

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи

“ ” 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК11. ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 «Інформаційні технології»
Спеціальність	122- Комп'ютерні науки
Освітньо-професійна програма	Комп'ютерні науки

ОНУ
Одеса
2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія алгоритмів». – Одеса: ОНУ, 2024.
– 16с.

Розробники: кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри комп'ютерних систем та технологій Коренкова Ганна Валентинівна

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол №1 від “29” серпня 2024 р.

Завідувач кафедри _____ (Юрій ГУНЧЕНКО)

Погоджено із гарантом ОПІ «Комп'ютерні науки»

_____ (Алла КАМЕНЄВА)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ

Протокол № _____ від “ _____ ” серпня 2024 р.

Голова НМК _____ (Лариса МАРТИНОВИЧ)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № _____ від. “ _____ ” _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № _____ від. “ _____ ” _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	<i>заочна форма навчання</i>
Загальна кількість: кредитів – 6,5 годин –195 змістових модулів – 3	Галузь знань 12 – Інформаційні технології Спеціальність 122- Комп'ютерні науки Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	обов'язкова	
		<i>Рік підготовки:</i>	
		2	2
		<i>Семестр</i>	
		3	3
		<i>Лекції</i>	
		36 год.	10 год
		<i>Практичні, семінарські</i>	
		0 год.	0 год
		<i>Лабораторні</i>	
		60 год.	10 год.
		<i>Самостійна робота</i>	
		99 год.	175 год
		Форма підсумкового контролю: <i>іспит</i>	

2 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою навчальної дисципліни “Теорія алгоритмів” є отримання здобувачами освіти знань з області побудови та аналізу алгоритмів щодо вирішення різноманітних практичних задач.

Завдання навчальної дисципліни “Теорія алгоритмів” - надати здобувачам освіти знання в сфері реалізації задач автоматизації обробки інформації за допомогою комп'ютерної техніки. Такі знання майбутній спеціаліст буде мати змогу застосовувати як при подальшому навчанні, так і після отримання вищої освіти у своїй професійній діяльності.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

1. Інтегральна компетентність:

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

2. Загальні компетентності:

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК12. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

3. Спеціальні компетентності:

СК1. Здатність до математичного формулювання та дослідження неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування.

СК3. Здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем.

СК4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен **знати**:

- основні властивості і вимоги до алгоритмів;
- алгоритмічні моделі;
- класи складності алгоритмів;
- фундаментальні алгоритми.

вміти:

- розробляти алгоритми;

- оцінювати алгоритми;
- використовувати структури даних для розроблення алгоритмів;
- писати програми для машини Поста та Тьюринга;
- складати схеми орієнтованих підстановок для нормальних алгоритмів Маркова;
- будувати рекурсивні схеми для елементарних функцій;
- проектувати схеми алгоритмів.

Що забезпечує наступні програмні результати навчання:

ПР1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

ПР5. Проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми розв'язання обчислювальних та логічних задач, оцінювати ефективність та складність алгоритмів на основі застосування формальних моделей алгоритмів та обчислюваних функцій.

ПР18. Розуміти свої права і обов'язки як члена суспільства; усвідомлювати цінності громадянського суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні; вміти зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства; розуміти основні засади філософії, історії та закономірностей розвитку предметних областей, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.

3. Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ

Тема 1. Вступ в теорію алгоритмів. Базові алгоритмічні конструкції

Основні властивості алгоритму. Способи запису алгоритмів. Блок-схема алгоритму, основні елементи блок-схеми. Алгоритми та програми. Приклади типових алгоритмів. Процес розробки алгоритму. Алгоритмічні стратегії. Поняття про алгоритм з лінійною структурою. Визначення. Блок-схема алгоритму з лінійною структурою. Приклади на обчислення виразів. Поняття про алгоритми з розгалуженою структурою. Повне та неповне розгалуження. Структура "Вибір" та її реалізація. Приклади використання розгалужених структур. Алгоритми циклічної структури. Безумовний циклічний алгоритм. Види циклів. Цикл з передумовою. Алгоритми циклічної структури. Цикл з післяумовою.

Тема 2. Універсальні алгоритмічні конструкції

Нормальні алгоритми. Алгоритмічні системи, які засновані на поняттях елементарний оператор і елементарний розпізнавач. Узагальнені нормальні алгоритми. Нормальні алгоритми Маркова. Машина Тюрінга. Конструкція машини Тюрінга. Внутрішній та зовнішній алфавіти, конфігурація машини. Запис алгоритму, що виконує машина. Таблиця відповідності. Машина Поста. Конструкція машини Поста. Поняття стана машини. Програма для машини Поста. Три варіанти роботи машини: результативна зупинка; безрезультативна зупинка; нескінченна робота.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.

АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ ТА АЛГОРИТМІЧНІ СТРАТЕГІЇ.

Тема 3. Оцінка складності алгоритмів

Часова складність алгоритму. Просторова складність алгоритму. Асимптотичний аналіз функцій трудомісткості алгоритму. Асимптотичний аналіз верхньої та середньої оцінок складності алгоритмів; порівняння найкращих, середніх і найгірших оцінок. Оцінка Θ (тета). Оцінка O . Оцінка Ω (Омега). Графічні приклади оцінок. Приклад оцінки складності алгоритмів.

Тема 4. Класи складності P та NP

Класифікація алгоритмів за складністю: P- та NP-алгоритми. Формальне визначення NP-алгоритму. Приклади NP-повних задач (проблема Штейнера, задача комівояжера, проблема розфарбування графів)

Тема 5. Рекурсія

Поняття про рекурсію. Рекурсивна функція. Рекурсивні алгоритми. Принципи організації рекурсії. Переваги та недоліки використання рекурсії. Форми рекурсії. Поняття про ітераційні обчислювальні процеси та способи їх алгоритмізації.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3.

БАЗОВІ СТРУКТУРИ ДАНИХ. ОСНОВНІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ АЛГОРИТМИ.

Тема 6. Базові структури даних.

Масиви. Одновимірні та багатовимірні масиви. Стеки. Черги. Деки. Списки.

Тема 7. Алгоритми сортування та пошуку

Сортування бульбашкою. Сортування обміном. Сортування вибором. Сортування вставкою. Сортування Шела. Сортування злиттям. Швидке сортування. Пірамідальне сортування. Сортування підрахунком. Алгоритм пошуку. Лінійний пошук. Бінарний пошук.

Тема 8. Алгоритми на графах

Представлення графів. Вершини. Ребра. Орієнтовані та неорієнтовані графи. Список суміжності. Матриця суміжності. Зважений граф. Пошук в ширину. Пошук в глибину.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	У тому числі			
		л	п/с	лаб	ср		л	п/с	лаб	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Змістовий модуль 1. Загальні відомості та аналіз алгоритмів										
Тема 1. Вступ в теорію алгоритмів. Базові алгоритмічні конструкції	19	4		6	9	19				19
Тема 2. Універсальні алгоритмічні конструкції	23	6		8	9	23				23
Разом за змістовим модулем 1	42	10		14	18	42	0		0	42
Змістовий модуль 2. Аналіз алгоритмів та алгоритмічних стратегій										
Тема 3. Оцінка складності алгоритмів	26	4		10	12	26	2			24
Тема 4. Класи складності P та NP	11	2		0	9	11				11
Тема 5. Рекурсія	22	2		10	10	22	2		2	18
Разом за змістовим модулем 2	59	8		20	31	59	4		2	53
Змістовий модуль 3. Базові структури даних. Основні обчислювальні алгоритми.										
Тема 6. Базові структури даних.	34	6		12	16	34	2		4	28
Тема 7. Алгоритми сортування та пошуку	28	6		6	16	28	2		2	24
Тема 8. Алгоритми на графах	32	6		8	18	32	2		2	28
Разом за змістовим модулем 3	94	18		26	50	94	6		8	80
Усього годин	195	36		60	99	195	10		10	175

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальним планом.

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Базові алгоритмічні конструкції Ознайомитись з основними алгоритмічними конструкціями	6
2	Машина Тюрінга.	4

	Ознайомитись зі способами запису алгоритмів за допомогою машини Тюрінга.	
3	Машина Поста. Вивчення формального визначення поняття алгоритму.	2
4	Побудова нормальних алгоритмів Маркова. Отримати практичні навички запису алгоритмів з використанням нормальних алгоритмів Маркова.	2
5	Аналіз складності алгоритму. Вивчення методів оцінки алгоритмів і визначення часової і просторової складності типових алгоритмів.	6
6	Експериментальний метод оцінки складності алгоритму. Експериментальне визначення складності алгоритмів.	4
7	Розробка рекурсивних алгоритмів. Розробка програм, що реалізують різні рекурсивні алгоритми та оцінка їх часової та просторової складності.	10
8	Структура даних стек. Вивчити алгоритми роботи зі структурою даних стек	2
9	Структура даних черга. Вивчити алгоритми роботи зі структурою даних черга	4
10	Структура даних дек. Вивчити алгоритми роботи зі структурою даних дек.	2
11	Однозв'язний список Вивчення структури списку як динамічної структури даних.	2
12	Двоzv'язний список Вивчення структури списку як динамічної структури даних.	2
13	Алгоритми сортування. Ознайомитись з алгоритмами сортування масиву.	4
14	Алгоритми пошуку. Вивчити методи лінійного та бінарного пошуку.	2
15	Способи задання графів. Вивчення способів представлення заданих графів.	4
16	Обхід графів. Ознайомитись з алгоритмами обходу графів.	4
Разом		60

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми/питання для підготовки, завдання	Кількість годин
1	Введення в теорію алгоритмів. Способи запису алгоритмів. Базові алгоритмічні конструкції	9
2	Нормальні алгоритми. Побудова НАМ.	3
3	Машина Тюрінга.	3

	Побудова машини Тюрінга. Програма машини Тюрінга.	
4	Машина Поста. Побудова машини Поста.	3
5	Оцінка складності алгоритмів Проведення аналізу алгоритму	12
6	Класи складності P та NP Класифікація алгоритмів за складністю: P- та NP-алгоритми. Формальне визначення NP-алгоритму.	9
7	Рекурсивні та ітераційні алгоритми Принципи організації рекурсії. Форми рекурсії.	10
8	Базові структури даних Стек, дек, черга. Види черг. Списки	16
9	Алгоритми сортування та пошуку Сортування бульбашкою, швидке сортування, сортування пірамідою, сортування вставкою. Лінійний та бінарний пошук.	16
10	Алгоритми на графах Представлення графів. Алгоритми пошуку на графах	18
Разом		99

9. Методи навчання

Підготовка студентів здійснюється на лекційних та лабораторних заняттях, але у значній мірі покладається на самостійне вивчення матеріалу студентами денної форми навчання протягом семестру.

Під час викладання дисципліни використовуються словесні та наочні методи навчання: лекції, бесіда, пояснення, робота з літературними джерелами.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий метод.

Під час лабораторних та практичних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод, дослідницький; при захисті лабораторних робіт та індивідуальних завдань використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод (студент опановує літературу за вказаною темою, виконує індивідуальне розрахункове завдання та доповідь).

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний та підсумковий контроль здійснюється в результаті виконання лабораторних робіт. Поточний контроль: опитування, виконання лабораторних робіт; тестові завдання. Форми оцінювання: усне опитування, перевірка лабораторної роботи, тестування.

11. Питання для підсумкового контролю

1. Означення алгоритму. Основні властивості алгоритму.
2. Способи запису алгоритмів.
3. Нормальні алгоритми Маркова.
4. Універсальні нормальні алгоритми, теорема Маркова про універсальний нормальний алгоритм.
5. Конструкція машини Тюрінга. Внутрішній та зовнішній алфавіти, конфігурація машини.
6. Запис алгоритму, що виконує машина Тюрінга. Таблиця відповідності.
7. Операції над машиною Тюрінга.
8. Конструкція машини Поста. Поняття стана машини.
9. Програма для машини Поста.
10. Три варіанти роботи машини: результативна зупинка; безрезультативна зупинка; нескінченна робота.
11. Обчислення на машині Поста: задача додавання одиниці до числа в різноманітних випадках.
12. Поняття обчислювальної складності алгоритму.
13. Асимптотичний аналіз складності, O-нотація.
14. Верхня та середня оцінка складності.
15. Емпіричні вимірювання ефективності алгоритмів.
16. Основні алгоритмічні стратегії.
17. Класи складності.
18. Опис класів P і NP.
19. Приклади NP-повних задач.
20. Застосування теорії NP-повноти для аналізу складності завдань
21. Рекурсивні функції
22. Поняття рекурсивного алгоритму.
23. Обчислювальна складність рекурсивних алгоритмів.
24. Сортування бульбашкою.
25. Сортування обміном.
26. Сортування вибором.
27. Сортування вставкою.
28. Сортування Шела.
29. Сортування злиттям.
30. Швидке сортування.
31. Пірамідальне сортування.
32. Сортування підрахунком.
33. Порівняння методів сортування
34. Поняття сортування масиву.
35. Класифікація сортувань.
36. Характеристики сортувань
37. Лінійний пошук у масиві
38. Бінарний пошук у масиві.

39. Основні поняття та термінологія, структур даних, вимоги до структур даних.
40. Поняття структури даних. Класифікація структур.
41. Операції над структурами даних.
42. Класифікація простих структур даних.
43. Списки.
44. Стек.
45. Черга.
46. Дек.
47. Матричне подання графів.
48. Матриця зв'язності графу.
49. Пошук в глибину.
50. Пошук в ширину.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний та періодичний контроль								Підсумковий контроль (іспит)	Сума балів
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2			Змістовий модуль 3				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	24	100
1	3	2	0	1	5	2	2		
Контрольна робота за змістовим модулем 1 - 20		Контрольна робота за змістовим модулем 2 - 20			Контрольна робота за змістовим модулем 3 - 20				

ФОРМУВАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ

Види навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість завдань	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1. Загальні відомості та аналіз алгоритмів			
Виконання і захист лабораторних робіт	0-1	4	0-4
Контрольна робота за змістовим модулем			0-20
Усього за змістовим модулем1			0-24
Змістовий модуль 2. Аналіз алгоритмів та алгоритмічних стратегій			
Виконання і захист лабораторних робіт	0-1	3	0-3
Контрольна робота за змістовим модулем			0-20
Усього за змістовим модулем2			0-23
Змістовий модуль 3. Базові структури даних. Основні обчислювальні алгоритми.			

Виконання і захист лабораторних робіт	0-1	9	0-9
Контрольна робота за змістовим модулем			0-20
Усього за змістовим модулем3			0-29
Підсумковий контроль (іспит)			0-24
Підсумкова сума балів			0-100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	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

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:

Оцінка за національною шкалою та відсоток від максимальної кількості балів	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	
відмінно (90-100% від максимальної кількості балів)	у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для	глибоко та всебічно розкриває сутність практичних/ розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й

	реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.	оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі.
добре (75-89% від максимальної кількості балів)	достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки.	правильно вирішив більшість розрахункових /тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання
задовільно (60-74% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.
не задовільно (35-59% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді допускаються суттєві помилки	недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання за допомогою викладача, відсутні

		сформовані уміння та навички.
не -задовільно (0-34% від максимальн ої кількості балів)	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

13. Методичне забезпечення

Робоча програма навчальної дисципліни; мультимедійні презентації; силабус; методичні вказівки для виконання лабораторних робіт.

14. Рекомендована література

Основна

1. Бородкіна І. Теорія алгоритмів. К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 184с.
2. Матвієнко М. П., Шаповалов С. П. Математична логіка та теорія алгоритмів. К.: Ліра, 2015.. – 212 с.
3. Клакович Л.М., Левицька С.М. Теорія алгоритмів. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2015.— 161с.
4. Нікітченко М.С., Шкільняк О.С., Шкільняк С.С. Теорія алгоритмів. – К., 2015.
5. Новотарський М. А. Алгоритми та методи обчислень. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 407 с.

Додаткова

6. Нікітченко М.С., Панченко Т.В., Поляков С.А. Теорія програмування в прикладах і задачах. К., 2015.
7. Нікольський Ю. В., Пасічник В. В., Щербина Ю. М. Дискретна математика. К.: Видавнича група ВНУ, 2017. – 368 с.
8. Власій О. О. Алгоритми та структури даних: лаб. Практикум Ів.-Франківськ: ПНУ, 2015.
9. Пекарський Б. Г. Основи програмування: навчальний посібник.- Рек. МОН К.: Кондор, 2018.
10. Васильєв О. Програмування на C++ в прикладах і задачах: навч. Посібник К.: Ліра-К, 2017.
11. Стусь О.В. Математична логіка та теорія алгоритмів: Лекції [Електронний ресурс] : навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 150 с. – Режим доступу: <http://surl.li/exiis>
12. Розробка та аналіз алгоритмів [Електронний ресурс]. – Режим доступу:https://courses.prometheus.org.ua/courses/KPI/Algorithms101/2015_Spring/about.

Інформаційні ресурси

1. <http://nbuv.gov.ua/> - Сайт Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського;
2. <http://www.dnpb.gov.ua/> - Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського;
3. <http://onu.edu.ua/> - Сайт бібліотеки ОНУ імені І.І. Мечникова;
4. <http://odnb.odessa.ua/> - Сайт Одеської національної наукової бібліотеки;
5. <http://korolenko.kharkov.com/> - Сайт Харківської державної наукової бібліотеки імені В.Г. Короленка.