



คู่มือเรียนโครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม

Data Structure and Algorithm

- ครอบคลุมเนื้อหาทั้งโครงสร้างข้อมูล อัลกอริทึม ตลอดจนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอัลกอริทึม
- สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งในระดับปริญญาตรีและปริญญาโท
- มีตัวอย่างโค้ดโปรแกรมที่ภาษา C++ ภาษา Java เพื่อให้นักศึกษาสามารถทดลอง
- ครอบคลุมเนื้อหา ฝึกทบทวน ๑๓๓ ข้อ

ฉบับสมบูรณ์

2nd Edition



สารบัญ

| | | |
|----------------|--|-----------|
| บทที่ 1 | รู้จักกับโครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม | 1 |
| | โครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึมคืออะไร..... | 1 |
| | ประโยชน์ของโครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม..... | 2 |
| | ผังงาน (Flow Chart) | 3 |
| | โค้ดรหัสเทียม (Pseudo code)..... | 5 |
| | Abstract Data Type | 6 |
| | ประเภทของอัลกอริทึม | 8 |
| | สรุปเนื้อหาบทที่ 1 | 10 |
| | แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1 | 10 |
| | | |
| บทที่ 2 | การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอัลกอริทึม (Performance Analysis of Algorithms) | 13 |
| | คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอัลกอริทึม..... | 13 |
| | ลอการิทึม (Logarithms)..... | 13 |
| | ผลรวม (Summation)..... | 14 |
| | เลขยกกำลัง (Logarithm)..... | 14 |
| | การวัดประสิทธิภาพอัลกอริทึม..... | 16 |
| | การวิเคราะห์ที่หน่วยความจำที่ใช้ประมวลผล (Space Complexity Analysis)..... | 16 |
| | การวิเคราะห์เวลาที่ใช้ประมวลผล (Time Complexity Analysis)..... | 16 |
| | อัตราการเติบโตของอัลกอริทึม (Algorithm Growth Rates)..... | 18 |
| | อัตราการเติบโต Big-O..... | 18 |
| | อัตราการเติบโต Big-Omega (Ω)..... | 20 |
| | อัตราการเติบโต Big-Theta (Θ)..... | 21 |
| | อัตราการเติบโต Little-o..... | 22 |
| | อัตราการเติบโต Little-omega..... | 22 |

| | |
|--|----|
| เปรียบเทียบอัตราการเติบโตของอัลกอริทึม..... | 23 |
| การนับตัวดำเนินการ (Operation Counts)..... | 23 |
| นับตัวดำเนินการแบบค่าคงที่ (Constant)..... | 23 |
| นับตัวดำเนินการแบบลูปลำดับ (Linear loops)..... | 24 |
| นับตัวดำเนินการแบบลูปลอการิทึม (Logarithmic loops)..... | 26 |
| นับตัวดำเนินการแบบลูปซ้อน (Nested loops)..... | 28 |
| ฟังก์ชันอัตราการเติบโตตามการวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึม..... | 31 |
| การวิเคราะห์ Best-case, Worst-case และ Average-case..... | 32 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 2..... | 33 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2..... | 33 |

บทที่ 3 อาร์เรย์ และการอ้างอิงข้อมูลในหน่วยความจำ (Array and Referent Data in Memory) 35

| | |
|---|----|
| รู้จักกับอาร์เรย์ (Array)..... | 35 |
| อาร์เรย์ 1 มิติ..... | 36 |
| ประกาศอาร์เรย์ 1 มิติ แบบมีขนาดค่าจำนวนข้อมูลที่ตรงกันชัดเจน..... | 36 |
| ประกาศอาร์เรย์ 1 มิติแบบกำหนดขนาดอาร์เรย์..... | 38 |
| อาร์เรย์หลายมิติ..... | 40 |
| การอ้างอิงข้อมูลในหน่วยความจำ..... | 42 |
| การอ้างอิงข้อมูลในหน่วยความจำภาษา C..... | 42 |
| การอ้างอิงข้อมูลในหน่วยความจำภาษา C..... | 44 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 3..... | 45 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3..... | 45 |

บทที่ 4 ลิงค์ลิสต์ (Linked-List)..... 47

| | |
|--|----|
| ลิงค์ลิสต์ที่ทิศทางเดียว (Singly Linked-List)..... | 48 |
| การสร้างและใช้งานลิงค์ลิสต์ที่ทิศทางเดียวในภาษา Java..... | 48 |
| การสร้างและใช้งานลิงค์ลิสต์ที่ทิศทางเดียวในภาษา C..... | 51 |
| การจัดการลิงค์ลิสต์ที่ทิศทางเดียว..... | 53 |
| การสร้างส่วนหัวและหางที่ใหม่ในลิงค์ลิสต์ที่ทิศทางเดียว..... | 53 |
| การค้นหาตำแหน่งโหนดที่ต้องการลบหรือแทรกโหนดในลิงค์ลิสต์ที่ทิศทางเดียว..... | 54 |
| การลบโหนดในลิงค์ลิสต์ที่ทิศทางเดียว..... | 56 |
| การแทรกโหนดใหม่ในลิงค์ลิสต์ที่ทิศทางเดียว..... | 59 |
| การนำข้อมูลในลิงค์ลิสต์ที่ทิศทางเดียวออกมาแสดงผล..... | 62 |

| | |
|---|-------|
| การเปลี่ยนโครงสร้างลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียว..... | ..... |
| การอ้างอิงส่วนท้าย: (Tail References)..... | ..... |
| ลิมิตโหนด (Dummy Node)..... | ..... |
| ตัวอย่างการสร้างลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียว..... | ..... |
| ลิงค์ลิสต์แบบสองทิศทาง (Doubly Linked-List)..... | ..... |
| โครงสร้างลิงค์ลิสต์แบบสองทิศทางภาษา Java..... | ..... |
| โครงสร้างลิงค์ลิสต์แบบสองทิศทางภาษา C..... | ..... |
| การจัดการลิงค์ลิสต์แบบสองทิศทาง..... | ..... |
| การดึงราคาจากหน่วยโหนดในลิงค์ลิสต์แบบสองทิศทาง..... | ..... |
| การลบโหนดในลิงค์ลิสต์แบบสองทิศทาง..... | ..... |
| การแทรกโหนดข้อมูลใหม่ในลิงค์ลิสต์แบบสองทิศทาง..... | ..... |
| ตัวอย่างการสร้างลิงค์ลิสต์แบบสองทิศทาง..... | ..... |
| ลิงค์ลิสต์แบบวงกลม (Circular Linked-List)..... | ..... |
| การจัดการลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียวแบบวงกลม..... | ..... |
| การเพิ่มค่าจำนวนโหนดที่ต้องการลบหรือทุกโหนดในลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียวแบบวงกลม..... | ..... |
| การลบโหนดในลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียวแบบวงกลม..... | ..... |
| การแทรกโหนดใหม่ในลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียวแบบวงกลม..... | ..... |
| ตัวอย่างการสร้างลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียวแบบวงกลม..... | ..... |
| ลิงค์ลิสต์แบบจำกัดขนาด (Static Linked-List)..... | ..... |
| การจัดการลิงค์ลิสต์โครงสร้างอาร์เรย์..... | ..... |
| สร้างลิงค์ลิสต์โครงสร้างอาร์เรย์..... | ..... |
| การตรวจพบการเข้าถึงในลิงค์ลิสต์โครงสร้างอาร์เรย์..... | ..... |
| การค้นหาตำแหน่งว่างในลิงค์ลิสต์โครงสร้างอาร์เรย์..... | ..... |
| การเพิ่มข้อมูลในลิงค์ลิสต์โครงสร้างอาร์เรย์..... | ..... |
| การค้นหาข้อมูลในลิงค์ลิสต์โครงสร้างอาร์เรย์..... | ..... |
| การลบข้อมูลในลิงค์ลิสต์โครงสร้างอาร์เรย์..... | ..... |
| การแทรกโหนดข้อมูลใหม่ในลิงค์ลิสต์โครงสร้างอาร์เรย์..... | ..... |
| ตัวอย่างการสร้างลิงค์ลิสต์โครงสร้างอาร์เรย์..... | ..... |
| การนำลิงค์ลิสต์ไปใช้งาน..... | ..... |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 4..... | ..... |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4..... | ..... |

บทที่ 5 สแต็ก (Stack).....

| | |
|---|-------|
| ตัวอย่างการนำหลักการของสแต็กไปใช้งาน (Simple Application of the Stack)..... | ..... |
| เครื่องมือที่ใช้สร้างสแต็ก..... | ..... |

| | |
|--|-----|
| การสร้างสแต็กด้วยโครงสร้างอาร์เรย์..... | 121 |
| การสร้างสแต็กด้วยโครงสร้างอาร์เรย์ในภาษา Java..... | 122 |
| การสร้างสแต็กด้วยโครงสร้างอาร์เรย์ในภาษา C..... | 124 |
| การสร้างสแต็กด้วยโครงสร้างลิงค์ลิสต์..... | 127 |
| การสร้างสแต็กด้วยโครงสร้างลิงค์ลิสต์ในภาษา Java..... | 127 |
| การสร้างสแต็กด้วยโครงสร้างลิงค์ลิสต์ในภาษา C..... | 130 |
| การนำสแต็กไปใช้งาน..... | 131 |
| การเปลี่ยนรูปแบบ infix ให้เป็น postfix..... | 131 |
| การคำนวณหาวงเล็บคloseset จากรูปแบบของ Postfix..... | 134 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 5..... | 137 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5..... | 138 |

บทที่ 6 คิว (Queue)..... 139

| | | |
|--|---|-----|
| เครื่องมือที่ใช้สร้างคิว..... | 5 | 141 |
| การสร้างคิวด้วยโครงสร้างลิงค์ลิสต์..... | | 142 |
| การสร้างคิวด้วยโครงสร้างลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียว..... | | 142 |
| การเพิ่มข้อมูลในคิวลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียว..... | | 142 |
| การนำข้อมูลออกจากคิวโครงสร้างลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียว..... | | 143 |
| การสร้างคิวด้วยโครงสร้างลิงค์ลิสต์ทิศทางเดียวแบบวงกลม..... | | 144 |
| การเพิ่มข้อมูลในคิวโครงสร้างลิงค์ลิสต์แบบวงกลม..... | | 144 |
| การนำข้อมูลออกจากคิวโครงสร้างลิงค์ลิสต์แบบวงกลม..... | | 146 |
| การสร้างคิวโครงสร้างลิงค์ลิสต์แบบวงกลมในภาษา Java..... | | 146 |
| การสร้างคิวโครงสร้างลิงค์ลิสต์แบบวงกลมในภาษา C..... | | 149 |
| การสร้างคิวด้วยโครงสร้างอาร์เรย์..... | | 151 |
| การค้นหาค่าตำแหน่งในการเพิ่มข้อมูลในคิวโครงสร้างอาร์เรย์แบบวงกลม..... | | 152 |
| การค้นหาค่าตำแหน่งในการนำข้อมูลออกจากคิวโครงสร้างอาร์เรย์แบบวงกลม..... | | 153 |
| การตรวจสอบคิวว่างและคิวเต็มในคิวอาร์เรย์แบบวงกลม..... | | 153 |
| การสร้างคิวโครงสร้างอาร์เรย์แบบวงกลมด้วยภาษา Java..... | | 153 |
| การสร้างคิวโครงสร้างอาร์เรย์แบบวงกลมในภาษา C..... | | 155 |
| การนำคิวไปใช้งาน..... | | 157 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 6..... | | 157 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6..... | | 157 |

บทที่ 7 ตรี (Tree)..... 159

| | |
|---|-----|
| รู้จักกับตรี (Tree)..... | 159 |
| คุณสมบัติเฉพาะของตรี (Terminology of Tree)..... | 160 |

| | |
|---|-----|
| รู้จักกับไบนารีทรี (Binary Tree) | 151 |
| คุณสมบัติของไบนารีทรี | 161 |
| การสร้างและการค้นหาในไบนารีทรี | 167 |
| การสร้างไบนารีทรีด้วยโครงสร้างลิงก์ลิสต์ | 164 |
| การจัดการข้อมูลในไบนารีทรีโครงสร้างลิงก์ลิสต์ | 165 |
| การค้นหาข้อมูลในไบนารีทรี | 163 |
| การเพิ่มโหนดข้อมูลในไบนารีทรี | 166 |
| การลบโหนดข้อมูลในไบนารีทรี | 169 |
| การท่องเข้าไปในไบนารีทรี | 177 |
| การสร้างไบนารีทรีด้วยโครงสร้างอาร์เรย์ | 182 |
| การจัดการข้อมูลในไบนารีทรีโครงสร้างอาร์เรย์ | 183 |
| รู้จักกับ K-ary ทรี | 190 |
| การจัดการ K-ary ทรี | 191 |
| การเพิ่มข้อมูลใน K-ary ทรี | 191 |
| การลบข้อมูลใน K-ary ทรี | 195 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 7 | 209 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7 | 210 |

บทที่ 8 ทรีประยุกต์ (Applied Tree)..... 211

| | |
|------------------------------------|-----|
| ทรีสมดุลแบบ AVL Tree | 211 |
| การสร้าง AVL Tree | 213 |
| การเพิ่มข้อมูลใน AVL Tree | 214 |
| การลบโหนดใน AVL Tree | 219 |
| ทรีสมดุลแบบ 2-3 Trees | 222 |
| กฎของ 2-3 Trees | 223 |
| โครงสร้างทรีของ 2-3 Trees | 224 |
| การท่องเข้าไปใน 2-3 Trees | 224 |
| การค้นหาข้อมูลใน 2-3 Trees | 225 |
| การเพิ่มข้อมูลใน 2-3 Trees | 227 |
| การลบข้อมูลใน 2-3 Trees | 231 |
| ทรีสมดุลแบบ 2-3-4 Trees | 236 |
| กฎของ 2-3-4 Trees | 237 |
| โครงสร้างทรีของ 2-3-4 Trees | 238 |
| การเพิ่มข้อมูลใน 2-3-4 Trees | 239 |
| การลบข้อมูลใน 2-3-4 Trees | 243 |

| | |
|---|-----|
| วิธีใส่ข้อมูลแบบ red-black Tree..... | 243 |
| การคำนวณและการทอยเข้าไปใน red-black Tree..... | 245 |
| การเพิ่มโหนดใน red-black Tree..... | 245 |
| การลบโหนดใน red-black Tree..... | 248 |
| Splay Tree..... | 251 |
| การหมุนใน Splay Tree..... | 251 |
| การเพิ่มโหนดลงใน Splay Tree..... | 253 |
| การลบโหนดออกจาก Splay Tree..... | 254 |
| Huffman Tree..... | 254 |
| การบีบอัดตัวอักษร..... | 255 |
| การถอดรหัสตัวอักษร..... | 255 |
| การเข้ารหัส Huffman..... | 255 |
| ขั้นตอนการบีบอัด Huffman..... | 257 |
| ขั้นตอนการถอดรหัส Huffman..... | 258 |
| B-Tree..... | 258 |
| คุณสมบัติ B-Tree..... | 258 |
| การเพิ่มโหนดใน B-Tree..... | 259 |
| การลบโหนดใน B-Tree..... | 260 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 8..... | 263 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 8..... | 263 |

บทที่ 9 แฮช (Hash) 265

| | |
|---|-----|
| แฮชฟังก์ชัน (Hash Functions)..... | 265 |
| การเลือกหลัก (Selection digits)..... | 267 |
| การบวกหลัก (Folding)..... | 267 |
| การหารเอาเศษ (Modular arithmetic)..... | 267 |
| การเปลี่ยนอักขระเป็นตัวเลข (Converting a character string to an integer)..... | 268 |
| การแก้ปัญหาการชนกันของแฮชคีย์ (Resolving Collision of Hash Keys)..... | 269 |
| การแก้ปัญหาการชนกันด้วยการหาแฮชเรสโพลต์ที่ใกล้เคียงที่สุด..... | 269 |
| การแก้ปัญหาการชนกันด้วยวิธีการปรับโครงสร้างตารางแฮช..... | 272 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 9..... | 274 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9..... | 274 |

บทที่ 10 ไทรี (Tries)..... 275

| | |
|------------------|-----|
| Simple Trie..... | 276 |
| Full Trie..... | 280 |

| | |
|-----------------------------|---|
| Compressed Tries | 3 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 10 | 7 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 10 | 8 |

บทที่ 11 ลำดับความสำคัญของคิวและฮีพ (Priority Queue and Heap)

| | |
|---|---|
| ลำดับความสำคัญของคิว (Priority Queue) | 2 |
| ค่าของลำดับความสำคัญ (Priority value) | 3 |
| เครื่องมือที่ใช้สำหรับคิวลำดับความสำคัญ | 3 |
| โครงสร้างอาร์เรย์ | 3 |
| โครงสร้างลิงก์ลิสต์ | 3 |
| โครงสร้างในหน่วย | 3 |
| ฮีพ (Heap) | 4 |
| การสร้างข้อมูลในฮีพ | 4 |
| การค้นหาในฮีพ | 4 |
| การดึงค่าในฮีพ | 4 |
| การจัดการฮีพในฮีพ | 4 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 11 | 7 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 11 | 8 |

บทที่ 12 การจัดเรียงข้อมูล (Sorting)

| | |
|--|---|
| อัลกอริทึมเรียงข้อมูล | 3 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบ Selection sort | 3 |
| วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียงข้อมูลแบบ Selection Sort | 3 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบ Bubble sort | 3 |
| วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียงข้อมูลแบบ Bubble Sort | 3 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบ Insert on Sort | 3 |
| วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียงข้อมูลแบบ Insertion Sort | 3 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบ Merge sort | 3 |
| วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียงข้อมูลแบบ Merge Sort | 3 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบ Quick Sort | 3 |
| วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียงข้อมูลแบบ Quick sort | 3 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบ Radix Sort | 3 |
| วิเคราะห์การเรียงข้อมูลแบบ Radix sort | 3 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบ Heap sort | 3 |

| | |
|---|-----|
| การเปรียบเทียบวิธีเรียงหรือเป็นโพลีโลจิก | 318 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบฮีล | 321 |
| วิเคราะห์การจัดเรียงข้อมูลแบบ Heap sort | 323 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบ Shell sort | 325 |
| วิเคราะห์การจัดเรียงข้อมูลแบบ Shell sort | 328 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบ Cocktail sort | 330 |
| วิเคราะห์การจัดเรียงข้อมูลแบบ Cocktai sort | 332 |
| การจัดเรียงข้อมูลแบบ Counting sort | 333 |
| วิเคราะห์การจัดเรียงข้อมูลแบบ Counting sort | 336 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 12 | 338 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 12 | 339 |

บทที่ 13 การค้นหาข้อมูล (Searching)..... 341

| | |
|---|-----|
| การค้นหาข้อมูลตัวเลขแบบลำดับ (Sequential search หรือ Linear search) | 341 |
| ค่าเฉลี่ยขั้นตอนการค้นหาข้อมูลแบบลำดับ | 342 |
| วิเคราะห์การค้นหาข้อมูลแบบลำดับ | 342 |
| การค้นหาข้อมูลตัวเลขแบบ Binary search หรือ Half-interval search | 343 |
| วิเคราะห์การค้นหาข้อมูลแบบไบนารี | 345 |
| การค้นหาข้อมูลข้อความแบบ Naïve String search | 347 |
| วิเคราะห์การค้นหาข้อมูลแบบ Naïve String search | 349 |
| การค้นหาข้อมูลข้อความแบบ Rabin-karp String search | 351 |
| ขั้นตอนการค้นหาข้อมูลแบบ Rabin-karp String search | 351 |
| วิเคราะห์การค้นหาข้อมูลแบบ Rabin-karp String search | 354 |
| การค้นหาข้อมูลตัวอักษรแบบ Boyer-Moore String search | 356 |
| ขั้นตอนการค้นหาข้อมูลแบบ Boyer-Moore String search | 355 |
| วิเคราะห์การค้นหาข้อมูลแบบ Boyer-Moore String search | 360 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 13 | 362 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 13 | 362 |

บทที่ 14 กราฟ (Graph)..... 363

| | |
|---------------------------------------|-----|
| โครงสร้างของกราฟ | 363 |
| ส่วนประกอบของกราฟ | 364 |
| ประเภทของเส้นทางการเชื่อมโยง | 364 |
| รูปแบบการเขียนกราฟในคอมพิวเตอร์ | 384 |
| น้ำหนักกราฟ (Weighted graph) | 365 |

| | |
|---|-----|
| ทิศทางกราฟเชิงวงรีงโหนด..... | 359 |
| ทิศทางกราฟวงโหนด..... | 359 |
| การสร้างกราฟ..... | 366 |
| การสร้างกราฟด้วยโครงสร้างอาร์เรย์..... | 366 |
| การสร้างกราฟด้วยโครงสร้างลิสต์..... | 367 |
| การท่องเข้าไปในกราฟ (Graph Traversals)..... | 367 |
| Depth-First Search..... | 368 |
| Breadth-First Search..... | 370 |
| การวางกราฟไปใช้งาน..... | 372 |
| Topological sorting..... | 372 |
| Possible Spanning Tree..... | 375 |
| DFS Spanning tree..... | 376 |
| BFS Spanning tree..... | 377 |
| Minimum Spanning Tree..... | 378 |
| Shortest Paths..... | 381 |
| Kruskal's Algorithm..... | 384 |
| Dijkstra's Algorithm..... | 386 |
| สรุปเนื้อหาบทที่ 14..... | 390 |
| แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 14..... | 390 |