

004.42
P57

КОМП'ЮТИНГ

Ю.В. Ришковець, В.А. Висоцька

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ

Частина 2

Навчальний посібник



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Ю. В. Ришковець, В. А. Висоцька

**АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА
ПРОГРАМУВАННЯ**

Частина 2

Навчальний посібник

**«Новий Світ-2000»
Львів - 2020**

Рецензенти:

- Гожий О. П.* - доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили;
- Голоцук Р. О.* - кандидат технічних наук, доцент кафедри соціальних комунікацій та інформаційної діяльності Інституту гуманітарних та соціальних наук Національного університету «Львівська політехніка»;
- Литвиненко В. І.* доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформатики і комп'ютерних наук Херсонського технічного університету;
- Маріуца У. Б.* - кандидат технічних наук, доцент кафедри систем автоматизованого проектування, декан базової вищої освіти, заступник директора інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка»;
- Бісікало О. В.* доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та інформаційно-виміральної техніки Вінницького національного технічного університету;
- Шаховська Н. Б.* - доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем штучного інтелекту Національного університету «Львівська політехніка».

*Гриф надано Науково-методичною радою
Національного університету «Львівська політехніка»
(Протокол № 33 від «13» грудня 2017 р.)*

Ришковець Ю. В., Висоцька В. А.

Алгоритмізація та програмування. Частина 2: навчальний посібник – Львів:
Видавництво «Новий Світ - 2000», 2020. – 314с.
ISBN 978-617-7519-17 0

Навчальний посібник містить матеріал для вивчення основних теоретичних засад, функціональних можливостей та практичного застосування теорії алгоритмів та основ програмування, розроблення прикладних засобів та інформаційних систем аналізу та опрацювання інформації за допомогою алгоритмів. Теоретичний та практичний матеріал викладено у доступній формі. Викладення матеріалу супроводжується значною кількістю прикладів, що полегшує його сприйняття та засвоєння. Подается перелік питань та тестів для самоконтролю, а також завдань для самостійного виконання трьох рівнів складності. Навчальний посібник призначається для студентів, що навчаються за спеціальностями 122 «Комп'ютерні науки», 124 «Системний аналіз», 126 «Інформаційні системи та технології» та споріднених спеціальностей, які пов'язані з інформатикою та інформаційними технологіями. Він може бути використаний аспірантами як підґрунтя для наукових досліджень та викладачами як дидактичний матеріал, а також для самостійного вивчення. Книга призначена для спеціалістів із проектування, розроблення та впровадження інтелектуальних систем опрацювання інформаційних ресурсів, науковців у галузі глобальних інформаційних системи, систем штучного інтелекту, Інтернет-технологій, фахівців з електронної комерції, Інтернет-маркетингу та Інтернет-реклами, менеджерів комплексних Web-проектів, а також для здобувачів 3-ого (освітньо-наукового) рівня вищої освіти в галузі знань 12 «Інформаційні технології». Кожний розділ закінчується переліком питань для самоконтролю, прикладом тестових питань з відповідями та переліком індивідуальних завдань для виконання лабораторних робіт.

ЗМІСТ

Вступ	8
Розділ 1. Динамічні структури даних та алгоритми їх опрацювання	17
1.1. Поняття структури даних.....	17
1.2. Зв'язний розподіл пам'яті.....	20
1.3. Структурні та лінійні типи даних.....	21
1.3.1. Масив.....	21
1.3.2. Множина.....	24
1.3.3. Запис (прямий декартовий добуток).....	25
1.3.4. Таблиця.....	26
1.4. Списки.....	27
1.4.1. Зв'язний список.....	27
1.4.2. Лінійний однозв'язний список.....	28
1.4.2.1. Створення елемента списку.....	30
1.4.2.2. Операції включення й виключення елементів списку.....	30
1.4.2.3. Збереження списку в пам'яті.....	30
1.4.2.4. Додавання вузла.....	31
1.4.2.5. Алфавітно-частотний словник.....	33
1.4.2.6. Видалення вузла.....	34
1.4.3. Циклічний лінійний список.....	35
1.4.4. Двозв'язний лінійний список.....	35
1.4.4.1. Операції з двозв'язним списком.....	36
1.4.5. Багатозв'язний список.....	39
1.5. Стеки.....	40
1.5.1. Реалізація стеку за допомогою масиву.....	41
1.5.2. Реалізація стека за допомогою списку.....	43
1.5.2.1. Додавання елемента у вершину стека.....	44
1.5.2.2. Отримання верхнього елемента з вершини стека.....	44
1.5.3. Системний стек в програмах.....	46
1.6. Черги.....	46
1.6.1. Реалізація черги за допомогою масиву.....	47
1.6.2. Реалізація черги за допомогою списку.....	49
1.6.2.1. Додавання елемента в кінець черги.....	49
1.6.2.2. Приклад відображення на список.....	49
1.7. Деки.....	51
1.8. Питання для самоперевірки.....	54
1.9. Тестові завдання.....	55
1.10. Ключ до тестових завдань.....	59
1.11. Індивідуальні завдання для виконання лабораторних робіт.....	59
Розділ 2. Алгоритми пошуку та хешування	65
2.1. Пошукові алгоритми та їх загальна класифікація.....	65
2.1.1. Лінійний пошук.....	65
2.1.2. Двійковий (бінарний) пошук елемента в масиві.....	65
2.1.3. Пошук методом Фібоначчі.....	66
2.1.4. Інтерполяційний пошук.....	66
2.1.5. Бінарний пошук із визначенням найближчих вузлів.....	67
2.2. Хешування даних.....	69
2.2.1. Поняття хеш-функції.....	69
2.2.2. Хеш-таблиці.....	70
2.2.2.1. Таблиці з прямою адресацією.....	70
2.2.2.2. Хеш-таблиці.....	71
2.2.3. Алгоритми хешування.....	72

2.2.4. Динамічне хешування.....	73
2.2.4.1. Означення динамічного хешування.....	73
2.2.4.2. Розширюване хешування.....	74
2.2.4.3. Функції, що зберігають порядок ключі.....	75
2.2.5. Методи розв'язування колізій.....	75
2.2.6. Уникнення колізій за допомогою ланцюгів.....	78
2.2.7. Переповнення таблиці і рехешування.....	80
2.2.8. Хеш-функції.....	81
2.2.9. Відкрита адресація.....	84
2.2.10. Оцінювання якості хеш-функції.....	89
2.3. Пошук з використанням хеш-функції.....	90
2.4. Питання для самоперевірки.....	91
2.5. Тестові завдання.....	92
2.6. Ключ до тестових завдань.....	93
2.7. Індивідуальні завдання для виконання лабораторних робіт.....	93
Розділ 3. Алгоритми сортування.....	96
3.1. Методи внутрішнього сортування.....	96
3.1.1. Сортування обміном (метод бульбашки).....	97
3.1.2. Шейкерне сортування.....	101
3.1.3. Сортування вставкою (включенням).....	102
3.1.3.1. Опис алгоритму сортування методом включення.....	103
3.1.3.2. Аналіз алгоритму сортування методом включення.....	106
3.1.3.2.1. Аналіз псевдокоду алгоритму.....	106
3.1.3.2.2. Машина з довільним доступом до пам'яті.....	107
3.1.3.2.3. Аналіз алгоритму сортування методом включення.....	108
3.1.3.2.4. Порядок зростання.....	ПО
3.1.3.2.5. Асимптотичні позначення.....	111
3.1.3.2.6. Порівняння функцій.....	114
3.1.4. Сортування включенням зі спадним приростом (метод Шелла).....	115
3.1.5. Сортування прямим вибором.....	118
3.1.6. Швидке сортування (метод Хоара).....	120
3.1.6.1. Опис алгоритму сортування методом Хоара.....	120
3.1.6.2. Аналіз алгоритму сортування методом Хоара.....	122
3.1.6.3. Ефективність швидкого сортування.....	125
3.1.6.4. Випадкова версія швидкого сортування.....	127
3.1.6.5. Порядкові статистики.....	129
3.1.6.6. Вибір за лінійний час.....	130
3.1.7. Сортування за допомогою дерева.....	133
3.1.8. Сортування за лінійний час.....	134
3.1.8.1. Нижня оцінка алгоритмів сортування.....	134
3.1.8.2. Сортування підрахунком.....	136
3.1.8.3. Сортування за розрядами.....	138
3.1.9. Піраміди.....	140
3.1.9.1. Означення, призначення та властивості піраміди.....	140
3.1.9.2. Підтримка властивості піраміди.....	141
3.1.9.3. Створення піраміди.....	143
3.1.9.4. Пірамідальне сортування.....	145
3.1.9.5. Побудова піраміди методом Флойда.....	148
3.1.9.6. Аналіз алгоритму пірамідального сортування.....	149
3.1.9.7. Черги з пріоритетами.....	150
3.1.10. Сортування методом злиття.....	153
3.1.10.1. Аналіз алгоритму сортування методом злиття.....	154

3.1.10.1.1. Метод декомпозицій.....	154
3.1.10.1.2. Підрахунок інверсій.....	160
3.1.10.1.3. Добуток матриць.....	163
3.1.11. Методи порозрядного сортування.....	165
3.1.11.1. Порозрядне сортування для списків.....	165
3.1.11.2. Порозрядне сортування для масивів.....	167
3.1.11.3. Ефективність порозрядного сортування.....	168
3.2 Методи зовнішнього сортування.....	168
3.2.1. Пряме злиття.....	169
3.2.2. Природне злиття.....	170
3.2.3. Збалансоване багатошляхове злиття.....	171
3.2.4. Багатофазне сортування.....	171
3.3. Питання для самоперевірки.....	173
3 4 Тестові завдання.....	173
3.5 Ключ до тестових завдань.....	175
3.6 Індивідуальні завдання для виконання лабораторних робіт.....	175
Розділ 4. Нелінійні структури даних та алгоритми їх опрацювання.....	177
4.1. Дерево.....	177
4.1.1. Основні поняття та властивості дерев.....	177
4.1.2. Подання дерев у програмуванні.....	178
4.1.3. Алгоритми обходу дерева вглиб та вшир.....	179
4.1.4. Бінарне (двійкове) дерево.....	180
4.1.5. Реалізація двійкових дерев у мові С.....	181
4.1.5.1. Опис вершини.....	181
4.1.5.2. Дерева мінімальної висоти.....	182
4.1.5.3. Формування бінарного дерева.....	184
4.1.5.4. Алгоритм обходу бінарного дерева.....	184
4.1.6. Пошук за допомогою дерева.....	185
4.1.6.1. Побудова дерева пошуку.....	187
4.1.6 2. Пошук по дереву.....	187
4.1.7. Сортування за допомогою дерева пошуку.....	188
4.1.7.1. Пошук однакових елементів.....	188
4 17.2. Робота з бінарними деревами пошуку.....	189
4.1.7.3. Побудова частотного словника.....	194
4.1.7.4. Аналіз алгоритму пошуку.....	194
4.1.8. Розбір арифметичного виразу.....	194
4.1.8.1. Дерево для арифметичного виразу.....	194
4.1.8.2. Форми запису арифметичного виразу.....	195
4.1.8.3. Алгоритм побудови дерева.....	195
4.1.8.4. Обчислення виразу по дереву.....	197
4.1.8.5. Розбір виразу з дужками.....	198
4.1.8.6. Багатозначні числа і змінні.....	199
4.1.8.7. Спрощення виразу за допомогою дерева.....	200
4.1.8.8. Операція виключення з бінарного дерева.....	201
4.1.8.9. Подання бінарного дерева в прямокутній пам'яті.....	202
4.1.8.10. Застосування бінарних дерев.....	202
4.1.8.11. Збалансоване дерево.....	204
4.1.9. Дерево ігор.....	205
4.1.10. Бінарні дерева пошуку.....	206
4.1.10.1. Структура бінарного дерева.....	206
4.1.10.2. Пошук вузла.....	208
4.1.10.3. Пошук мінімуму і максимуму.....	208

4.1.10.4. Попередній і наступний елементи.....	209
4.1.10.5 Вставка вершини як нового значення.....	210
4.1.10.6 Видалення вузла.....	211
4.1.11. Червоно-чорні дерева.....	212
4.1.11.1 Властивості червоно-чорних дерев.....	213
4.1.11.2. Основні операції.....	216
4.1.11.3. Повороти.....	218
4.1.11.4. Вставка вузла.....	219
4.1.11.5. Видалення вузла.....	225
4.1.11.6. Динамічні порядкові статистики.....	230
4.1.11.7. Біноміальні піраміди.....	232
4.1.11.8. Операції над біноміальними пірамідами.....	234
4.2. Граф.....	238
4.2.1. Основні поняття графу.....	238
4.2.2. Опис графів та подання графу в пам'яті комп'ютера.....	239
4.2.3. Алгоритми проходження графу.....	242
4.2.3.1. Алгоритм проходження графу вглиб.....	242
4.2.3.2. Алгоритм проходження графу вшир.....	243
4.2.4. Цікаві задачі на графах.....	244
4.2.4.1. Топологічне сортування.....	244
4.2.4.2. Пошук мостів.....	244
4.2.4.3. Задача про максимальний потік.....	245
4.2.4.4. Знаходження найкоротшої відстані.....	246
4.3. Рекурентні співвідношення.....	252
4.3.1. Метод підстановки.....	253
4.3.2. Метод дерев рекурсії.....	255
4.3.3. Основний метод.....	257
4.3.4. Доведення основної теореми.....	259
4.4. Підходи до розроблення алгоритмів на основі графів та дерев.....	262
4.4.1. Жадібні алгоритми.....	263
4.4.1.1. Поняття жадібного алгоритму.....	263
4.4.1.2. Приклади жадібних алгоритмів.....	263
4.4.1.2.1. Задача складання розкладів.....	264
4.4.1.2.2. Складання розкладів з мінімізацією запізень.....	265
4.4.1.2.3. Складання розкладів із вагами робіт.....	268
4.4.1.2.4. Алгоритм Шеннона-Фано.....	270
4.4.1.2.5. Алгоритм Хафмана.....	272
4.4.1.2.6. Мінімальні кістякові дерева.....	274
4.4.1.2.7. Задача Пріма-Крускала.....	275
4.4.1.2.8. Алгоритм Пріма.....	277
4.4.1.2.9. Алгоритм Крускала.....	279
4.4.1.2.10. Найкоротший шлях.....	281
4.4.1.2.11. Алгоритм Флойда-Уоршелла.....	282
4.4.1.2.12. Оптимальне розміщення.....	283
4.4.1.2.13. Задача про комівояжера.....	284
4.4.1.2.14. Алгоритм Літгла.....	286
4.4.1.2.15. Задача про парасполучення.....	289
4.4.1.3. Оптимальність для підзадач.....	291
4.4.1.4. Відмінність від динамічного програмування.....	292
4.4.2. Динамічне програмування.....	292
4.4.2.1. Задача складання розкладу зважених інтервальних робіт.....	292
4.4.2.2. Принципи динамічного програмування.....	296

4.4.2.3. Задача пошуку підмножин сум.....	298
4.4.2.4 Задача про рюкзак.....	300
4.4.2.5. Вирівнювання послідовностей.....	301
4.5. Питання для самоперевірки.....	304
4.6. Тестові завдання.....	305
4.7. Ключ до тестових завдань.....	306
4.8. Індивідуальні завдання для виконання лабораторних робіт.....	307
Список використаних джерел.....	310