8 Списки в ЛІСПі
Види рекурсії. Стандартні функції обробки списків. Задачі обробки простих списків. Сортування вставкою. Реверсування списку. Лінеаризація списків. Накопичувальні параметри.

Змістовий модуль 9 Функціонали у ЛІСПі.
Поняття функціоналу. Застосовуючі та аплікативні функціонали. Функції планування функцій.

Змістовий модуль 10 Застосовування функціоналів
Обробка складених списків за допомогою функціоналів. Список властивостей символу. Програми керовані даними.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів			
		Усього Годин		Лекційні заняття, год		Лабораторні заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів	
		о/д ф.	з/дист. ф.	о/д ф.	з/дист. ф.	о/д ф.	з/дист. ф.	о/д ф.	з/дист. ф.				
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	15	8	2	4	1	4	1	7	13	2	4	6	
2	15	4	2	2	1	2	1	11	13	2	4	6	
3	15	4	2	2	1	2	1	11	13	2	4	6	
4	15	8	2	4	1	4	1	7	13	2	4	6	
5	15	4	1	2	0,5	2	0,5	11	14	2	4	6	
6	15	4	1	2	0,5	2	0,5	11	14	2	4	6	
7	15	8	2	4	1	4	1	7	13	2	4	6	
8	15	8	2	4	1	4	1	7	13	2	4	6	
9	15	4	1	2	0,5	2	0,5	11	14	2	4	6	
10	15	4	1	2	0,5	2	0,5	11	14	2	4	6	
Усього за змістові модулі	150	56	16	28	8	28	8	94	134	20	40	60	
Підсумковий семестровий контроль залік	30							30	30	40		40	
Загалом				180								100	

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф	з/дист ф.
1	2	3	4
1	1. Мова логічного програмування ПРОЛОГ. Основні поняття і визначення. 2. Принцип резолюцій.	4	1
2	3. Механізм пошуку з поверненням.	2	1
3	4. Рекурсія. Граничні умови.	2	1
4	5. Форми запису списків. Рекурсивна обробка списків. 6. Управління обчисленнями у ПРОЛОзі. Відсікання.	4	1
5	7. Предикати другого порядку. Множини.	2	0,5
6	8. Динамічна база даних у ПРОЛОзі.	2	0,5
7	9. Мова функціонального програмування ЛІСП. Об'єкти ЛІСПу. Примітивні функції і базові функції ЛІСПу. 10. Визначення функцій. Спеціальні форми.	4	1
8	11. Види рекурсії. Стандартні функції обробки списків. 12. Задачі обробки простих списків. Сортування вставкою. Реверсування списку. Лінеаризація списків. Накопичувальні параметри	4	1
9	13. Функціонали у ЛІСПі.	2	0,5
10	14. Застосовування функціоналів.	2	0,5
	Разом	28	8

6 Теми лабораторних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Лаб. робота № 1. Задача «Ідеальний друг».	4	1
2	Лаб. робота № 2. Задача «Моє генеалогічне дерево».	2	1
3	Лаб. робота № 3. Рекурсивні обчислення у ПРОЛОзі.	2	1
4	Лаб. робота № 4. Рекурсивна обробка списків у ПРОЛОзі. Частина 1.	4	1
5	Лаб. робота № 4. Рекурсивна обробка списків у ПРОЛОзі. Частина 2.	2	0,5
6	Лаб. робота № 5. Динамічна база даних у	2	0,5

	ПРОЛОзі.		
7	Лаб. робота № 6.Обчислення у ЛІСПі.	4	1
8	Лаб. робота № 7.Обробка списків у ЛІСПі. Частина 1.	4	1
9	Лаб. робота № 7.Обробка списків у ЛІСПі. Частина 2.	2	0,5
10	Лаб. робота № 8.Застосування функціоналів.	2	0,5
Разом		28	8

7. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Види поточних контрольних заходів	Зміст поточного контрольного заходу	*Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Тест 1	Питання для підготовки: Предикати, факти,правила і цілі. Змінні: вільні, зв'язані, анонімні. Узгодження цільових тверджень. Структурні терми. Функтори.Уніфікація. підстановки, підстановочні приклади. Уніфікатори.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 0,4 бали.	2
	Лабораторна робота 1..	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота у вигляді файлів .pfl завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	4
Усього за ЗМ 1	2			6
2	Тест 2	Питання для підготовки: механізм пошуку з поверненням.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 0,4 бали.	2
	Лабораторна робота 2.	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота у вигляді файлів .pfl завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти	4

			реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	
Усього за ЗМ 2	2			6
3	Тест 3	Питання для підготовки: Рекурсія. Граничні умови.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 0,4 бали.	2
	Лабораторна робота 3	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота у вигляді файлів .pfl завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	4
Усього за ЗМ 3	3			10
4	Тест 4	Питання для підготовки: Форми запису списків. Рекурсивна обробка списків. "Зелене" і "червоне" відсікання. Сумісне застосування предикатів cut і fail	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 0,4 бали.	2
	Лабораторна робота 4. Частина 1.	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота у вигляді файлів .pfl завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	4
Усього за ЗМ 4	2			6
5	Тест 5	Питання для підготовки: Предикати другого порядку. Множини. Предикати рядків.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 0,4 бали.	2

	Лабораторна робота 4. Частина 2.	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота у вигляді файлів .pfl завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	4
Усього за ЗМ 5	2			10
6	Тест 6	Питання для підготовки: Динамічна база даних у ПРОЛОЗі.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 0,4 бали.	2
	Лабораторна робота 5	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота у вигляді файлів .pfl завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	4
Усього за ЗМ 6	2			6
7	Тест7	Питання для підготовки: Об'єкти ЛІСПу. Примітивні функції ЛІСПу. Функції призначення. Базові функції ЛІСПу. Визначення функцій. Спеціальні форми і контрольні конструкції.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 0,4 бали.	2
	Лабораторна робота 6	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота у вигляді файлів .jsp , завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ ..	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	4
Усього за ЗМ 7	2			6

8	Тест 8	Питання для підготовки: Види рекурсії. Стандартні функції обробки списків Сортування вставкою. Реверсування списку. Лінеаризація списків. Накопичувальні параметри.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 0,4 бали.	2
	Лабораторна робота 7. Частина 1.	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота у вигляді файлів .jsp , завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ..	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	4
Усього за ЗМ 8	2			6
9	Тест 9	Питання для підготовки: Поняття функціоналу. Застосовуючі та аплікативні функціонали. Функції планування функцій.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 0,4 бали.	2
	Лабораторна робота 7. Частина 2.	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота у вигляді файлів .jsp , завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ ...	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	4
Усього за ЗМ 9	2			6
10	Тест 10	Питання для підготовки: Обробка складених списків за допомогою функціоналів. Список властивостей атома символу. Програми керування даними	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 0,4 бали.	2
	Лабораторна робота 8	Вимоги до виконання та оформлення: Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота у вигляді файлів .jsp , завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ ..	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти	4

			реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та строків здачі завершеної роботи.	
Усього за ЗМ 10	2			6
Усього за змістові модулі	20			60

*(критерії оцінювання за електронним посиланням)

8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Екзамен	Тестування	Питання для підготовки: див. питання до ЗМ 1–10 у таблиці 7. Тестування передбачає обмежену у часі (30 хвилин) відповідь на теоретичні питання. У разі дистанційної форми навчання екзамен проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань –30. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	30
	Практичне завдання	Індивідуальне практичне завдання полягає у написанні коду функції, що реалізує поставлену задачу	Оцінюється правильність виконання завдання та його ефективність	10
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

9. Рекомендована література

Основна:

1. Верес М.М., Галкін О.В., ДЕМКІВСЬКИЙ Є.О., Катеринич Л.О., Шкільняк О.С. Функціональне програмування : навч. посібник. Київ : КНУ, 2022. 178 с.
2. Заяць В.М., Заяць М.М. Логічне і функціональне програмування. Системний підхід. : підручник. Рівне: НУВГП, 2018. 422 с.
3. Заяць В.М., Заяць М.В. Логічне функціональне програмування : навч. посібник .Нац.ун-т Львівська політехніка». Львів : Кам'янець-Подільський :Гордукова І.Є., 2016. 398 с. 3
- 4 .Любченко К.М. Мова програмування Prolog : навч. посібник. Черкаси : ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2016. 136 с.
5. Шевченко І.В., Кузнецова Ю.А., Сьомочкін М.О. Функціональне та логічне програмування (частина 1. Функціональне програмування) : навч. посібник. Харків : Нац. аерокосм. Ун-т «Харк.авіац. ін-т », 2020. 92 с.

Додаткова:

1. Рамський Ю.С. Логічні основи інформатики : навч. посіб. Київ.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2003. 284 с.
2. Різник О. Я. Логічне програмування : навч. посібник. Львів: видавництво Львівської політехніки, 2008. 332 с.
3. Bratko I. Prolog Programming for Artificial Intelligence Addison-Wesley, 2011. 673 p.
- 4.Field A., Harrison P. Functional Programming. Addison-Wesley, 1988. 616 p.
5. Henderson P. Functional Programming Application and Implementation. Prentice Hall, 1980. 350 p.
6. Metakides G. Principles of Logic and Logic Programming North Holland, 2011. 348 p.
7. Seibel P. Practical Common lisp (Books for professionals by professionals). Apress, 2005. 526 p.
8. Sterling L., Shapiro E. The Art of Prolog The MIT Press, 1994. 552 p.

Інформаційні ресурси:

1. Логічне і функціональне програмування. URL : <https://ep3.nuwm.edu.ua/>
2. Декларативне програмування. URL : <https://ela.kpi.ua/>

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інженерного навчально-наукового
інституту ім. Ю.М. Потєбні ЗНУ

[Handwritten signature]
(підпис)

Наталія Метеленко
(ім'я, прізвище)

КОМП'ЮТЕРНІ ГРАФІЧНІ СИСТЕМИ

(назва навчальної дисципліни)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки бакалавра
(назва освітнього ступеня)

очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти
спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
(шифр, назва спеціальності)

спеціалізації / предметної спеціальності _____
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма Програмне забезпечення систем
(назва)

Укладач / Укладачі: Заяц В.І., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри електроніки,
інформаційних систем та програмного
забезпечення
Протокол № 9 від "19" січня 2023 р.
Завідувач кафедри

[Handwritten signature]
(підпис)

Т.В. Критська
(ініціали, прізвище)

Погоджено:
Гарант ОП

[Handwritten signature]
(підпис)

Н.П.Полякова
(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
Інженерного навчально-наукового інституту
ім.Ю.М. Потєбні

Протокол № 6 від "16" серпня 2024 р.
Голова науково-методичної ради

[Handwritten signature]
(підпис)

Т.А. Шарапова
(ініціали, прізвище)

Погоджено:
Відповідальний за секцію «Технічні науки»

[Handwritten signature]
(підпис)

А.І.Безверхий
(ініціали, прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 12 Інформаційні технології	Кількість кредитів – 5	Обов'язкова	
		Цикл дисциплін професійної підготовки спеціальності	
Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення	Загальна кількість годин – 150	Семестр:	
		4 -й	4 -й
Освітньо-професійна програма Програмне забезпечення систем	Змістових модулів – 8	Лекції	
		28 год.	4 год.
		Лабораторні	
		28	4 год.
Рівень вищої освіти: бакалаврський	Кількість поточних контрольних заходів – 15	Самостійна робота	
		94 год.	142 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю:	
		екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни «Комп'ютерні графічні системи» є: навчання студентів алгоритмів та методів, які можна було б використовувати при створенні нових реальних систем машинної графіки в поєднанні з застосуванням існуючих програмних засобів.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- ознайомлення студентів з основними напрямками розвитку і результатами в області комп'ютерної графіки та геометричного моделювання;
- формування і зміцнення системи основних понять і етапів створення геометричних об'єктів, як основи для подальшого застосування при розв'язку практичних задач;
- оволодіння студентам знаннями теоретичних основ комп'ютерної графіки;
- розвинення у студентів просторового мислення і уяви, необхідні для побудови реалістичних зображень;
- надання знань щодо основних алгоритмів і методів, що використовуються у комп'ютерній графіці та створення програмних засобів для їх реалізації.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
<p>Загальні компетентності:</p> <p>ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК08. Здатність діяти на основі етичних міркувань.</p>	<p>Методи:</p> <p>Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми).</p> <p>Словесні методи (лекція, пояснення, робота з підручником).</p> <p>Практичні методи (творчі завдання, контрольні, складання схем і алгоритмів).</p> <p>Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації).</p> <p>Проблемно-пошукові методи (репродуктивні).</p> <p>Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій).</p>
<p>Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:</p> <p>ФК20. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.</p> <p>ФК21. Здатність оцінювати і враховувати економічні, соціальні, технологічні та екологічні чинники, що</p>	<p>Методи:</p> <p>Дослідницький (самостійна робота, проекти).</p> <p>Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми).</p> <p>Проблемно-пошукові методи</p>

<p>впливають на сферу професійної діяльності.</p> <p>ФК22. Здатність накопичувати, обробляти та систематизувати професійні знання щодо створення і супроводження програмного забезпечення та визнання важливості навчання протягом всього життя.</p> <p>ФК25. Здатність обґрунтовано обирати та освоювати інструментарій з розробки та супроводження програмного забезпечення.</p> <p>ФК26. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.</p>	<p>(репродуктивні).</p> <p>Практичні методи (творчі завдання, контрольні, складання схем і алгоритмів).</p> <p>Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації).</p> <p>Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій).</p>
<p>Програмні результати навчання:</p> <p>ПР01. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.</p> <p>ПР02. Знати кодекс професійної етики, розуміти соціальну значимість та культурні аспекти інженерії програмного забезпечення і дотримуватись їх в професійній діяльності.</p> <p>ПР03. Знати основні процеси, фази та ітерації життєвого циклу програмного забезпечення.</p> <p>ПР05. Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.</p> <p>ПР06. Уміння вибирати та використовувати відповідну задачі методологію створення програмного забезпечення.</p> <p>ПР07. Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.</p> <p>ПР08. Вміти розробляти людино-машинний інтерфейс.</p> <p>ПР09. Знати та вміти використовувати методи та засоби збору, формулювання та аналізу вимог до програмного забезпечення.</p> <p>ПР13. Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.</p> <p>ПР14. Застосовувати на практиці інструментальні програмні засоби доменного аналізу, проектування, тестування, візуалізації, вимірювань та документування програмного забезпечення.</p> <p>ПР15. Мотивовано обирати мови програмування та технології розробки для розв'язання завдань створення і супроводження програмного забезпечення.</p> <p>ПР16. Мати навички командної розробки, погодження, оформлення і випуску всіх видів програмної документації.</p> <p>ПР18. Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних.</p>	<p>Методи контролю і самоконтролю: (усний, письмовий, програмований, лабораторно-практичний).</p> <p>Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем.</p>

ПР19. Знати та вміти застосовувати методи верифікації та валідації програмного забезпечення.

ПР20. Знати підходи щодо оцінки та забезпечення якості програмного забезпечення.

ПР21. Знати, аналізувати, вибирати, кваліфіковано застосовувати засоби забезпечення інформаційної безпеки (в тому числі кібербезпеки) і цілісності даних відповідно до розв'язуваних прикладних завдань та створюваних програмних систем.

ПР24. Вміти проводити розрахунок економічної ефективності програмних систем.

Міждисциплінарні зв'язки. В курсі «Комп'ютерні графічні системи» використовуються знання та навички, отримані при вивченні курсу «Алгоритми та структури даних». Набуті в межах даного курсу знання необхідні студентам при проходженні навчальної та виробничої практик, при написанні курсових робіт і кваліфікаційної роботи бакалавра, а також в подальшій розробницькій діяльності в сфері інженерії програмного забезпечення.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Растрова графіка.

Застосування і види комп'ютерної графіки. Основні поняття растрової та векторної графіки. Параметри растрових зображень. Роздільна здатність. Алгоритми Брезенхема растрової розгортки відрізків та ліній. Заповнення двовимірних областей. Тест належності точки багатокутнику. Алгоритми сканування і запалу.

Змістовий модуль 2. Відсікання.

Одновимірне відсікання. Чотирьохбітовий код видимості. Алгоритм Сазерленда-Коена. Розбиття багатокутників на опуклі складові. Алгоритм Кіруса-Бека відсікання відрізка опуклим вікном. Алгоритми відсікання багатокутника Сазерленда-Ходжмена та Вейлера-Азертонна

Змістовий модуль 3 Видові і проєктивні перетворення координат.

Афінні перетворення координат. Однорідні, світові та видові координати. Матриця видових перетворень. Проєктивні перетворення координат. Ортогональні та центральні проєкції. Ортографічна проєкція.

Змістовий модуль 4 Методи вилучення невидимих поверхонь.

Метод Робертса. Метод Z-буфера та його варіанти. Алгоритм Варнака. Метод оберненого трасування променів.

Змістовий модуль 5. Побудова реалістичних зображень.

Дифузійна модель освітлення Ламберта. Модель дзеркального відбиття Фонга. Метод випромінювань. Визначення векторів нормалей і відбиття.

Метод однотонного зафарбування. Методи зафарбування Гуро і Фонга. Побудова тіней. Прозорість. Ефект переломлення променів. Текстура.

Змістовий модуль 6. Фрактали. Системи представлення кольорів

Геометричні та алгебраїчні фрактали. Стиснення зображень з використанням системи функцій, що ітеруються. Колір та світло. Світлота, насиченість, тон. Основні колірні моделі: RGB, CMY, CMYK, HSV. Колірний стандарт МКО.

Змістовий модуль 7. Методи покращення растрових зображень

Згладжування драбинного дефекту. Визначення інтенсивності пікселя. Метод упорядкованого збудження. Фільтрація зображень.

Змістовий модуль 8. Методи обробки растрових зображень.

Гradient растрових зображень. Фільтри Гауса і Лапласа. Виділення границь на зображеннях. Алгоритм Кенні.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів			
		Усього годин		Лекційні заняття, год		Лабораторні заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів	
		о/д ф.	з/дист. ф.	о/д ф.	з/дист. ф.	о/д ф.	з/дист. ф.	о/д ф.	з/дист. ф.				
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	15	8	1	4	0,5	4	0,25	7	14	2	6	8	
2	15	8	1	4	0,5	4	0,25	7	14	2	6	8	
3	15	8	1	4	0,5	4	0,25	7	14	2	6	8	
4	15	8	1	4	0,5	4	0,25	7	14	2	6	8	
5	15	8	1	4	0,5	4	0,25	7	14	2	6	8	
6	15	8	1	4	0,5	4	0,25	7	14	2	6	8	
7	15	4	1	2	0,5	2	0,25	11	14	4		6	
8	15	4	1	2	0,5	2	0,25	11	14	3	5	6	
Усього за змістові модулі	120	42	8	28	4	28	2	64	112	19	41	60	
Підсумковий семестровий контроль Екзамен	30							30	30	40		40	
Загалом		150									100		

5 Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д.ф	з/дист ф.
1	2	3	4
1	1.Растрова розгортка відрізків та ліній. 2.Заповнення двовимірних областей.	4	0,5
2	3.Одновимірне відсікання. 4.Відсікання багатокутників.	4	0,5
3	5.Видові перетворення координат. 6.Проективні перетворення координат.	4	0,5
4	7.Методи вилучення невидимих площин і поверхонь. Метод Робертса. Метод Z-буфера та його варіанти. 8.Методи вилучення невидимих площин і поверхонь. Алгоритм Варнака. Метод оберненого трасування променів.	4	0,5
5	9.Моделі освітлення. Методи зафарбування. 10.Побудова реалістичних зображень.	4	0,5
6	11.Фрактали. 12.Системи представлення кольорів.	4	0,5
7	13.Методи покращення растрових зображень.	2	0,5
8	14.Методи обробки растрових зображень.	2	0,5
Разом:		28	4

6 Теми лабораторних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Алгоритм Брезенхема розгортки в растр відрізка та кола.	4	0,25
2	Растрова розгортка двовимірних областей.	4	0,25
3	Розбиття довільного багатокутника на опуклі складові.	4	0,25
4	Відсікання відрізка довільним вікном.	4	0,25
5	Побудова зображення багатогранника в системі видових координат.	4	0,25
6	Вилучення невидимих площин і поверхонь	4	0,25
7	Освітлення і зафарбування.	2	0,25
8	Освітлення і зафарбування.	2	0,25
Разом:		28	2

7. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Види поточних контрольних заходів	Зміст поточного контрольного заходу	*Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Тест 1	Питання для підготовки. Параметри растрових зображень. Алгоритми Брезенхема для відрізків та кола . Тест належності точки багатокутнику. Алгоритми сканування і запалу	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 0,4 бал.	2
	Лабораторна робота 1	Вимоги до виконання та оформлення: – для відрізка, який визначений парою кінцевих точок, довільно розташованих на площині, реалізувати алгоритм Брезенхема побудови відрізка з довільним кутовим коефіцієнтом.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та терміну здачі завершеної роботи.	6
Усього за ЗМ 1	2			8
2	Тест 2	Питання для підготовки. Код видимості відрізка. Розбиття багатокутників на опуклі складові. Алгоритми відсікання Сазерленда-Коена ,Кіруса-Бека, Сазерленда-Ходжмена.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 0,4 бал.	2
	Лабораторна робота 2	Вимоги до виконання та оформлення: провести зафарбування внутрішньої області довільного багатокутника , що заданий списком вершин, за допомогою алгоритмів сканування по ребрам або зі списком активних ребер.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та терміну здачі завершеної роботи.	6
Усього за ЗМ 2	2			8

3	Тест 3	Питання для підготовки. Однорідні, світові та видові координати. Матриця видових перетворень. Проективні перетворення координат. Види проєкцій.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 0,4 бал.	2
	Лабораторна робота 3	Вимоги до виконання та оформлення: для кожної сторони довільного багатокутника провести локальну перевірку на опуклість; у випадку порушення умови опуклості провести розбиття багатокутника робочою стороною, застосувати алгоритм рекурсивно до кожної з утворених фігур..	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та терміну здачі завершеної роботи.	6
Усього за ЗМ 3	2			8
4	Тест 4	Питання для підготовки.: Метод Робертса. Метод Z-буфера та його варіанти. Алгоритм Варнака. Метод оберненого трасування променів.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 0,4 бал..	2
	Лабораторна робота 4	Вимоги до виконання та оформлення:представити довільне вікно у вигляді об'єднання опуклих складових і для кожної з них застосувати алгоритм відтинання Кіруса-Бека..	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та терміну здачі завершеної роботи.	6
Усього за ЗМ 4	2			8
5	Тест 5	Питання для підготовки. Моделі освітлення Ламберта і Фонга. Метод Методи зафарбування Гуро і Фонга. Тіні. Прозорість. Переломлення променів. Текстура	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 0,4 бал.	2

	Лабораторна робота 5	Вимоги до виконання та оформлення: За допомогою матриці видових перетворень перевести координати вершин у систему координат, зв'язану з точкою спостереження. За допомогою проєктивних перетворень перейти від видових координат до системи координат екранної площини.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та терміну здачі завершеної роботи.	6
Усього за ЗМ 5	2			8
6	Тест 6	Питання для підготовки. Геометричні та алгебраїчні фрактали. Системи ітерованих функцій для побудови фракталів. Колір та світло. Світлота, насиченість, тон. Основні колірні моделі: RGB, CMY, CMYK, HSV. Колірний стандарт МКО.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 0,4 бал.	2
	Лабораторна робота 6	Вимоги до виконання та оформлення: Для сцени, що складається з двох опуклих багатогранників, які перетинаються вилучити невидимі площини методом Z – буфера.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та терміну здачі завершеної роботи.	6
Усього за ЗМ 6	2			8
7	Тест 7	Питання для підготовки. Згладжування драбинного дефекту. Визначення інтенсивності пікселя. Метод упорядкованого збудження.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 0,8 бал.	4
Усього за ЗМ 7	1			4
8	Тест 8	Питання для підготовки: Фільтрація зображень. Виділення границь на зображеннях.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 0,6 бал..	3

	Лабораторна робота 7	Вимоги до виконання та оформлення: використовуючи результати лаб. роботи 6, для видимих площин сцени обчислити інтенсивність відповідно з моделями дифузійного і. дзеркального освітлення; провести зафарбування тіл сцени методом Гуро.	Лабораторна робота оцінюється виходячи з максимально можливої кількості балів за цю роботу з урахуванням якості виконання, повноти реалізації функціональної частини, відповідей на запитання при захисті роботи та терміну здачі завершеної роботи.	5
Усього за ЗМ 8	1			8
Усього за змістові модулі	15			60

*(критерії оцінювання за електронним посиланням)

8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Екзамен	Тестування	Питання для підготовки: див. питання до ЗМ 1–8 у таблиці 7. Тестування передбачає обмежену у часі (30 хвилин) відповідь на теоретичні питання. У разі дистанційної форми навчання екзамен проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань –30. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	30
	Практичне завдання	Індивідуальне практичне завдання полягає у написанні коду функції, що реалізує поставлену задачу	Оцінюється правильність виконання завдання та його ефективність	10
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

9. Рекомендована література

Основна:

1. Василюк А.С., Мельникова Н.І. Комп'ютерна графіка : навч. посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 308 с.
2. Веселовська Г.В., Ходаков В.Є., Веселовський В.М. Комп'ютерна графіка : навч. посібник. Херсон : Олді-Плюс, 2017. 581 с.
3. Скиба О.П. Комп'ютерна графіка. Конспект лекцій. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 88 с.
4. Маценко В.Г. Комп'ютерна графіка. : навч. посібник. Чернівці : Рута, 2016. 343 с..
5. Пічугін М.Ф., Канкін І.О., Воротніков В.В. Комп'ютерна графіка : навч. посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2019. 346 с.

Додаткова:

1. Анісімов В.А. Основні алгоритми обчислювальної геометрії: : навч. посібник. Київ : Київський університет, 2002. 82 с.
2. Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В. Методи обробки зображень та комп'ютерний зір : навч. посібник. Д. : ЛІРА, 2016. 148 с.
3. Кобилін О.А., Творошенко І.С. Методи цифрової обробки зображень : навч. посібник. Харків : ХНУРЕ, 2021. 124 с.
4. Ammeraal L. Programming principles in computer graphics. John Wiley & son ltd, 1992. 248 p.
5. de Berg M., Cheong O., Marc van Kreveld M., Overmars M. Computational Geometry: Algorithms and Applications. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. 386 p.
6. Hughes J., van Dam A., McGuire M. Computer Graphics: Principles and Practice. Addison-Wesley Professional. 2013. 1264 p.
7. Newman W., Sproull R. Principles of Interactive Computer Graphics. McGraw Hill Education, 2001. 557 p.
8. Rogers D. Procedural elements for computer graphics. McGraw-Hill, 1997. 727 p.

Інформаційні ресурси:

1. Алгоритмічні основи комп'ютерної графіки .URL:<https://stud.com.ua> /(дата звернення: 20.08.2022)
2. Основи комп'ютерної графіки. URL: <http://www.svpu-> <http://www.svpu-profi.lg.ua/> (дата звернення: 20.08.2022)