

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра кібернетики і прикладної математики**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан факультету математики
та цифрових технологій
Микола МАЛЯР
« 06 » 2023 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
АЛГОРИТМІСТИКА**

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	11 Математика та статистика
Спеціальність	113 Прикладна математика
Освітня програма	Системи штучного інтелекту
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «**Алгоритмістика**» для здобувачів вищої освіти галузі знань **11 Математика та статистика** спеціальності **113 Прикладна математика** освітньої програми **Системи штучного інтелекту**.

Розробник: Повідайчик М.М., к.е.н., доцент кафедри кібернетики і прикладної математики

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри **кібернетики і прикладної математики**.

Протокол № 12 від «05» 06 2023 року.

Завідувач кафедри  Павло МУЛЕСА

Схвалено науково-методичною комісією **факультету математики та цифрових технологій**.

Протокол № 10 від «20» червня 2023 року.

Голова науково-методичної комісії  Наталія ЮРЧЕНКО

© Повідайчик М.М., 2023 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2023 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 4	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 120	2-й
Кількість модулів – 2	Семестр:
Тижневих годин для очної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи здобувача – 4	4-й
	Лекції:
	30
	Практичні (семінарські):
	-
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:
	30
Форма підсумкового контролю: письмова	Самостійна робота:
	60

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою навчальної дисципліни «Алгоритмістика» є вивчення класичних структур даних та алгоритмів, які використовуються при програмуванні, навчання студентів навичкам проектування складних програм з використанням сучасних технологій програмування.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

ЗК01. Здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК07. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК09. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК10. Навички у використанні інформаційних і комунікаційних технологій.

ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.

ФК04. Здатність розробляти алгоритми та структури даних, програмні засоби та програмну документацію.

ФК06. Здатність розв'язувати професійні задачі за допомогою комп'ютерної техніки, комп'ютерних мереж та Інтернету, в середовищі сучасних операційних систем, з використанням стандартних офісних додатків.

ФК08. Здатність використовувати сучасні технології програмування та тестування програмного забезпечення.

ФК09. Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Системи штучного інтелекту», вивчення навчальної дисципліни «Алгоритмістика» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.	РН01
Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.	РН03
Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач.	РН09
Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної математики.	РН13

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Алгоритмістика»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Використовувати математичні моделі та методи при розробці алгоритмів.	РН01
Обирати алгоритм розв'язання задачі, що забезпечує потрібну надійність результату	РН03
Уміти проводити комп'ютерний експеримент при розробці алгоритмів шляхом використання спеціалізованих (у тому числі й створених) програмних засобів та виконувати опис та аналіз результатів експерименту	РН09
Вміти проектувати архітектуру комп'ютерних систем, використовувати їх на практиці, застосовувати сучасні технології.	РН13

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Методи навчання

Метод проблемного викладення матеріалу, пояснювально-ілюстративний метод, пошуковий та дослідницький методи, інтерактивний метод.

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- виконання завдань лабораторних робіт
- модульні контрольні роботи;
- залік.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: усне опитування, тестування, лабораторна робота.

Форма модульного контролю: письмова контрольна робота.

Форма семестрового контролю: залік.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота							Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	40	100
9	9	9	9	8	8	8		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота						Модульна контрольна робота	Сума
T8	T9	T10	T11	T12	T13	40	100
10	10	10	10	10	10		

T1, T2 ... – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторні заняття (виконання та захист)	5	40	5	40
Тестування	5	20	5	20
Модульна контрольна робота	1	40	1	40
Разом		100		100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Методика оцінювання. Матеріал кожного модуля, який здобувачі вищої освіти повинні засвоїти протягом семестру, виносяться на одну з двох модульних контрольних робіт.

Модульна контрольна робота складається із 4-ох завдань (2-ох теоретичних питань та 2-ох практичних завдань), кожне з яких оцінюється в 10 балів.

За виконання лабораторних робіт здобувачу вищої освіти також нараховується різна кількість балів, в залежності від складності матеріалу.

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти поточного оцінювання (включно із захистом лабораторних робіт) є досягнення здобувачем освіти не менше 50% балів від загальної кількості запланованої за конкретною темою. Конкретна максимальна кількість балів подається у таблицях розподілу балів, які отримують здобувачі за модуль та за окремі види навчальної роботи.

Невиконані та незахищені лабораторні роботи, а також неявка на модульну контрольну роботу оцінюються в 0 балів незалежно від причини невиконання (неявки).

Сумарна оцінка (від 0 до 100 балів) виставляється у відомість модульного контролю. Модуль зараховується, якщо сумарний бал складає не менше 60 балів, і студент виконав і захистив всі лабораторні роботи, які є складовими даного модуля.

Здобувач вищої освіти, який не з'явився на модульну контрольну роботу, або ж його модульна оцінка складає від 0 до 34 балів, зобов'язаний скласти (перескласти) модуль до початку підсумкового контролю у строки, визначені викладачем дисципліни та погоджені деканатом факультету.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Залікова методика оцінювання. За результатами модульних контролів визначається підсумкова модульна оцінка, як середнє арифметичне значення двох модулів. Залікова оцінка визначається в залежності від рейтингового балу, або балів за залік.

До складання заліку допускаються здобувачі вищої освіти, у яких підсумкова модульна оцінка за семестр становить не менше 35.

Здобувач вищої освіти, підсумкова модульна оцінка якого складає від 0 до 34 балів, зобов'язаний покращити її до початку підсумкового семестрового контролю під час чергування викладача на кафедрі у строки, визначені викладачем дисципліни та погоджені деканатом факультету. В протилежному випадку, здобувач не допускається до заліку і у нього виникає академічна заборгованість.

Залік з навчальної дисципліни здобувач вищої освіти може не складати, якщо він успішно пройшов усі модульні контролі та його влаштовує підсумкова модульна оцінка. Здобувачі вищої освіти, підсумкова модульна оцінка яких становить від 35 до 59, залік складають обов'язково. Здобувач освіти може підвищити на заліку рейтинговий бал, при цьому, за результатами складання заліку оцінка не може бути менша за підсумкову модульну оцінку, яку він отримав за результатами модульних контролів.

Залік проводиться в письмовій формі. Заліковий білет складається з одного теоретичного питання та двох практичних завдань. Оцінювання результатів навчання на заліку здійснюється за 100-бальною шкалою. Оцінка за залік вноситься у відомість обліку успішності.

Таблиця відповідності оцінок за різними шкалами оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Критерій оцінювання підсумкового контролю з дисципліни

- **«зараховано» (90-100 балів, А)** заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії;
- **«зараховано» (82-89 балів, В)** заслуговує студент, який виявив повне знання програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисциплін і здатний до самостійного доповнення, але під час відповіді допустив деякі неточності;
- **«зараховано» (74-81 бал, С)** заслуговує студент, що виявив не цілком повне знання програмного матеріалу, не завжди успішно виконує передбачені програмою завдання, частково засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив не систематичний характер знань з дисциплін і не завжди здатний до їх самостійного доповнення і під час відповіді допускає деякі неточності;
- **«зараховано» (64-73 бали, D)** заслуговує студент, що виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, дана оцінка виставляється студентам, що допустили помилки у відповіді на заліку чи екзамені та при виконанні залікових або екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача;
- **«зараховано» (60-63 балів, E)** заслуговує студент, що виявив часткове знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, не завжди вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий лише частково з основною рекомендованою літературою. Як правило, дана оцінка виставляється студентам, що допустили грубі помилки у відповіді на заліку чи екзамені та при виконанні залікових або екзаменаційних завдань, але які частково володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.
- **«не зараховано» (35-59 балів, FX)** виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань.
- **«не зараховано» (0-34 балів, F)** виставляється студенту коли протягом семестру він допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Тема 1. Математичні основи аналізу алгоритмів

Основи аналізу алгоритмів. Асимптотичний аналіз верхньої та середньої оцінок складності алгоритмів; порівняння найкращих, середніх і найгірших оцінок; емпіричні вимірювання ефективності алгоритмів; накладні витрати алгоритмів за часом і пам'яттю; рекурентні співвідношення та аналіз рекурсивних алгоритмів.

Тема 2. Основні поняття про структури даних та алгоритми

Поняття структур даних та їх класифікація. Формалізація поняття алгоритму. Основні напрямки в теорії алгоритмів. Практичне застосування результатів теорії алгоритмів.

Тема 3. Базові структури даних

Масиви. Стеки. Черги. Зв'язні списки. Хеш-таблиці. Пряма адресація. Хеш-функції. Двійкові дерева пошуку. Червоно-чорні дерева.

Тема 4. Алгоритми сортування, злиття та пошуку

Сортування за квадратичний час. Сортування вибором. Сортування обміном. Сортування за $O(n \log n)$. Швидке сортування. Вибір елемента для розділення. Сортування злиттям. Витрати пам'яті при сортуванні злиттям. Злиття послідовностей. Бінарний пошук. Нижні оцінки швидкості сортування. Дерево розв'язків. Сортування підрахунком.

Тема 5. Алгоритми пошуку в рядках та їх оброблення

Алгоритми пошуку в рядках: бінарний пошук, алгоритм Бойера – Мура, алгоритм Кнута – Морріса – Пратта, алгоритм Карпа – Рабіна, наближений пошук. Прості алгоритми побудови дерева суфіксів. Алгоритм Укконена. Масиви суфіксів. Задача про найбільший спільний підрядок двох рядків. Основні алгоритми оброблення рядків – розбиття рядків, об'єднання рядків, алгоритми вставки, видалення, заміни.

Тема 6. Рекурсивні алгоритми.

Поняття рекурсії. Внутрішній механізм організації рекурсії. Пошук з поверненням (backtracking) . Метод гілок и границь для розв'язання оптимізаційних задач. Застосування рекурсії для розв'язання найпростіших комбінаторних задач. Пошук оптимального маршруту в лабіринті.

Тема 7. Динамічне програмування

Поняття про динамічне програмування. Основні підходи до розв'язання задач методом динамічного програмування. Матричне числення. Перемноження декількох матриць. Знаходження найбільшої спільної підпослідовності множин. Визначення оптимальної триангуляції багатокутника. Задачі лінійного програмування. Симплекс-метод розв'язання задач економічного планування.

Модуль 2.

Тема 8. Комбінаторні алгоритми

Підрахунок кількості. Перестановки. Розміщення. Комбінації. Розбиття. Імовірність. Імовірнісний простір. Елементарні події. Неможлива подія. Несумісні події. Аксиоми імовірності. Дискретний розподіл імовірності. Генератори псевдовипадкових чисел. Властивості випадкових та псевдовипадкових чисел. Поширені недоліки генераторів псевдовипадкових чисел. Лінійний конгруентний метод. Вихор Мерсенна.

Тема 9. Фундаментальні алгоритми на графах і деревах

Представлення графів. Вершини. Ребра. Орієнтовані та неорієнтовані графи. Список суміжних вершин. Матриця суміжності. Розріджений граф. Зважений граф. Пошук в глибину. Пошук в ширину. Древа пошуку. Рекурсивна та нерекурсивна реалізації пошуку у графі. Топологічне сортування.

Тема 10. Геометричні алгоритми

Властивості відрізків. Опукла комбінація. Векторний добуток. Напрямок повороту. Перевірка перехрещення відрізків. Обмежуючий прямокутник. Метод прямої, що рухається. Відношення порядку на відрізках. Побудова опуклої оболонки. Алгоритм Грехема. Алгоритм Джарвіса. Метод додавання точок. Складність алгоритмів побудови опуклої оболонки.

Тема 11. Криптографічні алгоритми

Класифікація криптографічних алгоритмів. Криптосистеми із закритим ключем. Поняття закритого ключа. Шифр Цезаря. Шифр Віжинера. Зламування шифрів Цезаря та Віжинера. Криптосистеми з відкритим ключем. Поняття відкритого ключа. Китайська теорема про остачі. Функція Ейлера. Криптографічні хеш-функції. Поняття хеш-функції. Необхідність криптографічного шифрування.

Тема 12. Евристичні алгоритми

Оцінка якості наближеного алгоритму. Схема наближення для заданої оптимізаційної задачі. Задача про покриття вершин. Наближений алгоритм для пошуку покриття вершин. Максимальна помилка наближеного алгоритму для пошуку покриття вершин. Задача комівояжера. Нерівність трикутника. Наближений алгоритм для задачі комівояжера. Максимальна помилка наближеного алгоритму для задачі комівояжера.

Тема 13. Елементи теорії прийняття рішень

Поняття системи, властивості систем. Концепція моделі, адекватність моделі. Види моделей: моделі чорної скриньки, складні моделі, моделі структури. Аналіз та синтез, як методи наукового пізнання Поняття проблемної ситуації та методи її вирішення. Завдання операційного дослідження. Багатокритеріальний та колективний вибір. Ухвалення рішень в умовах ризику.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин: 120					
	Денна форма					
	у тому числі					
	Усього	лекції	практичні	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
Модуль 1						
Тема 1. Математичні основи аналізу алгоритмів	7	2				5
Тема 2. Основні поняття про структури даних та алгоритми	7	2				5
Тема 3. Базові структури даних	9	2		2		5
Тема 4. Алгоритми сортування, злиття та пошуку	11	2		4		5
Тема 5. Алгоритми пошуку в рядках та їх оброблення	9	2		2		5
Тема 6. Рекурсивні алгоритми.	11	2		4		5
Тема 7. Динамічне програмування	11	2		4		5
Модульна контрольна робота	2	2				
Разом за модуль	67	16		16		35
Модуль 2						
Тема 8. Комбінаторні алгоритми	9	2		2		5
Тема 9. Фундаментальні алгоритми на графах і деревах	8	2		2		4
Тема 10. Геометричні алгоритми	10	2		4		4
Тема 11. Криптографічні алгоритми	10	2		4		4
Тема 12. Евристичні алгоритми	8	2		2		4
Тема 13. Елементи теорії прийняття рішень	6	2				4
Модульна контрольна робота	2	2				
Разом за модуль	53	14		14		25
Разом за семестр	120	30		30		60

6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Базові структури даних	2
2.	Алгоритми сортування, злиття та пошуку	4
3.	Алгоритми пошуку в рядках та їх оброблення	2
4.	Рекурсивні алгоритми.	4
5.	Динамічне програмування	4
6.	Комбінаторні алгоритми	2
7.	Фундаментальні алгоритми на графах і деревах	2
8.	Геометричні алгоритми	4
9.	Криптографічні алгоритми	4
10.	Евристичні алгоритми	2
Разом		30

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Аналіз складності алгоритмів. Розгляд математичних методів для визначення часової та просторової складності алгоритмів, їх порівняння та застосування у практиці.	5
2.	Структури даних у мовах програмування. Дослідження структур даних в різних мовах програмування (Python, Java, C++), їх особливості та застосування.	5
3.	Дослідження лінійних структур даних: стек та черга. Дослідження структури даних «зв'язний список».	5
4.	Порівняльний аналіз алгоритмів сортування. Порівняння швидкості та ефективності алгоритмів сортування (швидке сортування, сортування злиттям, сортування вибором та ін.).	5
5.	Алгоритми Кнута-Морріса-Пратта, Рабіна-Карпа, Бойера-Мура, Ахо-Корасіка.	5
6.	Рекурсивний пошук підрядка, рекурсивний розбір виразів, рекурсивне проходження дерева символів, рекурсивні алгоритми сортування.	5
7.	Динамічне програмування. Методи розв'язання багатокрокових задач оптимального управління.	5
8.	Алгоритми оптимізації. Вивчення алгоритмів оптимізації (жадібні алгоритми, методи розв'язання задач лінійного програмування та ін.).	5
9.	Алгоритми на графах. Аналіз алгоритмів пошуку в графах (пошук в ширину, пошук у глибину, алгоритм Дейкстри, алгоритм Беллмана-Форда).	4
10.	Алгоритми визначення відстані між точками, алгоритми обчислення площі та периметру фігур, перетин ліній та фігур, алгоритми знаходження випуклої оболонки.	4
11.	Алгоритми шифрування та безпеки даних. Вивчення алгоритмів шифрування (RSA, AES, DES та ін.).	4
12.	Евристичні алгоритми для вирішення задач обробки природного тексту.	4
13.	Метод аналізу ієрархій, метод оптимізації на основі інтервалів, методи прийняття рішень умовної оптимізації, метод аналізу інтервальних відношень.	4
Разом		60

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби – комп'ютер.

Програмне забезпечення: Moodle, MS Excel; середовище розробки, вибране студентом.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Логічне програмування: методичні рекомендації до вивчення курсу для студентів спеціальності «Прикладна математика» математичного факультету УжНУ / Розробник: М.М. Повідайчик. Ужгород: УжНУ, 2013. 63 с.
2. Повідайчик М.М. Розробка утиліти автоматизованого формування математичних виразів на основі лінгвістичного аналізу тексту / М.М. Повідайчик, Д.О. Майорський, І.Я. Шпонтант // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер.: Математика і інформатика. Вип. 2 (33). 2018. С. 114-119.
3. Повідайчик М.М., Повідайчик О.С., Герич М.С., Попович А.О. Розробка автоматизованих систем навчання та контролю знань учнів і студентів: навчальний посібник. Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2022. 84 с.
4. Donald E. Knuth, Art of Computer Programming, Volume 4A: Combinatorial Algorithms, Addison-Wesley Professional; 1st edition, 2011, 3168 p.
5. Stephens R. Essential Algorithms. A Practical Approach to Computer Algorithms Using Python and C#, 2nd Edition. Indianapolis: Wilew, 2019. p. 783.
6. Алгоритми і структури даних: практикум: навч. посіб./ Н.К. Стратієнко, М.Д. Годлевський, І.О. Бородіна. Харків: НТУ"ХПІ", 2017. 224с.
7. Алгоритми та структури даних (комп'ютерний практикум): [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Укладач: Ю. Є. Грудзинський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 4,8 МБайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 100 с.
8. Алгоритми, дані і структури. [Текст], навч. посіб. / В.М. Ільман, О.П. Іванов, Л.О. Панік. Дніпропет. нац. ун-т залізн. трансп.ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро, 2019. 134 с.
9. Бульба С.С., Бречко В.О., Далека В.Д. Алгоритми та структури даних : навч.-метод. посіб. / Бульба С.С., Бречко В.О., Далека В.Д. Харків : НТУ «ХПІ», 2021. 141 с.
10. Крєневич А.П. Алгоритми і структури даних. Підручник. К.: ВПЦ "Київський Університет", 2021. 200 с.

Допоміжна література

1. Кузьменко І. М., Дацюк О. А. Базові алгоритми та структури даних. Навчальний посібник. Київ. КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2022. 137 с.
2. Мелешко Є.В., Якименко М.С., Поліщук Л.І. Алгоритми та структури даних: Навчальний посібник. Кропивницький: Лисенко В.Ф., 2019. 156 с.
3. Новотарський М.А. Алгоритми та методи обчислень [Електронний ресурс]: навч. посіб. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 407 с. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/27864/1/Alhorytmy_ta_metody_obchislenn.pdf
4. Системи захисту інформації. Криптографія [Текст] : навч. посіб. / уклад. Б. Д. Шепетюк ; Чернівець. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. Чернівці : ЧНУ ім. Юрія Федьковича : Рута, 2021. - 75 с. : рис., табл. Бібліогр.: с. 75.

Інформаційні ресурси у мережі Інтернет

1. <https://leetcode.com/problemset/>
2. <https://www.hackerrank.com/>
3. <https://www.codewars.com/>
4. <https://exercism.org/>
5. <https://www.topcoder.com/thrive/tracks?track=Competitive%20Programming>