МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І. МЕЧНИКОВА
Кафедра математичного забезпечення комп'ютерних систем

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____
"____" _____ 20___ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВЛ01 Дисципліна ЛП поточного року №1 – Алгоритми на графах
(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти *Перший (бакалаврський)*

Галузь знань *12 – Інформаційні технології*

Спеціальність *123 – Комп'ютерна інженерія*
(код і назва спеціальності (тей)

Освітньо-професійна програма *Комп'ютерна інженерія*
(назва ОПП/ОНП)

ОНУ – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Алгоритми на графах». – Одеса: ОНУ, 2023. 11 с.

Розробники:
Антоненко О.С., к.ф.-м.н., доцент кафедри МЗКС
Шпінарева І.М., к.ф.-м.н., доцент кафедри МЗКС

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри математичного забезпечення комп'ютерних систем

Протокол № _1__ від. "_29_"___серпня__2023 р.

Завідувач кафедри _____ (підпис) (Євгеній МАЛАХОВ) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Погоджено із гарантом ОПП _«Комп'ютерна інженерія»_

_____ (підпис) (Людмила ВОЛОЩУК) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) _з ІТ спеціальностей факультету МФІТ_

Протокол № _1__ від. "_31___"____серпня_2023 р.

Голова НМК _____ (підпис) (Алла РАЧИНСЬКА) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри _____

Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.

Завідувач кафедри _____ (підпис) (_____) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри _____

Протокол № ___ від. "____"_____20__ р.

Завідувач кафедри _____ (підпис) (_____) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	*заочна форма навчання*
Загальна кількість: кредитів – 3 годин – 90 змістових модулів – 3	Галузь знань 12 – Інформаційні технології (шифр і назва) Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія (шифр і назва) Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	*Освітній компонент лінії підготовки*	
		Рік підготовки:	
		3	3
		Семестр	
		1 (5)	2 (6)
		Лекції	
		18 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		Лабораторні	
		18 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		54 год.	80 год.
		Форма підсумкового контролю: залік	

2. Мета дисципліни

Мета курсу полягає ознайомлення студентів з основами представлення графових структур у програмуванні, а також вивченню та оволодінню на практиці класичними графовими алгоритмами.

В курсі розглянуті основні види представлення графової інформації в комп'ютерних програмах, основні алгоритми над графами, зокрема, детально розглянуті алгоритми пошуку в ненавантажених і навантажених графах, такі як пошук в глибину, ширину, алгоритм Дейкстри, Беллмана-Форда, Флойда-Воршелла, а також алгоритм A*. Також розглянуті алгоритми комбінаторних ігор.

Основний упор у курсі робиться на практичну реалізацію численних алгоритмів, насамперед алгоритмів обходу та пошуку найкоротших відстаней.

Предметом дисципліни є представлення графів, а також алгоритми обробки графових структур даних.

Основними задачами дисципліни:

— вивчення різних форм організації графових даних в програмах і методів їх обробки і застосування в різних класах завдань,

— освоєння технології програмування мовами C/C++/C# структур даних, що надають можливість представлення графів і класичних алгоритмів їх обробки,
— навчити вмінню застосовувати графові алгоритми для вирішення практичних задач,
— розглянути такі практичні сфери як інформований пошук та алгоритми розв'язання задач теорії комбінаторних ігор.

Курс припускає лекційний і практичний блоки. Лекційний блок містить докладний теоретичний матеріал, велика кількість прикладів по кожній з даних структур даних. В рамках лекційного курсу проводиться також порівняльний аналіз деяких алгоритмів, реалізованих на різних структурах даних. Лабораторний блок припускає закріплення теоретичного матеріалу у формі рішення завдань по кожній з розглянутих тем.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей** (згідно ОПП «Комп'ютерна інженерія» від **2019** р.):

а) загальних: —

б) фахових:

- *КЗ2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.*
- *КЗ3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.*
- *КЗ12. Здатність застосовувати базові знання з фундаментальної та прикладної математики в професійній діяльності.*
- *КС2. Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.*
- *КС15. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення.*
- *КС17.Здатність застосовувати закономірності випадкових явищ, ймовірнісно-статистичні методи, основи теорії чисельних методів та сучасні методи дискретної математики для аналізу і синтезу складних систем, методи кількісної оцінки інформації і створення коригуючих кодів при розв'язанні прикладних і наукових завдань в області комп'ютерної інженерії.*

Програмні результати навчання:

- *ПР1. Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж.*
- *ПР2. Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.*
- *ПР6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.*
- *ПР7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.*
- *ПР8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.*
- *ПР12. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.*

- *ПР16. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення.*
- *ПР20. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.*
- *ПРМ3. Вміти застосовувати закономірності випадкових явищ, ймовірнісно-статистичні методи, основи теорії чисельних методів та сучасні методи дискретної математики для аналізу і синтезу складних систем, методи кількісної оцінки інформації і створення коригуючих кодів при розв'язанні прикладних і наукових завдань в області комп'ютерної інженерії.*

Очікувані результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати*:*

- *про основні методи представлення графів у програмуванні;*
- *про поняття пошук у графах / обхід у графах, основні типи обходів – обхід в глибину і ширину, їх застосуваннях для вирішення різних графових задач;*
- *про основні аспекти та алгоритми пошуку найкоротших шляхів у зважених графах;*
- *про інформований пошук – алгоритм А*;*
- *про алгоритми побудови мінімального кістякового дерева графа;*
- *про основні алгоритми розв'язання задач теорії комбінаторних ігор;*
- *про формальне завдання абстрактних типів даних.*

вміти*:*

- *використовувати у програмах графові данні та структури;*
- *програмувати основні алгоритми: обхід в глибину, ширину, топологічне сортування, алгоритм Дейкстри, алгоритм Беллмана-Форда, алгоритм Флойда-Воршалла;*
- *вибирати і використовувати графові структури даних для організації складних керуючих та інформаційних структур;*
- *використовувати технологію структурного та об'єктно-орієнтованого програмування при створенні програм обробки графових структур даних.*

3. Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ПРЕДСТАВЛЕННЯ І ОБХІД ГРАФІВ.

***ТЕМА 1.* Основні поняття з теорії графів**. **Представлення графів.**

Представлення графів. Матриця суміжності, матриця інцидентності, списки суміжності, список ребер. Орієнтовані графи та неорієнтовані графи. Навантажені графи. Прості графи. Щільні та розряджені графи. Дерева. Поняття ступеня вершини, витоку, стоку, ізольованої та висячої вершини. [1, 2, 3, 6, 8, 9].

***ТЕМА 2.* Загальна концепція обходу графів.**
Загальна концепція обходу графів. Види пошуку у графах. Класифікація вершин під час обходу («білі», «сірі» та «чорні» вершини). [1, 2, 3, 5, 9].

***ТЕМА 3.* Обхід у глибину та його застосування**.
Пошук (обхід) у глибину (dfs). Рекурсивна процедура обходу у глибину. Застосування обходу у глибину. Поняття зв'язного графа та компоненти зв'язності. Визначення компонентів зв'язності неорієнтованого графа. Знаходження циклів у графі. Топологічне сортування вершин орієнтованого графа без циклів. [1, 2, 3, 8].

***ТЕМА 4.* Обхід у ширину та його застосування.**
Пошук (обхід) у ширину (bfs). Пошук найкоротших шляхів у ненавантаженому графі. Використання стека для обходу графа у глибину. Використання черги для обходу графа у ширину [1, 2, 3, 8].

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ЗНАХОДЖЕННЯ НАЙКОРОТШИХ ШЛЯХІВ У НАВАНТАЖЕНОМУ ГРАФІ.

***ТЕМА 1.* Алгоритм Дейкстри.**
Задача знаходження найкоротших шляхів у навантаженому графі. Існування найкоротших шляхів (проблема циклів від'ємної ваги). Алгоритм релаксації ребра під час пошуку найкоротших шляхів. Алгоритм Дейкстри пошуку найкоротших шляхів. Реалізації алгоритму Дейкстри – квадратична реалізація та реалізація за допомогою черг із пріоритетом. [1, 2, 5, 9].

***ТЕМА 2.* Алгоритми Беллмана-Форда та Флойда-Воршалла.**
Алгоритм Беллмана-Форда. Алгоритм Флойда-Воршалла. Транзитивне замикання графа. Використання множення матриць визначення кількості маршрутів у графі. Алгоритм знаходження центру орграфа [1, 2, 5].

***ТЕМА 3.* Інформований пошук у графі.**
Інформований пошук у графі. Пошук A*. Використання евристик для оцінки шляху. Вимоги на евристики [1, 2, 5].

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ

***ТЕМА 1.* Мінімальне кістякове дерево графа.**
Побудова мінімального кістякового дерева графа. Алгоритм Пріма. Алгоритм Крускала. [1, 2, 3].

***ТЕМА 2.* Алгоритми розв'язання задач теорії комбінаторних ігор.**
Алгоритми розв'язання задач теорії комбінаторних ігор. Основні поняття. Класифікація станів: виграшні, програшні, нічийні. Алгоритм аналізу ігрових ситуацій. Неупереджені скінченні ігри. Гра Баше, гра Ним. Граф гри. Теорія Шпрага-Гранді. Сума ігор. [1, 3, 15]

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		л	п	лаб	ср		л	п	лаб	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Змістовний модуль 1. ПРЕДСТАВЛЕННЯ І ОБХІД ГРАФІВ										
Тема 1.	10	2		2	6	10	0,5		0,5	9
Тема 2.	10	1		3	6	10	0,5		0,5	9
Тема 3.	11	3		2	6	10	0,5		0,5	9
Тема 4.	11	2		3	6	10	0,5		0,5	9
Змістовний модуль 2. ЗНАХОДЖЕННЯ НАЙКОРОТШИХ ШЛЯХІВ У НАВАНТАЖЕНОМУ ГРАФІ										
Тема 1.	11	2		3	6	10,5	1		0,5	9
Тема 2.	10	2		2	6	10,5	1		0,5	9
Тема 3.	8	2			6	10	1			9
Змістовний модуль 3. ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ										
Тема 1.	10	2		3	6	10	0,5		1	9
Тема 2.	9	2			6	9	0,5			8
Всього годин	**90**	**18**		**18**	**54**	**90**	**6**		**4**	**80**

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Представлення графів	2
2	Обход в глибину, зв'язність, пошук циклів	3
3	Топологічне сортування	2
4	Обхід в ширину	3
5	Алгоритми Дейкстри і Беллмана-Форда	3
6	Алгоритм Флойда-Воршалла	2
7	Фінальне завдання на обрану студентом тему (індивідуальне чи групове)	3
	Разом	18

Методичне забезпечення лабораторних робіт – методичні матеріали у електронному вигляді.

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	АТД "Орграф" та оператори.	6
2	Основні алгоритми обробки орграфа.	6
3	Алгоритм знаходження найкоротшого шляху (алгоритм Дейкстри).	6
4	Алгоритм Беллмана-Форда.	6
5	Алгоритм Флойда-Воршалла.	6
6	Алгоритм знаходження центру орграфа	6
7	Пошук А*. Використання евристик для оцінки шляху.	6
8	Побудова мінімального кістякового дерева графа. Алгоритм Пріма. Алгоритм Крускала.	6
9	Класичні комбінаторні ігри. Теорія Шпрага-Гранді.	6
	Разом	**54**

До самостійної роботи відноситься:
[1] – підготовка до лекцій та лабораторних занять

8.1. Курсовий проект

Курсовий проект не передбачений

9. Методи навчання

Лекції з використанням мультимедійного презентаційного матеріалу.

10. Методи контролю

Протягом семестру студенти виконують 1 теоретичну контрольну роботу.

При виконанні **теоретичних контрольних робіт** студент повинен пройти тест, який складається з 10 теоретичних запитань відкритого та закритого типів, направлених на оцінювання знання студентом визначень понять, принципів функціонування графових алгоритмів та структур даних, а також продемонструвати покрокове застосування деякіх алгоритмів.

Перелік тем тесту з теорії наведений у п. 11.1.

10.1. Критерії оцінювання відповідей на тесті з теорії

Результат тесту з теорії оцінюється за 100-бальною шкалою. Мінімальна кількість балів, що зараховується як позитивний результат, дорівнює 60. Бали розподіляються наступним чином: 40 балів – теоретична частина (тести) та 60 балів – практична (демонстрація алгоритмів). Ці бали потім перераховуються на 40-бальну шкалу методом множення на 0,4 та округлення.

При оцінюванні якості відповідей беруться до уваги наступні положення.

1. Відповідь повинна бути повною і короткою. Вона не повинна містити матеріал, що не відноситься до суті запитання.
2. Твердження повинні бути сформульовані чітко.
3. Відповіді, що мають помилкові твердження, оцінюються виходячи з близькості відповіді до правильної.
4. Пропуски в обґрунтуванні тверджень призводять до зменшення кількості балів.
5. Недоліки та неточності при викладенні матеріалу зменшують кількість балів.
6. Незнання і нерозуміння основної ідеї теоретичного запитання або практичного завдання призводить до зняття до 90% балів.
7. Якщо відповідь на запитання відсутня, то виставляється нуль балів.

11. Питання до контролю

11.1. Питання для тесту з теорії

1. Представлення графів. Матриця суміжності, матриця інцидентності, списки суміжності, список ребер. Орієнтовані графи та неорієнтовані графи. Навантажені графи. Прості графи. Щільні та розряджені графи. Дерева. Поняття ступеня вершини, витоку, стоку, ізольованої та висячої вершини.
2. Пошук (обхід) у глибину (dfs). Рекурсивна процедура обходу у глибину. Застосування обходу у глибину. Поняття зв'язного графа та компоненти зв'язності. Визначення компонентів зв'язності неорієнтованого графа. Топологічне сортування вершин орієнтованого графа без циклів.
3. Пошук (обхід) у ширину (bfs). Пошук найкоротших шляхів у ненавантаженому графі. Використання стека для обходу графа у глибину. Використання черги для обходу графа у ширину.
4. Алгоритм релаксації ребра під час пошуку найкоротших шляхів. Алгоритм Дейкстри пошуку найкоротших шляхів. Реалізація алгоритму Дейкстри за допомогою черг із пріоритетом.
5. Алгоритм Беллмана-Форда.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота			
Змістовий модуль №1			
Т1	Т2	Т3	Т4
7	7	7	7

Поточне тестування та самостійна робота					Тест з теорії	Загалом
Змістовий модуль №2			Змістовий модуль №3			
Т1	Т2	Т3	Т1	Т2		
7	7	7	5	6	40	100

Т1, Т2 ... – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Загальна сума балів	Оцінка ECTS	Національна шкала	
90 — 100	A – «відмінно»	5 «відмінно»	«залік»
85 — 89	B – «дуже добре»	4 «добре»	
75 — 84	C – «добре»		
70 — 74	D – «задовільно»	3 «задовільно»	
60 — 69	E – «допустимо»		
35 — 59	F – «незадовільно з можливістю повторного складання»	2 «незадовільно»	«незалік»
0 — 34	FX – «незадовільно з обов’язковим повторним курсом»		

13. Методичне забезпечення

Комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни; нормативні документи; презентаційні матеріали.

14. Рекомендована література

14.1. Основна література

1. Томас Г. Кормен, Чарлз Е. Лейзерсон, Роналд Л. Рівест, Кліфорд Стайн Вступ до алгоритмів. — К. : К. І. С., 2019. — 1288 с. ISBN 978-617-684-239-2.
2. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest; Clifford Stein, Introduction to Algorithms (4th ed.). MIT Press and McGraw-Hill., 2022. – 1312 pp. ISBN 0-262-04630-X
3. Donald E. Knuth, The Art of Computer Programming, Volume 3: Sorting and Searching. Second Edition / Reading, MA: Addison-Wesley, 1998. – 780pp. ISBN 0-201-89685-0

4. William H. Ford, William R. Topp. Data Structures with C++ Using STL (2nd. ed.). Prentice Hall PTR, USA, 2002.
5. Robert Sedgewick, Algorithms, 3rd Edition, in C++, Parts 1–4: Fundamentals, Data Structures, Sorting, and Searching. Reading, MA: Addison-Wesley. 1998. – ISBN 978-0201350883.
6. Robert Sedgewick, Kevin Wayne. Algorithms, 4th Edition, Addison-Wesley Professional, ISBN 978-0321573513, 2011. – 976 p.
7. Adam Drozdek, Data Structures and Algorithms in C++, 4th Edition / Cengage Learning, 2012. – 784 p.
8. Even, Shimon. Graph algorithms. Cambridge University Press, 2011.
9. Kocay, William, and Donald L. Kreher. Graphs, Algorithms, and Optimization. 2nd ed., Chapman & Hall/CRC, 2023.

14.2. Допоміжна література

10. Креневич А.П. Алгоритми і структури даних. Підручник. – К.: ВПЦ "Київський Університет", 2021. – 200 с.
11. Jon Bentley, Programming Pearls, Second Edition / Addison-Wesley, Inc., 2000. — 239 p.
12. N. Wirth, Algorithms and Data Structures / Prentice Hall, 1985. — 288 c.
13. Кубенский А. А. Структуры и Алгоритмы обработки данных. Объектно – ориентированній поход и реализация на С++.М., Издат-во "Вильямс", 1998 г.
14. Jeffrey McConnel,l Analysis of Algorithms 2nd Edition / Jones & Bartlett Learning, 2007. — 451 p.
15. Шень А. Программирование: теоремы и задачи. 2-е изд., М.: МЦНМО, 2004.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. Data Structure and Algorithms Tutorial – Tutorialspoint – Режим доступу: https://www.tutorialspoint.com/data_structures_algorithms/index.htm
2. Data Structure Visualization - Computer Science – Режим доступу: https://www.cs.usfca.edu/~galles/visualization/Algorithms.html
3. Презентації лекцій та методичні вказівки до виконання лабораторних робіт в електронному вигляді