

**Міністерство освіти та науки України**

**Н.Б. Шаховська, Р.О. Голощук**

# **Алгоритми і структури даних**

**ПОСІБНИК**

**СЕРІЯ “КОМП’ЮТИНГ”**

За загальною редакцією д.т.н., професора В. В. Пасічника

**Видавництво ПП «Магнолія 2006»**

**Львів 2024**

УДК 004.422.63(075)  
ББК 32.973.2-018 я 7  
Ш 32

*Відтворення цієї книжки або будь-якої її частини заборонено без письмової згоди видавництва. Будь-які спроби порушення авторських прав будуть переслідуватися у судовому порядку*

*Гриф надано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для вищих навчальних закладів*

Ш 32

**Рецензенти:**

**М.О. Медиковський** – д.т.н., професор, професор кафедри автоматизованих систем управління Національного університету „Львівська політехніка”;

**Я.М. Матвійчук** – д.т.н., професор, завідувач кафедри інформаційних систем та технологій інституту підприємництва та перспективних технологій при Національному університеті „Львівська політехніка”;

**Г.Г. Цегелик** – завідувач кафедра математичного моделювання соціально-економічних процесів Львівського Національного університету.

Н.Б. Шаховська, Р.О. Голощук

**Алгоритми і структури даних:** навч. посіб. / Н.Б. Шаховська, Р.О. Голощук — Львів – Видавництво «Магнолія 2006», 2024. — 215 с.

**ISBN 978-966-2025-95-8**

У посібнику розглядаються статичні й динамічні структури даних і методи роботи з деревами та графами. Проаналізовано алгоритми пошуку та сортування. Уводиться поняття хеш-функції та подаються правила її вибирання.

Проаналізовано поняття обчислювальної складності, визначено класи алгоритмів та задач.

Буде корисним для студентів, що навчаються за напрямом підготовки фахівців «Комп’ютерні науки», «Системний аналіз».

**УДК 004.422.63(075)**

**ISBN 978-966-2025-95-8**

© Н.Б. Шаховська, Р.О. Голощук, 2024  
© “Магнолія 2006”, 2024

## ЗМІСТ

<b>РОЗДІЛ 1. БАЗОВІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ АЛГОРИТМІВ.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Визначення інформації.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Визначення алгоритму.....</b>	<b>17</b>
<b>1.3. Виконавці алгоритмів.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4. Способи описання алгоритмів.....</b>	<b>20</b>
<b>1.5. Властивості алгоритмів.....</b>	<b>21</b>
<b>1.6. Поняття обчислювальної складності.....</b>	<b>21</b>
<b>1.7. Класи алгоритмів.....</b>	<b>22</b>
1.7.1. Експоненційні алгоритми та перебір.....	22
1.7.2. Алгоритм із поверненнями назад.....	23
1.7.3. Машини Тьюринга.....	25
1.7.4. Рекурсія та її використання.....	28
1.7.5. Теза Чорча. Алгоритмічно нерозв'язні проблеми.....	31
<i>Резюме.....</i>	<i>31</i>
<i>Контрольні запитання.....</i>	<i>32</i>
<i>Тести для закріплення матеріалу.....</i>	<i>33</i>
<b>РОЗДІЛ 2. ПОНЯТТЯ Структури даних. Рівні подання структур даних.....</b>	<b>35</b>
<b>2.1. Поняття структури даних.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2. Рівні описуваннявання даних.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3. Класифікація структур даних у програмах користувача й у пам'яті комп'ютера.....</b>	<b>36</b>
<b>2.4. Основні види складених типів даних.....</b>	<b>37</b>
<b>2.5. Структури даних у пам'яті комп'ютера.....</b>	<b>37</b>
2.5.1. Структури даних в оперативній пам'яті.....	38
2.5.2. СД у зовнішній пам'яті.....	38
<i>Резюме.....</i>	<i>38</i>
<i>Контрольні запитання.....</i>	<i>39</i>
<i>Тести для закріплення матеріалу.....</i>	<i>39</i>
<b>РОЗДІЛ 3. СТРУКТУРНІ ТА ЛІНІЙНІ ТИПИ ДАНИХ.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1. Поняття структури даних типу «масив».....</b>	<b>41</b>
<b>3.2. Набір допустимих операцій для СД типу «масив».....</b>	<b>42</b>
<b>3.3. Дескриптор СД типу «масив».....</b>	<b>42</b>
<b>3.4. Ефективність масивів.....</b>	<b>43</b>
<b>3.5. Зберігання багатовимірних масивів.....</b>	<b>44</b>
<b>3.6. СД типу «множина».....</b>	<b>46</b>
<b>3.7. СД типу «запис (прямий декартовий добуток)».....</b>	<b>47</b>
<b>3.8. СД типу «таблиця».....</b>	<b>49</b>
<b>3.9. СД типу «стек».....</b>	<b>50</b>
3.9.1. Дескриптор СД типу «стек».....	52

3.9.2. Области застосування СД типу «стек».....	52
<b>3.10. СД типу «черга».....</b>	<b>53</b>
<b>3.11. СД типу «дек».....</b>	<b>55</b>
<i>Резюме.....</i>	<i>60</i>
<i>Контрольні запитання.....</i>	<i>60</i>
<i>Тести для закріплення матеріалу.....</i>	<i>61</i>
<b>РОЗДІЛ 4. ЗВ'ЯЗНИЙ РОЗПОДІЛ ПАМ'ЯТІ.....</b>	<b>64</b>
<b>4.1. СД типу вказівник.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2. Статичні й динамічні змінні.....</b>	<b>65</b>
4.2.1. Відмінності між статичними та динамічними змінними.....	65
4.2.2. Створення та знищення динамічних змінних.....	65
<b>4.3. Класифікація СД типу «зв'язний список».....</b>	<b>66</b>
<b>4.4. СД типу «лінійний однозв'язний список».....</b>	<b>67</b>
<b>4.5. СД типу «циклічний лінійний список».....</b>	<b>69</b>
<b>4.6. СД типу «двозв'язний лінійний список».....</b>	<b>69</b>
<b>4.7. Багатозв'язний список. Приклади.....</b>	<b>70</b>
<i>Резюме.....</i>	<i>72</i>
<i>Контрольні запитання.....</i>	<i>72</i>
<i>Тести для закріплення матеріалу.....</i>	<i>73</i>
<b>РОЗДІЛ 5. ХЕШУВАННЯ ДАНИХ.....</b>	<b>78</b>
<b>5.1. Поняття хеш-функції.....</b>	<b>78</b>
<b>5.2. Алгоритми хешування.....</b>	<b>79</b>
<b>5.3. Динамічне хешування.....</b>	<b>80</b>
5.3.1. Означення динамічного хешування.....	80
5.3.2. Розширюване хешування.....	81
5.3.3. Функції, що зберігають ключі.....	82
<b>5.3. Методи розв'язування колізій.....</b>	<b>82</b>
<b>5.4. Переповнення таблиці і рехешування.....</b>	<b>85</b>
<b>5.5. Оцінювання якості хеш-функції.....</b>	<b>86</b>
<i>Резюме.....</i>	<i>88</i>
<i>Контрольні запитання.....</i>	<i>89</i>
<i>Тести для закріплення матеріалу.....</i>	<i>89</i>
<b>РОЗДІЛ 6. НЕЛІНІЙНІ СТРУКТУРИ ДАНИХ: ДЕРЕВА.....</b>	<b>92</b>
<b>6.1. Дерево.....</b>	<b>92</b>
6.1.1. Визначення дерева.....	92
6.1.2. Бінарне дерево.....	93
6.1.3. Подання дерев у зв'язній пам'яті комп'ютера.....	93
6.1.4. Алгоритми проходження дерев углиб і вшир.....	95
6.1.5. Подання дерев у вигляді бінарних.....	96

---

6.1.5. Застосування бінарних дерев в алгоритмах пошуку.....	100
6.1.6. Операція включення в СД типу «бінарне дерево».....	101
Аналіз алгоритму пошуку.....	102
6.1.7. Операція виключення з бінарного дерева.....	102
6.1.8. Застосування бінарних дерев.....	104
<b>6.2. Види бінарних дерев.....</b>	<b>107</b>
6.2.1. Збалансоване дерево.....	107
6.2.2. Червоно-чорне дерево.....	107
<i>Резюме.....</i>	<i>114</i>
<i>Контрольні запитання.....</i>	<i>115</i>
<i>Тести для закріплення матеріалу.....</i>	<i>115</i>
<b>РОЗДІЛ 7. НЕЛІНІЙНІ СТРУКТУРИ ДАНИХ: ГРАФ.....</b>	<b>118</b>
<b>7.1. Поняття графу.....</b>	<b>118</b>
<b>7.2. Подання графу в пам'яті комп'ютера.....</b>	<b>119</b>
<b>7.3. Алгоритми проходження графу.....</b>	<b>121</b>
7.3.1. Алгоритм проходження графу вглиб.....	122
7.3.2. Алгоритм проходження графу вшир.....	124
<b>7.4. Інші задачі на графах.....</b>	<b>125</b>
7.4.1. Топологічне сортування.....	125
7.4.2. Пошук мостів.....	125
7.4.3. Задача про максимальний потік.....	126
7.4.4. Найкоротша відстань між вершинами (алгоритм Дейкстри).....	127
<i>Резюме.....</i>	<i>128</i>
<i>Контрольні запитання.....</i>	<i>129</i>
<i>Тести для закріплення матеріалу.....</i>	<i>129</i>
<b>РОЗДІЛ 8. АЛГОРИТМИ ПОШУКУ.....</b>	<b>132</b>
<b>8.1. Загальна класифікація алгоритмів пошуку.....</b>	<b>132</b>
<b>8.2. Лінійний пошук.....</b>	<b>132</b>
<b>8.3. Двійковий (бінарний) пошук елемента в масиві.....</b>	<b>133</b>
<b>8.4. Пошук методом Фібоначчі.....</b>	<b>134</b>
<b>8.5. М-блоковий пошук.....</b>	<b>135</b>
<b>8.6. Методи обчислення адреси.....</b>	<b>136</b>
<b>8.7. Інтерполяційний пошук елемента в масиві.....</b>	<b>137</b>
<b>8.8. Бінарний пошук із визначенням найближчих вузлів.....</b>	<b>138</b>
<b>8.9. Пошук у таблиці.....</b>	<b>140</b>
<b>8.10. Прямий пошук рядка.....</b>	<b>141</b>
<b>8.11. Алгоритм Ахо-Корасик.....</b>	<b>142</b>
<b>8.12. Алгоритм Моріса-Прата.....</b>	<b>142</b>
<b>8.13. Алгоритм Кнута, Моріса і Пратта.....</b>	<b>144</b>
<b>8.14. Алгоритм Рабіна-Карпа.....</b>	<b>145</b>

---

<b>8.15. Алгоритм Боуера і Мура</b> .....	147
<b>8.16. Алгоритм Хорспула</b> .....	148
<b>8.17. Порівняння методів пошуку</b> .....	149
<i>Резюме</i> .....	150
<i>Контрольні запитання</i> .....	150
<i>Тести для закріплення матеріалу</i> .....	150
<b>РОЗДІЛ 9. АЛГОРИТМИ СОРТУВАННЯ</b> .....	152
<b>9.1. Методи внутрішнього сортування</b> .....	152
9.1.1. Метод простого включення.....	153
9.1.3. Сортування шляхом підрахунку.....	155
9.1.2. Метод Шелла.....	155
9.1.4. Обмінне сортування.....	157
9.1.5. Сортування вибором.....	160
9.1.6. Сортування поділом (Хоара).....	161
9.1.7. Сортування за допомогою дерева.....	162
9.1.8. Пірамідальне сортування.....	165
9.1.9. Побудова піраміди методом Флойда.....	168
9.1.10. Сортування злиттям.....	169
9.1.11. Методи порозрядного сортування.....	171
Порозрядне сортування для масивів.....	175
Ефективність порозрядного сортування.....	176
<b>9.2. Методи зовнішнього сортування</b> .....	176
9.2.1. Пряме злиття.....	177
9.2.2. Природне злиття.....	178
9.2.3. Збалансоване багатопляхове злиття.....	178
9.2.4. Багатофазне сортування.....	181
<i>Резюме</i> .....	181
<i>Контрольні запитання</i> .....	182
<i>Тести для закріплення матеріалу</i> .....	182
<b>РОЗДІЛ 10. ЖАДІБНІ АЛГОРИТМИ</b> .....	186
<b>10.1. Поняття жадібного алгоритму</b> .....	186
<b>10.2. Відмінність між динамічним програмуванням і жадібним алгоритмом</b> .....	188
<b>10.3. Приклади жадібних алгоритмів</b> .....	188
10.3.1. Алгоритм Краскала.....	188
10.3.2. Алгоритм Шеннона-Фано.....	188
10.3.3. Алгоритм Хафмана.....	189
10.3.4. Алгоритм Пріма.....	193
<i>Резюме</i> .....	193
<i>Контрольні запитання</i> .....	194

<i>Тести для закріплення матеріалу</i> .....	194
<i>Список термінів</i> .....	195
<i>Література до теоретичного курсу</i> .....	198
<b>ДОДАТКИ</b> .....	199
<b>ЗАВДАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ</b> .....	199
<i>Лабораторна робота №1</i> .....	199
<i>Лабораторна робота №2</i> .....	200
<i>Лабораторна робота №3</i> .....	201
<i>Лабораторна робота №4</i> .....	203
<i>Лабораторна робота №5</i> .....	205
<i>Лабораторна робота №6</i> .....	207
<i>Лабораторна робота №7</i> .....	209
<i>Лабораторна робота №8</i> .....	209
<i>Лабораторна робота №9</i> .....	210
<i>Лабораторна робота №10</i> .....	211

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Шаховська Наталія Богданівна  
Голощук Роман Олегович**

# **Алгоритми і структури даних**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

*для студентів інституту комп'ютерних наук та технологій  
стаціонарної та заочної форми навчання*

Керівник видавничого проекту *В. М. Піча*

Формат 70x100/16 . Умовн. друк. арк. 17,47.  
Гарнітура Таймс Нью Роман

ПП "Магнолія 2006"  
м. Львів-53, 79053, Україна, тел.+380503701957  
e-mail: magnol06@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції: серія  
ДК № 2534 від 21.06.2006 року,  
видане Державним комітетом інформаційної політики,  
телебачення та радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавництва "Магнолія 2006"