



โครงการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ - ญี่ปุ่น

# โครงสร้างข้อมูล และ อัลกอริทึม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น



โครงการเรียนเรียงตำราสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

รายวิชา CPE-201 โครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม

เลขหนังสือ M	0150779
วันเดือนปี พ.ศ.	๑๙๘ ๒๕๖๐
เลขประจำหนังสือ	๐๐๙๔๓ ๗๑๓๖๘๔ ๑๕๖๐

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราการ ศรีเชวงทรัพย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ข้อมูลบรรณานุการของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Cataloguing in Publication Data

รายการ ศรีเชวงหารพับ

โครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม.—กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2560

462 หน้า

1. โครงสร้างข้อมูล (คอมพิวเตอร์), 2. อัลกอริทึม. | ชื่อเรื่อง

005.73

ISBN 978-616-7805-12-2

พิมพ์ครั้งที่ 1 500 เล่ม

จำนวนหน้า 462 หน้า

ลิขสิทธิ์ ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น  
6520210

จัดพิมพ์โดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1771/1 ถนนพิษณุโลก แขวงสวนหลวง เพชรบุนนาค กรุงเทพฯ

โทร. 0-2763-2600 โทรสาร 0-2763-2700

<http://www.lni.ac.th>

พิมพ์โดย โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท แขวงวังจันทร์ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

E-mail: [cuprint@hotmail.com](mailto:cuprint@hotmail.com), <http://www.cuprint.chula.ac.th>

## คำนำ

สำหรับโครงสร้างข้อมูลและวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ใน ให้ประกอบการสอนรายวิชา : CPF-201 โครงสร้างข้อมูลและ อัลกอริทึม สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น เมื่อห้าปีที่แล้วนี้จะถูกนำไปใช้ หมายความว่าผู้สอนสามารถเก็บไว้กับโครงสร้างข้อมูลและ อัลกอริทึม การวิเคราะห์ประดิษฐ์ภาพของอัลกอริทึม โครงสร้างข้อมูลแบบนี้จะต้องสืบทอด โครงสร้างข้อมูลแบบเดียวกัน โครงสร้างข้อมูลแบบเดียวกันนี้ โครงสร้างข้อมูลแบบกราฟ การเรียงลำดับข้อมูล และการค้นหาข้อมูล

โดยทั่วไปการเขียนโปรแกรมที่มีความซับซ้อนมาก ๆ นักมีบริมาณข้อมูลจำนวนมาก อย่างที่เป็น ในการนี้ที่ต้องการ เทคโนโลยีการเขียนโปรแกรมที่ดีกว่าเดิมมาก ให้กับองค์กรขนาดใหญ่ ผู้เขียนโปรแกรมสามารถใช้ได้กับโครงสร้างข้อมูลและ อัลกอริทึมที่เหมาะสม ในการจัดเก็บข้อมูล เพื่อช่วยให้การค้นหาข้อมูลหรือการเรียงลำดับข้อมูลที่ได้รับอย่างรวดเร็ว หาก ผู้เขียนโปรแกรมมีการวางแผนการเขียนโปรแกรมที่ดี ก็จะ ใช้โครงสร้างข้อมูลที่ไม่เหมาะสม อาจช่วยทำให้เสียเวลาในการค้นหาหรือจัดการกับข้อมูลนานกินไป ค่าจราจรที่ต้องใช้เวลาบนพื้นที่ทางบก โครงสร้างข้อมูลและวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้ง แสดงตัวอย่างโปรแกรม ที่นำไปใช้โครงสร้างข้อมูล ออกแบบหรือที่มาไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยผู้เขียนได้เลือกใช้ภาษาซี ใน การเขียนโปรแกรม เนื่องจากมีบังคับศึกษาที่ผู้เขียนใจได้เจ้าใจรับต้นการทำงานของอัลกอริทึม และสามารถนำไปประยุกต์เป็น ศึกษา และพัฒนาต่ออีกเพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ให้ ผู้อ่านสามารถทำความรู้สึกฐานการเขียนโปรแกรมภาษาซีมาระดับหนึ่ง อย่างเช่น ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างข้อมูลภาษาซี ตัวแปรประเภทตัวซี (C-type) และตัวแปรประเภทไฟล์สร้าง (Struct) ที่จะนำไปใช้ในการทำงานต่อไป แต่ผู้เขียนได้สรุปเนื้อหาไว้กับความรู้พื้นฐานของภาษาซี ซึ่งดำเนินการเขียน พัฒนาและฯลฯ ภาษาในตัวเรามี

ผู้เขียนภาคหนึ่งว่า สำหรับโครงสร้างข้อมูลและวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ ลับมี จึงจะต้องให้มีการศึกษา และผู้อ่านจะมีความเข้าใจ โครงสร้างข้อมูลและวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ และสามารถนำไปใช้กับภาษาซี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสานทางวิชาความรู้ให้กับผู้เขียน และขอขอบคุณครูของผู้เขียนที่ได้เป็นกำลังใจให้กับผู้เขียน ตลอดมา หากผู้อ่านท่านใดพบข้อผิดพลาดในส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือต้องการให้ข้อมูลเพิ่มเติม ผู้อ่านสามารถส่งมาได้ที่ อีเมลล์ address : warakorn@thai.ac.th เพื่อให้ผู้เขียนได้ปรับปรุงแก้ไขในการพิมพ์ครั้งล่าสุด

ผศ.ดร.วรากอร ศรีช่วงทรัพย์

คณะศิศิวนรนศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

## สารบัญ

บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม.....	1
1.1 ประเภทของโครงสร้างข้อมูล .....	1
1.2 อัลกอริทึม .....	2
1.3 ชนิดข้อมูลนามธรรม (ABSTRACT DATA TYPE หรือ ADT).....	9
1.4 การทำงานข้า.....	10
สรุปเนื้อหาบทที่ 1 .....	15
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1 .....	16
บทที่ 2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอัลกอริทึม .....	17
2.1 พัฒนาทรัพยากรีสурсที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึม.....	17
2.2 หลักการนับตัวดำเนินการ .....	17
2.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยพิจารณาการเรียกต่อ.....	22
2.4 สัญกรณ์เชิงเส้นกำกับ.....	23
สรุปเนื้อหาบทที่ 2 .....	36
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2 .....	38
บทที่ 3 โครงสร้างข้อมูลแบบลิงก์ลิสต์ (LINKED LIST).....	40
3.1 ลิงก์ลิสต์แบบทางเดียว (SINGLY LINKED LIST) .....	70
3.2 ลิงก์ลิสต์แบบ 2 ทิศทาง (DOUBLY LINKED LIST) .....	58
3.3 ลิงก์ลิสต์วงกลม (CIRCULAR LINKED LIST) .....	78
3.4 ตารางประชาร์ท (SPARSE TABLE) .....	118
สรุปเนื้อหาบทที่ 3 .....	120
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3 .....	121
บทที่ 4 โครงสร้างข้อมูลแบบสแตก (STACK) .....	122
4.1 องค์ประกอบของสแตก .....	123
4.2 การจัดการสแตก .....	123

4.3 ตัวอย่างการนำสมุดก้าวไปช่วยกันทำงาน .....	130
สรุปเนื้อหาบทที่ 4 .....	146
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4 .....	147
<b>บทที่ 5 โครงสร้างข้อมูลแบบคิว (QUEUE) .....</b>	<b>148</b>
5.1 คิวแบบเชิงเส้น .....	148
5.2 คิวแบบวงกลม (CIRCULAR QUEUE) .....	154
5.3 ห้องล่าหัวใจความสำคัญ (PRIORITY QUEUE) .....	165
5.4 ตัวอย่างการนำคิวไปประยุกต์ใช้งาน .....	176
สรุปเนื้อหาบทที่ 5 .....	180
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5 .....	182
<b>บทที่ 6 โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ (TREE) .....</b>	<b>183</b>
6.1 ลักษณะของต้นไม้ .....	183
6.2 ต้นไม้ทวิภาค (BINARY TREE) .....	184
6.3 ต้นไม้ค้นหาแบบทวิภาค (BINARY SEARCH TREE : BST) .....	188
6.4 การท่องไม้ในต้นไม้ค้นหาแบบทวิภาค .....	210
6.5 ต้นไม้ AVL (AVL TREE) .....	225
6.6 กรณีศูนย์ของต้นไม้ AVL .....	229
6.7 การนำอัลกอริทึมต้นไม้ไม้ไปใช้ในการวิจัย .....	255
สรุปเนื้อหาบทที่ 6 .....	263
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6 .....	265
<b>บทที่ 7 โครงสร้างข้อมูลแบบกราฟ (GRAPH) .....</b>	<b>268</b>
7.1 ลักษณะของกราฟ .....	269
7.2 ประเภทของกราฟ .....	270
7.3 ศพห์ที่ใช้ในโครงสร้างข้อมูลแบบกราฟ .....	271
7.4 การจัดเก็บข้อมูลของกราฟ .....	272
7.5 การท่องไม้ในกราฟ (GRAPH TRAVERSAL) .....	274

7.6 การนำภาษาไปใช้ในการแก้ปัญหาทาง ที่	288
สรุปเนื้อหาบทที่ 7	324
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7	326
<b>บทที่ 8 การเรียงลำดับข้อมูล (SORTING)</b>	<b>329</b>
8.1 การเรียงลำดับแบบแทรก (INSERTION SORT) .....	329
8.2 การเรียงลำดับแบบเลือก (SELECTION SORT) .....	332
8.3 การเรียงลำดับแบบฟอง (BUBBLE SORT) .....	335
8.4 การเรียงลำดับแบบฐาน (RADIX SORT) .....	339
8.5 การเรียงลำดับแบบผสาน (MERGE SORT) .....	343
8.6 การเรียงลำดับแบบ쉘ล์ (SHELL SORT) .....	350
8.7 การเรียงลำดับแบบเต้า (HEAP SORT) .....	355
8.8 การเรียงลำดับแบบเร็ว (QUICK SORT) .....	372
สรุปเนื้อหาบทที่ 8	379
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 8	382
<b>บทที่ 9 การค้นหาข้อมูล (SEARCHING)</b>	<b>383</b>
9.1 การค้นหาข้อมูลแบบตามลำดับ (SEQUENTIAL SEARCH) .....	383
9.2 การค้นหาข้อมูลแบบห้ามภาค (BINARY SEARCH) .....	385
9.3 การค้นหาข้อมูลแบบตัวชี้ที่เรียงลำดับ (INDEXED SEQUENTIAL SEARCH) .....	388
9.4 การค้นหาข้อมูลแบบมาตราจัช (HASHING SEARCH) .....	393
สรุปเนื้อหาบทที่ 9	431
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9	433
<b>ภาคผนวก</b>	<b>434</b>
<b>ตัวชี้</b>	<b>448</b>
<b>บรรณานุกรม</b>	<b>456</b>

# บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม

โครงสร้างข้อมูล หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่เป็นหนึ่งเดียว และการจัดเก็บข้อมูลภายในโครงสร้าง การจัดการโครงสร้างข้อมูลมีอยู่หลายประเภท คือ แบบที่ 1 ทางเข้าออกข้อมูล การศั้นหนาข้อมูล การแทรกข้อมูล และการลบข้อมูล โครงสร้างข้อมูลแต่ละแบบมีข้อดี-ข้อเสียแตกต่างกัน ในกรณีใช้งานทางพื้นาที่การวิเคราะห์ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์หากเลือกใช้โครงสร้างข้อมูลที่เหมาะสม จะช่วยไปให้การทำงานของโปรแกรมมีประสิทธิภาพมาก

## 1.1 ประเภทของโครงสร้างข้อมูล

โครงสร้างข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

### 1.1.1 โครงสร้างข้อมูลทางกายภาพ (Physical data structure)

โครงสร้างข้อมูลประภ�性นี้เป็นโครงสร้างที่ถูกกำหนดจากรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลในเมモรี่บันทึกข้อมูล อายุจะเป็นรายตัวๆ แบบต่อตัว และแผ่นดิน โดยโครงสร้างที่อยู่ในรูปแบบนี้จะประกอบไปด้วย 2 ประเภท ดังนี้

- ชนิดข้อมูลพื้นฐาน (Primitive data type) หมายถึง ชนิดของข้อมูลที่ไม่สามารถแบ่งแยกได้อีก และให้เป็นชนิดข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเพิ่มในรูปแบบพิเศษ ด้วยอย่างของชนิดข้อมูลพื้นฐานมีดังนี้ จำนวนเต็ม (Integer), จำนวนเดcimal (Floating point), ข้อมูลอักษร (Character) และข้อมูลทางตรรกะ (Boolean)

- ชนิดข้อมูลโครงสร้าง (Structured data type) หมายถึง ชนิดข้อมูลซึ่งรวมกลุ่มของข้อมูลพื้นฐานเข้าด้วยกัน โดยใช้ชื่อทั่วไปประดิษฐ์ สำหรับการเรียกตั้งแต่มาใช้งานข้อมูลนี้โครงสร้าง สามารถถูกทำให้ได้โดยใช้ตัวบีบซิปเป็นรูปแบบเดียว สามารถใช้ในโครงสร้าง ทั้งปัจจุบันและข้อมูลโครงสร้าง ได้แก่ แบบคำตัว (Array), แบบเร记 (Record), แบบเซต (Set) และไฟล์ (File)

### 1.1.2 โครงสร้างข้อมูลทางตรรกะ (Logical data structure)

โครงสร้างข้อมูลประภ�性นี้เป็นโครงสร้างข้อมูลทางตรรกะ มุ่งเน้นขอแสดงผู้ใช้งาน โดยมุ่งเจ้าสมາภิกภัยในโครงสร้างข้อมูล ไม่คำนึงถึงพื้นที่ของจาระ โครงสร้างข้อมูลประภ�性นี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- โครงสร้างข้อมูลแบบเชิงเส้น (Linear data structure) ได้แก่ โครงสร้างข้อมูลที่มีเส้นทางเรียบต่อเนื่องกันอย่างเรียบ โครงสร้างข้อมูลแบบคำตัว (Array), ลิสต์ (List), սլաք (Stack) และคิว (Queue)

- โครงสร้างข้อมูลแบบไม่เชิงเส้น (Non-linear data structure) ได้แก่ โครงสร้างข้อมูลที่สามารถแต่ละตัวสามารถเรียบต่อกับสมาชิกตัวอื่นได้หลายตัว อย่างเช่น โครงสร้างข้อมูลต้นไม้ (Tree) และกราฟ (Graph)

การดำเนินการที่บันทึกไว้ในโครงสร้างข้อมูลมีดังนี้

1. การท่อง (Traversing) เป็นการเข้าถึงสมาชิกทุกตัวของโครงสร้างนั้น