

Д. І. Угрин, Ю. О. Ушенко, М. Л. Ковальчук

СТРУКТУРИ ДАНИХ ТА АЛГОРИТМИ

Підручник

(Видання електронне)

**ЧЕРНІВЦІ
2022**

УДК 336:004(075.8)
ББК 32.973
У 72

Друкується за ухвалою
Вченої ради навчально-наукового інституту
фізико-технічних та комп'ютерних наук
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича
Протокол № 9 від 27.10.2022 р.

Рецензент:

Литвин В.В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка»;

Арсирій О.О. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем Національного університету «Одеська політехніка»

Д. І. Угрин, Ю. О. Ушенко, М. Л. Ковальчук

Структури даних та алгоритми. Підручник. – Чернівці: Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 2022. – 357 с.

Пропонований підручник присвячено теоретичним та практичним аспектам структур даних та алгоритмів, наведено типові приклади структур даних та алгоритмів. Розглянуто як теоретичні так практичні питання застосування операцій і методів сортування та пошуку даних у різновидах множинних і графічних структурах даних. Наведені методи оцінки складності алгоритмів конструювання та обробки даних при різних прийомах обробки структур даних.

Підручник адресовано студентам вищих навчальних закладів спеціальності „Комп'ютерні науки” та викладачам з курсів «Структури даних та алгоритми», «Методи та системи штучного інтелекту», «Проектування інтелектуальних інформаційних систем».

УДК 336:004(075.8)
ББК 32.973

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
РОЗДІЛ 1	8
ТЕМА 1. БАЗОВІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ АЛГОРИТМІВ	8
1.1. Визначення інформації та даних... ..	8
1.2. Визначення алгоритму... ..	10
1.3. Виконавці алгоритмів... ..	12
1.4. Способи описання алгоритмів... ..	14
1.5. Властивості алгоритмів... ..	16
1.6. Експоненційні алгоритми та перебір... ..	17
1.7. Алгоритм із поверненнями назад... ..	19
1.8. Машини Тьюринга... ..	19
1.9. Рекурсія та її використання... ..	22
1.10. Теза Чорча. Алгоритмічно нерозв'язні проблеми... ..	29
ТЕМА 2. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ОБЧИСЛЮВАНOSTІ. КЛАСИ СКЛАДНОСТІ P I NP	34
2.1. Поняття обчислювальної складності... ..	34
2.2. Класи алгоритмів... ..	34
ТЕМА 3. СТРУКТУРИ ДАНИХ ТА РІВНІ ЇХ ПОДАННЯ. СТРУКТУРНІ ТА ЛІНІЙНІ ТИПИ ДАНИХ	40
3.1. Поняття структури даних... ..	40
3.2. Рівні описування даних... ..	41
3.3. Класифікація структур даних у програмах користувача й у пам'яті комп'ютера... ..	42
3.3.1. Арифметичні типи... ..	42
3.3.2. Перерахований тип... ..	43
3.4. Основні види складених типів даних... ..	46
3.5. Структури даних у пам'яті комп'ютера... ..	47
3.5.1. Структури даних в оперативній пам'яті... ..	47
3.5.2. СД у зовнішній пам'яті... ..	47
3.5.3. Вектор... ..	48
3.6. Поняття структури даних типу «масив». Набір допустимих операцій для СД типу «масив»... ..	59
3.7. Набір допустимих операцій для СД типу «масив»... ..	60
3.7.1 Розріджені масиви... ..	69
3.8. Дескриптор СД типу «масив»... ..	76
3.9. Ефективність масивів... ..	76
3.10. Зберігання багатовимірних масивів... ..	77
3.11. СД типу «множина»... ..	79
3.12. СД типу «запис (прямий декартовий добуток)»... ..	91
3.13. СД типу «таблиця»... ..	92
3.14. СД типу «стек»... ..	94
3.14.1. Дескриптор СД типу «стек»... ..	96

3.14.2. Области застосування СД типу «стек»...	96
3.15. СД типу «черга»...	97
3.16. СД типу «дек»...	100
ТЕМА 4. ЗВ'ЯЗНИЙ РОЗПОДІЛ ПАМ'ЯТІ. ХЕШУВАННЯ ДАНИХ	110
4.1. СД типу вказівник.....	110
4.2. Статичні й динамічні змінні.....	114
4.2.1. Відмінності між статичними та динамічними змінними.....	114
4.2.2. Стандартна бібліотека шаблонів (STL).....	115
4.2.3. Створення та знищення динамічних змінних.....	121
4.3. Класифікація СД типу «зв'язний список».....	122
4.4. СД типу «лінійний однозв'язний список».....	122
4.5. СД типу «циклічний лінійний список».....	124
4.6. СД типу «двозв'язний лінійний список».....	125
4.7. Багатозв'язний список. Приклади.....	126
4.7.1 Контейнер list.....	135
4.8. Поняття хеш-функції.....	141
4.9. Алгоритми хешування.....	142
4.10. Динамічне хешування.....	143
4.10.1. Означення динамічного хешування.....	143
4.10.2. Розширюване хешування.....	144
4.10.3. Функції, що зберігають ключі.....	145
4.11. Методи розв'язування колізій.....	146
4.12. Переповнення таблиці і ре хешування.....	149
4.13. Оцінювання якості хеш-функції.....	150
ТЕМА 5. НЕЛІНІЙНІ СТРУКТУРИ ДАНИХ: ДЕРЕВА	159
5.1. Дерево.....	159
5.1.1. Визначення дерева.....	159
5.1.2. Бінарне дерево.....	160
5.1.3. Подання дерев у зв'язній пам'яті комп'ютера.....	161
5.1.4. Алгоритми проходження дерев углиб і вшир.....	163
5.1.5. Подання дерев у вигляді бінарних.....	165
5.1.6. Застосування бінарних дерев в алгоритмах пошуку.....	167
5.1.7. Операція включення в СД типу «бінарне дерево».....	175
5.1.8. Операція виключення з бінарного дерева.....	176
5.1.9. Застосування бінарних дерев.....	176
5.2. Види бінарних дерев.....	180
5.2.1. Збалансоване дерево.....	180
ТЕМА 6. НЕЛІНІЙНІ СТРУКТУРИ ДАНИХ: ГРАФ	185
6.1. Поняття графу.....	185
6.2. Подання графу в пам'яті комп'ютера.....	187
6.2.1. Мінімальне покриваюче (каркасне) дерево.....	191
6.3. Алгоритми проходження графу.....	192
6.3.1. Алгоритм проходження графу вглиб.....	193
6.3.2. Алгоритм проходження графу вшир.....	197

6.4. Приклади задач на графах.....	201
6.4.1. Ейлерів цикл.....	201
6.4.2. Гамільтонів цикл.....	206
6.4.3. Задача про максимальний потік.....	208
6.4.4. Найкоротша відстань між вершинами.....	209
ТЕМА 7. АЛГОРИТМИ ПОШУКУ.....	221
7.1. Загальна класифікація алгоритмів пошуку.....	221
7.2. Лінійний пошук.....	222
7.3. Двійковий (бінарний) пошук елемента в масиві.....	223
7.4. Пошук методом Фібоначчі.....	224
7.5. М-блоковий пошук.....	226
7.6. Методи обчислення адреси.....	226
7.7. Інтерполяційний пошук елемента в масиві.....	228
7.8. Бінарний пошук із визначенням найближчих вузлів.....	229
7.9. Пошук у таблиці.....	231
7.10. Прямий пошук рядка.....	232
7.11. Алгоритм Ахо-Корасик.....	233
7.12. Алгоритм Моріса-Прата.....	233
7.13. Алгоритм Кнута, Моріса і Пратта.....	234
7.14. Алгоритм Рабіна-Карпа.....	235
7.15. Алгоритм Боуера і Мура.....	236
7.16. Алгоритм Хорспула.....	237
7.17. Порівняння методів пошуку.....	238
ТЕМА 8. АЛГОРИТМИ СОРТУВАННЯ.....	242
8.1. Методи внутрішнього сортування.....	243
8.1.1. Метод простого включення.....	243
8.1.2. Метод Шелла.....	249
8.1.3. Сортування шляхом підрахунку.....	253
8.1.4. Обмінне сортування.....	254
8.1.5. Сортування вибором.....	260
8.1.6. Сортування поділом (Хоара).....	263
8.1.7. Сортування за допомогою дерева.....	269
8.1.8. Пірамідальне сортування.....	276
8.1.9. Побудова піраміди методом Флойда.....	279
8.1.10. Сортування злиттям.....	280
8.1.11. Методи порозрядного сортування.....	283
8.2. Методи зовнішнього сортування.....	288
8.2.1. Пряме злиття.....	289
8.2.2. Природне злиття.....	290
8.2.3. Збалансоване багатошляхове злиття.....	291
8.2.4. Багатофазне сортування.....	292
ТЕМА 9. ЧЕРВОНО-ЧОРНІ ДЕРЕВА. ДИНАМІЧНЕ ПРОГРАМУВАННЯ.....	297

9.1. Червоно-чорне дерево.....	297
9.2. Основні операції червоно-чорних дерев.....	298
9.3. Додавання елемента червоно-чорного дерева.....	299
9.4 Динамічне програмування.....	301
ТЕМА 10. ГЕОМЕТРИЧНІ АЛГОРИТМИ.....	307
10.1. Основи геометричних алгоритмів.....	307
10.2. Основи алгоритмів знаходження опуклої оболонки скінченної множини точок з різною складністю обчислень.....	307
10.3. Оптимальні чутливі до вихідних даних алгоритми.....	308
ТЕМА 11. ЖАДІБНІ АЛГОРИТМИ.....	317
11.1. Поняття жадібного алгоритму.....	317
11.1.1. Евристичні алгоритми.....	317
11.1.2. Імовірнісні алгоритми.....	319
11.1.3 Жадібні алгоритми.....	319
11.2. Відмінність між динамічним програмуванням і жадібним алгоритмом.....	323
11.3. Приклади жадібних алгоритмів.....	322
11.3.1. Алгоритм Краскала.....	322
11.3.2. Алгоритм Шеннона-Фано.....	324
11.3.3. Алгоритм Хафмана.....	324
11.3.4. Алгоритм Пріма.....	328
ТЕМА 12. ЕВРИСТИЧНІ ТА КРИПТОГРАФІЧНІ АЛГОРИТМИ.....	322
12.1. Основи евристичних алгоритмів.....	322
12.2. Застосування евристичних алгоритмів.....	334
12.3. Криптографічні алгоритми.....	338
12.4. Симетричні крипто алгоритми.....	340
СПИСОК ТЕРМІНІВ.....	353
ЛІТЕРАТУРА.....	357