

05506006 โครงสร้างข้อมูล

Lecture 1: Introduction to Data Structure and Algorithms

ดร.รุ่งรัตน์ เวียงศรีพนาวัลย์

เค้าโครงการบรรยาย

- ความหมายของโครงสร้างข้อมูล
- ประเภทของโครงสร้างข้อมูล
- Abstract Data Type
- อัลกอริทึม (ขั้นตอนวิธี)
 - อัลกอริทึมคืออะไร
 - PseudoCode และผังงาน
 - การวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึม
 - Big Oh Notation
 - ตัวอย่างการเรียงแบบเลือก
 - การคิด Big Oh ของการเรียงแบบเลือก โดยนับจำนวนครั้งของการสลับที่และเปรียบเทียบ

โครงสร้างข้อมูลคืออะไร

- วิธีการเฉพาะในการจัดการข้อมูลคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถใช้งานคอมพิวเตอร์ (โปรแกรมคอมพิวเตอร์) อย่างมีประสิทธิภาพ
 - คอมพิวเตอร์ -> หน่วยความจำ/ดิสก์ (แต่ในชั้นเรียนนี้จะเน้นที่หน่วยความจำ)
- a particular way of organizing **data** in a computer so that it can be used **efficiently**. [wiki]
- Is the study of how the information is organized in a computer, how it can be manipulated and how it can be organized
- การศึกษาว่าข้อมูลถูกจัดการ จัดเก็บ จัดเรียง และเรียกใช้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างไรในคอมพิวเตอร์

ข้อมูล และ

ประเภทของข้อมูล: 1. Built-in (Primitive) Data Type

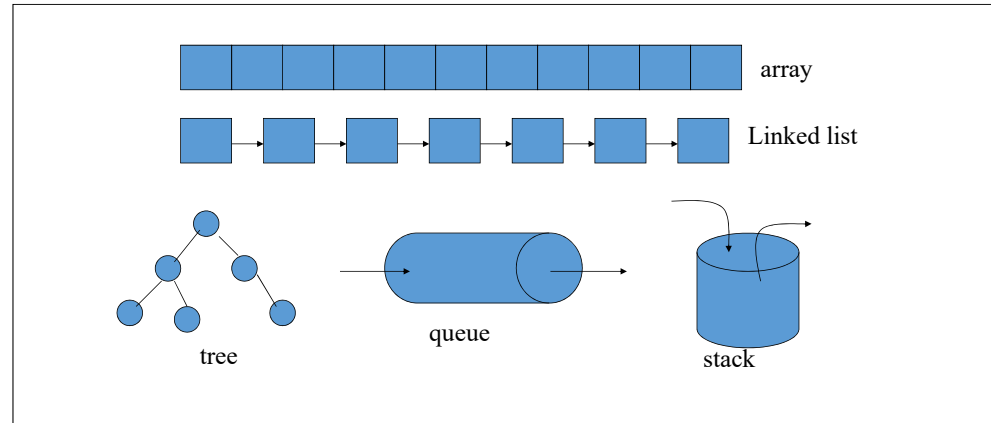
- ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในที่ใดที่หนึ่งในหน่วยความจำ
- ปกติจะอ้างถึงผ่านตัวแปร
- ข้อมูลเป็นได้ทั้งตัวเลข ตัวอักษร เรียกประเภทของข้อมูลว่า Data Type (ชนิดข้อมูล)
- ตัวอย่างชนิดข้อมูลในจาวา
 - เก็บจำนวนเต็ม
 - เก็บจำนวนจริง.....
 - เก็บตัวอักษร
- ชนิดข้อมูลที่ยกตัวอย่างเหล่านี้จัดเป็นโครงสร้างข้อมูลที่ทางภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เตรียมไว้ให้
 - เราเรียกโครงสร้างข้อมูลแบบนี้ว่า Built in Data Structure หรือ Primitive Data Structure

ประเภทของข้อมูล:

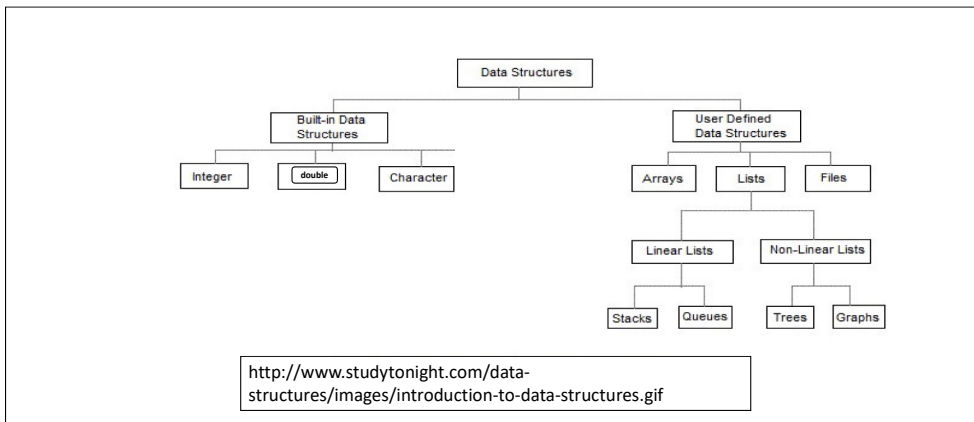
2. User Defined Data Structure

- แต่ข้อมูลที่จัดเก็บมีมากกว่าที่ทางภาษาโปรแกรมเตรียมไว้ เช่น การจัดเก็บข้อมูลนักศึกษาซึ่งมีทั้ง รหัสนักศึกษา (จำนวนเต็ม) ชื่อ นศ หรือ ข้อมูลคะแนนของนักศึกษาในวิชา จำนวน 10 คน ฯลฯ จึงมีความต้องการโครงสร้างข้อมูลที่ตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นมานี้
- นักวิทยาการคอมพิวเตอร์จึงมีการพัฒนาโครงสร้างข้อมูล จาก Built in Data Structure เป็น โครงสร้างข้อมูลที่มีความซับซ้อนมากขึ้น
- ตัวอย่างเช่น โครงสร้างข้อมูลประเภทลิสต์ (Link List) โครงสร้างข้อมูลแบบกองซ้อน (หรือสแตค - Stack) โครงสร้างข้อมูลแบบคิว (Queue) โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ และ โครงสร้างข้อมูลแบบกราฟ เป็นต้น
- โครงสร้างข้อมูลที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจะจัดอยู่ในกลุ่ม User Defined Data Structure หรือ Non-Primitive Data Structure
 - ภาษาโปรแกรมไม่มีให้
 - ผู้ใช้ต้องพัฒนาขึ้นตอนวิธีขึ้นมาในการใช้งาน

ตัวอย่างโครงสร้างข้อมูล



รูปแสดงประเภทของข้อมูล



Abstract Data Types (ADTs)

- Operations คือ สิ่งที่เกี่ยวข้องกัน
 - ตัวอย่างเช่น ข้อมูล ชนิดจำนวนเต็ม (int) Operations คือ บวก ลบ คูณ หาร
- ในการสร้างโครงสร้างข้อมูลขึ้นมาใหม่มีกระบวนการและองค์ประกอบหลักคือ

1. Declaration of Data: ต้องมีการกำหนดชนิดข้อมูลใหม่ขึ้นมา
2. Declaration of Operations: มีการบอกว่าผู้ใช้สามารถทำอะไรกับข้อมูลนี้ได้บ้าง => ตัวดำเนินการ (Operations)

1 และ 2 เป็นสิ่งที่ในทุก Data Structure มีเหมือนกัน เลยเรียกการกำหนดว่า **Abstract Data Types**

3. ทำการเขียนคำสั่ง ส่งโปรแกรมให้ทำงานตามฟังก์ชันของแต่ละ Operation

ตัวอย่างโครงสร้างข้อมูลในการกล่าวถึงแบบ ADT

- ยกตัวอย่างโครงสร้างข้อมูลแบบคิว
- โครงสร้างข้อมูลนี้เหมาะกับการจัดการข้อมูลตามลำดับ (ข้อมูลที่บันทึกก่อนจะถูกจัดการก่อน) เช่น การจองตั๋วหนัง ตั๋วรถไฟ การส่งไฟล์ให้ปริ้นเตอร์ทำการพิมพ์

G

FEDCB

A

queue

- ชนิดของข้อมูล
 - Queue
 - มีลักษณะ First-In-First-Out FIFO
- Operation
 - สร้างคิว
 - เพิ่มข้อมูลลงไปในคิว
 - ลบข้อมูลออกจากคิว
- สร้างคิวอย่างไร เพิ่มหรือลบข้อมูลออกจากคิวทำอย่างไร ADT จะไม่กล่าวถึง (จะไปกล่าวถึงในขั้นตอนการสร้างโครงสร้างข้อมูลใหม่นี้ขึ้นมาจริงๆ)

Abstract Data Type

- ADT เป็น First Step สำหรับ Data Structure ใหม่
 - เช่น ADT คิว - Type คิว, Operations : เพิ่มข้อมูลลงคิว ลบข้อมูลออกจากคิว คิวว่างหรือไม่ คิวเต็มหรือยัง
- เมื่อได้ ADT แล้ว จึงต้องทำการ implement ด้วยภาษาโปรแกรมที่เลือกใช้งาน
- ในโลกนี้มีภาษาโปรแกรมหลายภาษา
 - ถ้ามี 10 ภาษา ก็ต้องสร้าง(implement) 10 แบบ ใช่หรือไม่
 - ถ้าวันนี้ใช้ จาวา อีก 10 ปีมีภาษาใหม่ ชื่อ จีวี แล้วเราต้องทำการสร้างคิวด้วยภาษาใหม่ทุกครั้งเลยใช่หรือไม่
 - ถ้าใช่ ในการสร้างด้วยภาษาจีวี ต้องคิดใหม่ทำใหม่ทั้งหมดชนิดเริ่มจากศูนย์ ใช่หรือไม่ (หรือใช้โครงสร้างเดิมได้)
- ในการสร้างบ้านต้องมี
 - แบบบ้าน
 - ขั้นตอนในการสร้าง 1. ลงเสาเข็ม 2. เทพื้น เสร็จ
 - อิฐ หิน ดิน ทราย เสาเข็ม คาน เปลี่ยนยี่ห้อ แบบบ้าน และขั้นตอนหลายๆ ก็คงเดิม)
- ในการ implement โครงสร้างข้อมูลเป็นโปรแกรม ก็ต้องมีขั้นตอนที่ไม่ว่าจะใช้ภาษาโปรแกรมไหนก็ต้องทำเหมือนกัน
- เราเรียกขั้นตอนนี้ Algorithms หรือ ขั้นตอนวิธี

อัลกอริทึม: จงเขียนขั้นตอนในการทอดไข่เจียว 1 จาน

1. เตรียมไข่และเครื่องปรุง

อัลกอริทึม (ขั้นตอนวิธี) การทอดไข่เจียว 1 จาน



<http://www.byedee.com/default.php?ds=preview&title=%E4%A2%E8%E0%A8%D5%C2%C7-%BF%D9-%E0%A4%C5%E7%B4%C5%D1%BA&id=yaGNlwmpALHCEWS>

อัลกอริทึม: คำถาม

Q1: ถ้าครูให้นักศึกษาเขียนขั้นตอนการทำไข่เจียวเป็น ภาษาอังกฤษ ภาษาจีน ภาษาวันดา ;p โดยใช้ Google Translator นักศึกษาจะทำได้หรือไม่

Q2: ถ้าทำอย่างไร

Q3: ถ้านักศึกษาเขียนขั้นตอนการทำไข่เจียวได้ครบถ้วนกระบวนการ แล้วคนวันดา จะทอดไข่เจียวแล้ว ได้ไข่ดาวหรือไม่ ?

Q3: ถ้าเปลี่ยน ไข่ไก่ เป็น ไข่เป็ด ไข่นกกระทา ไข่นกกระจอกเทศ ขั้นตอนการทำไข่เจียวจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่

Q4: ถ้าเปลี่ยนจากซอสหอยนางรม เป็น ซอสแม็กกี้ ขั้นตอนจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่

Q5: ถ้าเปลี่ยนจากเตาแก๊สเป็นเตาถ่าน ขั้นตอนจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่

Q6: ให้นักศึกษาลองเขียนผังงานของขั้นตอนการทำไข่เจียว

ให้นักศึกษา เขียนขั้นตอนการทอดไข่เจียวเป็นผังงาน

อัลกอริทึม: ความหมายของอัลกอริทึมหรือขั้นตอนวิธี

- ชุดคำสั่งที่นำไปสู่การแก้ปัญหา
- มีการกำหนดลำดับในการทำงาน
- มีจำนวนคำสั่งที่จำกัด
- ซึ่งแต่ละคำสั่งมีความชัดเจนในตัวเอง
- สามารถกระทำได้โดยใช้ทรัพยากร (resource) ที่จำกัด
- ภายในเวลา (time) ที่จำกัด
- เช่น การเรียงข้อมูล การเดินทางจากคณะวิทยาศาสตร์ไปคณะ วิศวกรรม หรือ แม้กระทั่ง การทอดไข่เจียว ;)

- ทางคอมพิวเตอร์เรียกขั้นตอนการทำงาน ก่อนนำมาเขียนโปรแกรมว่า ขั้นตอนวิธีหรืออัลกอริทึม (Algorithm)

- นักคอมพิวเตอร์จะอธิบายอัลกอริทึมให้คนทั่วไปเข้าใจโดยไม่อิงกับภาษาโปรแกรมผ่านทาง Pseudocode หรือ ผังงาน

Pseudocode คืออะไร

- การเขียนขั้นตอนวิธีเป็นภาษามนุษย์ที่นักคอมพิวเตอร์เข้าใจ ;p

SummationofTwoNumber
Begin
 Read X;
 Read Y;
 Calculate X+Y;
 Print X+Y;
End

SummationofTenNumber
Begin
 sum=0;
 Loop 10 times
 Read X;
 Sum = Sum+X;
 End Loop
 Print Sum;
End

SummationofTenNumber
Begin
 sum=0; i =0;
 Loop while i<10
 Read X;
 Sum = Sum+X;
 i=i+1;
 End Loop
 Print Sum;
End

- PseudoCode จะไม่อิงกับภาษาโปรแกรมใด

SummationofTwoNumber
Begin
 Read X;
 Read Y;
 Calculate X+Y;
 Print X+Y;
End
PSeudoCode

ภาษาจาวา

```
1  #include "stdio.h"
2  int main()
3  {
4      int X,Y,sum;
5      printf("Enter X:");
6      scanf("%d",&X);
7      printf("Enter Y:");
8      scanf("%d",&Y);
9      sum = X+Y;
10     printf("Summation of X+Y: ");|
11 }
12
```

ภาษาซี

```
14 public class SummationofTwoNumber {
15     public static void main (String [] args)
16     {
17         int X,Y,sum;
18         Scanner in = new Scanner(System.in);
19         System.out.print("Enter X: " );
20         X = in.nextInt();
21         System.out.print("Enter Y:");
22         Y = in.nextInt();
23         System.out.print ("Summation of X+Y: ");
24         System.out.println (X+Y);
25     }
26 }
27
```

```

SummationofTenNumber
Begin
    sum=0;
    Loop 10 times
        Read X;
        Sum = Sum+X;
    End Loop
    Print Sum;
End

```

```

14 public class JavaApplication2 {
15
16     public static void main(String[] args) {
17
18         int sum=0; int i=0; int X;
19         Scanner in = new Scanner(System.in);
20         while (i<10)
21         {
22             System.out.print(i + ".Enter X: ");
23             X = in.nextInt();
24             sum=sum+X;
25             i++;
26         }
27         System.out.println("Summation = "+ sum);
28     }

```

```

1 #include "stdio.h"
2 int main()
3 {
4     int X,i=0,sum=0;
5     while (i<10)
6     {
7         printf("%d.Enter X:",i);
8         scanf("%d",&X);
9         sum = sum+X;
10        i++;
11    }
12    printf("Summation = %d",sum);
13
14 }

```

อัลกอริทึม (2)

- ซอฟต์แวร์ หรือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์คือ เครื่องมือในการแก้ปัญหาต่างๆ เพื่อให้ได้คำตอบที่รวดเร็ว ถูกต้องกว่าที่มนุษย์สามารถทำได้ หรือใช้อำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์
- ขั้นตอนวิธีไม่ได้ถูกใช้แค่ในการสร้าง Data Structure เท่านั้น แต่ใช้เป็นต้นแบบในการเขียนโปรแกรมในการแก้ปัญหาต่างๆ
- ซอฟต์แวร์ หรือ โปรแกรมที่ดี จึงควรมีขั้นตอนวิธี (อัลกอริทึม) ที่ดีในการแก้ปัญหา
- คำถาม แล้วรู้ได้อย่างไรว่าอัลกอริทึมดี

คำตอบ

- อัลกอริทึมที่ดี
- ต้องเข้าใจง่าย ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม ง่ายต่อการแก้ไขปรับปรุง
- ต้องใช้ทรัพยากรของคอมพิวเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพ
- คำถาม (ต่อ) รู้ได้อย่างไรว่าอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพ วัดจากอะไร

ประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

การวัดประสิทธิภาพของโปรแกรมจะวัดจากประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

1. เนื้อที่ที่ใช้งาน

2. เวลาที่อัลกอริทึมทำงาน

2.1 จับเวลาในการทำงาน

- ปัญหา - ความไม่ยุติธรรม
 - คนที่ใช้คอมพิวเตอร์ เร็ว และ แรงกว่า แม้อัลกอริทึมไม่ดี แต่อาจทำงานเร็วกว่า คนที่ใช้คอมพิวเตอร์ที่ช้า
 - คนที่อึดพลีเม้นท์ด้วยภาษาซี ย่อมได้เปรียบกว่าภาษาจาวาเพราะภาษาซีทำงานเร็วกว่า
 - คนที่มีข้อมูลมากกว่า การทำงานย่อมใช้เวลาามากกว่า
- ดังนั้นการใช้เวลาน้อยกว่าไม่ได้หมายความว่าอัลกอริทึมที่ดีกว่าเสมอ

2.2 นับจำนวนคำสั่งในการทำงาน

ข้อดี แก้ปัญหาเรื่องคอมพิวเตอร์ แรง เร็วไม่เท่ากัน แต่ยังไม่แก้ปัญหาเรื่องจำนวนข้อมูลที่มีมากกว่าใช้เวลา มากกว่า (ภาษาสแตทคัลคิดยังไม่ Normalize)

- การ Normalize ข้อมูลเพื่อวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึมไม่ว่าข้อมูลจะมีขนาดไม่เท่ากัน
- ทำได้โดยการหา Big Oh ของ อัลกอริทึม
- Big Oh คืออะไร

ขั้นตอนการหา Big Oh ของอัลกอริทึม

- ทำการนับจำนวน statement ในอัลกอริทึม
- หาสมการ $f(n)$ ของจำนวน statement n คือ จำนวนข้อมูลเข้า
 อย $f(n) = 2n+1; \Rightarrow$ จำนวน input 2 คำ จำนวน statement = 5
 $f(n) = 4n^2 + 5n+6; \Rightarrow$ จำนวน input 2 คำ จำนวน statement = 32
 (ลองคิดในกรณี input เป็น 1000000 คำ)
- เมื่อได้ $f(n)$ แล้ว สนใจแต่พจน์ที่มีดีกรีสูงสุด
 $f(n) = 2n+1; \Rightarrow 2n$
 $f(n) = 4n^2 + 5n+6 \Rightarrow 4n^2$
- ตัดสัมประสิทธิ์ข้างหน้าทิ้งจะได้ดีกรีของ Big Oh อัลกอริทึม
 $f(n) = 2n+1; \Rightarrow 2n \Rightarrow n$
 $f(n) = 4n^2 + 5n+6 \Rightarrow 4n^2 \Rightarrow n^2$
- จะได้ Big Oh ดังนี้
 $f(n) = 2n+1; \Rightarrow O(n) \Rightarrow$ Big Oh order n
 $f(n) = 4n^2 + 5n+6 \Rightarrow O(n^2)$ Big Oh order n^2

การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 1

ในการที่จะหา Big Oh ได้นั้น นักศึกษาต้องนับจำนวนครั้งของ statement ในการเปรียบเทียบและกำหนดค่า

• ตัวอย่างของ 1 statement

- $x = y;$
- $x = y * 5 / 10;$

• ตัวอย่าง

• จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้

```
Begin
  Read X;
  Read Y;
  Calculate X+Y;
  Print X+Y;
End
```

4 statements

• ตัวอย่าง จงนับ Statement ใน PseudoCode นี้

```
Begin
  i=0;
  Print i;
  i = i+1;
End
```

3 statements

การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

• จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้

```
Begin
  i=0;
  Loop while (i<2) //2 times
    Print i;
    i =i +1;
  End Loop
End
```

Begin

```
for (i=0;i<2; i++)
  Print i;
```

End

- ให้นักศึกษาเปลี่ยนจาก 2 เป็น 10 100 1000 และ นับจำนวนครั้ง
- ถ้า 2 เปลี่ยนเป็น n จะได้กี่ครั้ง

การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

• จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้

```
Begin
  i=0;
  Loop while (i<2)//2 times
    Print i;
    i =i +1;
  End Loop
End
```

จำนวน Statement ทั้งหมด
= 1 + จำนวน Statement ใน Loop

การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

• จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้

```
Begin
  i=0;
  Loop while (i<2)//2 times
    Print i;
    i =i +1;
  End Loop
End
```

3 statement

```
เมื่อ i=0
Loop while(i<2)
  Print i;
  i =i +1;
End Loop
```

i=1

3 statement

```
เมื่อ i=1
Loop while(i<2)
  Print i;
  i =i +1;
End Loop
```

i=2

1 statement

```
เมื่อ i=2
Loop while(i<2)
  Print i;
  i =i +1;
End Loop
```

i=2

จำนวนในลูป = 3+3+1= 7

การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้

```

Begin
  i=0;
  Loop while (i<2)//2 times
    Print i;
    i =i +1;
  End Loop
End
    
```

จำนวน Statement ทั้งหมด
 = 1 + จำนวน Statement ใน Loop
 = 1 + 7 = 9

3 statement

เมื่อ i=0
 Loop while(i<2)
 Print i;
 i =i +1;
 End Loop i=1

3 statement

เมื่อ i=1
 Loop while(i<2)
 Print i;
 i =i +1;
 End Loop i=2

1 statement

เมื่อ i=2
 Loop while(i<2)
 ~~Print i;~~
 ~~i =i +1;~~
 End Loop i=2

จำนวนในลูป = 3+3+1= 7

การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้

```

Begin
  i=0;
  Loop while (i<2)//2 times
    Print i;
    i =i +1;
  End Loop
End
    
```

- ให้นักศึกษาเปลี่ยนจาก 2 เป็น 10 100 1000 และ นับจำนวนครั้ง
- ถ้า 2 เปลี่ยนเป็น n จะได้กี่ครั้ง

3 statement

เมื่อ i=0
 Loop while(i<2)
 Print i;
 i =i +1;
 End Loop i=1

3 statement

เมื่อ i=1
 Loop while(i<2)
 Print i;
 i =i +1;
 End Loop i=2

1 statement

เมื่อ i=2
 Loop while(i<2)
 ~~Print i;~~
 ~~i =i +1;~~
 End Loop i=2

จำนวนในลูป = 3+3+1= 7

การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้

```

Begin
  i=0;
  Loop while (i<2)//2 times
    Print i;
    i =i +1;
  End Loop
End
    
```

จำนวน Statement ทั้งหมด
 = 1 + จำนวน Statement ใน Loop
 = 1 + 7 = 9

3 statement

เมื่อ i=0
 Loop while(i<2)
 Print i;
 i =i +1;
 End Loop i=1

3 statement

เมื่อ i=1
 Loop while(i<2)
 Print i;
 i =i +1;
 End Loop i=2

1 statement

เมื่อ i=2
 Loop while(i<2)
 ~~Print i;~~
 ~~i =i +1;~~
 End Loop i=2

จำนวนในลูป = 3+3+1= 7

การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้

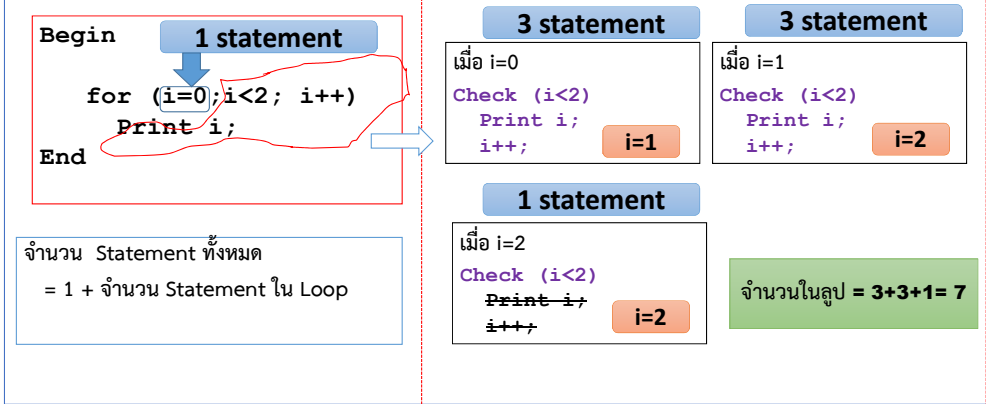
```

Begin
  for (i=0; i<2; i++)
    Print i;
  End
    
```

จำนวน Statement ทั้งหมด
 = 1 + จำนวน Statement ใน Loop

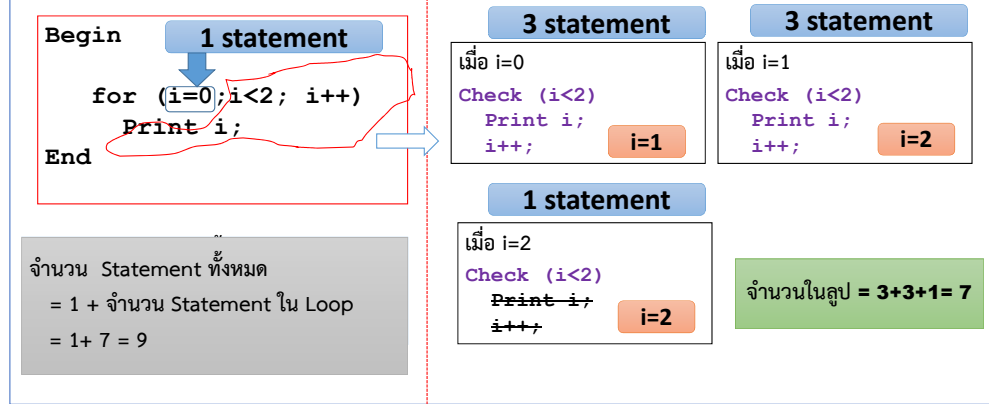
การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้



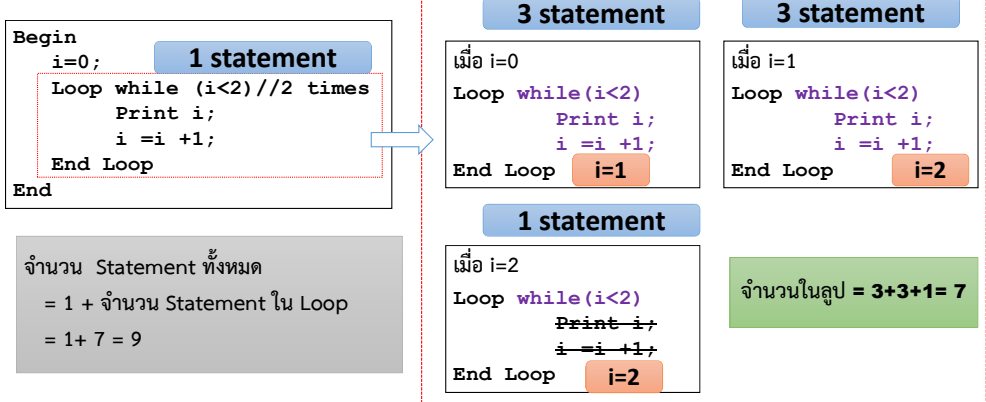
การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้



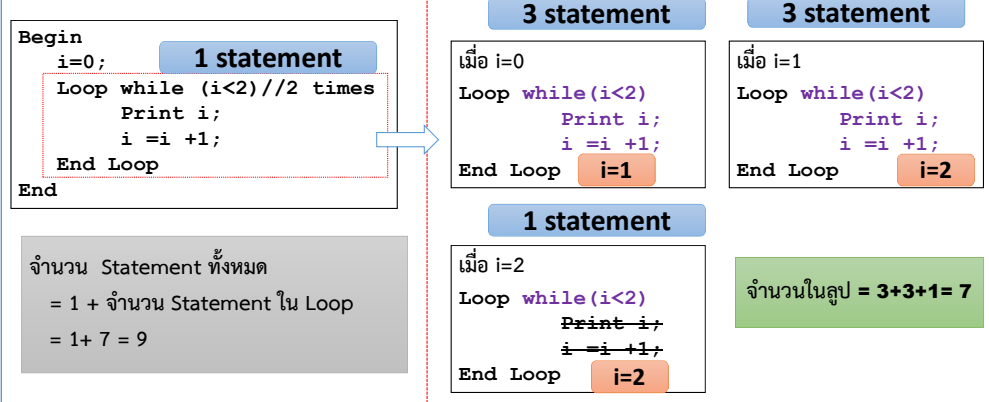
การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้



การหา Big Oh: 1. การนับจำนวน statement 2

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้



การหา Big Oh: การนับจำนวน statement 4

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้
- ```
Begin
 Sum =0;
 i=0;
 Loop 2 times
 Print i;
 Sum = Sum+i;
 i=i+1;
 End Loop
 Print Sum ;
End
```
- ให้นักศึกษาเปลี่ยนจาก 2 เป็น 10 100 1000 และ นับจำนวนครั้ง
  - ถ้า 2 เปลี่ยนเป็น n จะได้กี่ครั้ง

33

การหา Big Oh: การนับจำนวน statement 4

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้
- ```
Begin
  Sum =0;
  i=0;
  j=0;
  Loop 3 times
    Loop 2 times
      Print i,j;
      Sum = Sum+i+j;
      i =i +1;
    End Loop // จบ Loop 2 times
    j=j+1;
  End Loop //จบ Loop 3 times
  Print Sum;
End
```

34

- จงนับ Statement ใน Pseudocode นี้
- ```
Begin
 Sum =0;
 i=0;
 j=0;
 Loop 3 times
 Loop 2 times
 Print i,j;
 Sum = Sum+i+j;
 i =i +1;
 End Loop // จบ Loop 2 times
 j=j+1;
 End Loop //จบ Loop 3 times
 Print Sum;
End
```

35

Methods to compute the step count Ex.1

- ดย การใช้ Tabular method ทา Step count table สำหรับโปรแกรม “Sum”

| steps/execution     |     |           |             |
|---------------------|-----|-----------|-------------|
| Statement           | s/e | Frequency | Total steps |
| int i;              | 0   | 0         | 0           |
| int sum=0;          | 1   | 0         | 1           |
| for(i=0; i <n; i++) |     |           |             |
| sum = sum+i;        | 1   | n         | n           |
| Total               |     |           |             |
|                     |     |           | 2n+2        |

36

Methods to compute the step count Ex.2

• ตย การบวก Matrix

steps/execution

| Statement                  | s/e | Frequency | Total steps           |
|----------------------------|-----|-----------|-----------------------|
| for(i=0; i<row; i++)       | 1   | row+1     | row+1                 |
| for(j=0; j<col; j++)       | 1   |           |                       |
| c[i][j] = a[i][j]+b[i][j]; | 1   | row(col)  | row(col)              |
| Total                      |     |           | 2*row*col + 2*row + 1 |

ถ้า (row>col) =>  $2*row^2 + 2*row + 1$

ถ้า (row<col) =>  $2*col^2 + 2*col + 1$

เมื่อได้จำนวนครั้งทั้งหมดที่ อัลกอริทึมทำงานแล้ว นำค่านี้ไปวัดประสิทธิภาพได้อย่างไร => ใช้ Big O

Growth Functions

• Big Oh ใช้บอก อัตราการโต (Growth Rate) ของอัลกอริทึมเมื่อจำนวนข้อมูล (input) มีมากขึ้น

• Growth rate ของอัลกอริทึม คือ อัตราการเพิ่มขึ้นของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลซึ่งจะแปรผันตรงกับขนาดของอินพุต

• แบ่งเป็น

•  $O(1)$ : constant

•  $O(n)$ : linear

•  $O(n^2)$ : quadratic

•  $O(n^3)$ : cubic

•  $O(2^n)$ : exponential

•  $O(\log n)$

•  $O(n \log n)$

|            |             | Instance characteristic n |   |    |       |                |                          |
|------------|-------------|---------------------------|---|----|-------|----------------|--------------------------|
| Time       | Name        | 1                         | 2 | 4  | 8     | 16             | 32                       |
| 1          | Constant    | 1                         | 1 | 1  | 1     | 1              | 1                        |
| $\log n$   | Logarithmic | 0                         | 1 | 2  | 3     | 4              | 5                        |
| n          | Linear      | 1                         | 2 | 4  | 8     | 16             | 32                       |
| $n \log n$ | Log-Linear  | 0                         | 2 | 8  | 24    | 64             | 160                      |
| $n^2$      | Quadratic   | 1                         | 4 | 16 | 64    | 256            | 1024                     |
| $n^3$      | Cubic       | 1                         | 8 | 64 | 512   | 4096           | 32768                    |
| $2^n$      | Exponential | 2                         | 4 | 16 | 256   | 65536          | 4294967296               |
| n!         | Factorial   | 1                         | 2 | 24 | 40320 | 20922789888000 | 26313 x 10 <sup>33</sup> |

ปกติ สมมติฐานการใช้ Big O คือ input มีขนาดใหญ่ (มีจำนวนมาก)

ให้นักศึกษาคำนวณเวลาที่ใช้ในการประมวลผลต่อไปนี้

• จากหน้า 10 เวลาทั้งหมดที่ใช้คือ  $2n+2$  วินาที

• ถ้า จำนวนอินพุต n = 10 ใช้เวลา =>

• n= 20 ใช้เวลา =>

• n= 100 ใช้เวลา =>

• n= 1,000,000 =>

• ถ้า algo หนึ่งใช้เวลาในการประมวลผลเป็น  $2n^2+3n+1$  วินาที

• ถ้า จำนวนอินพุต n = 10 ใช้เวลา =>

• n= 20 ใช้เวลา =>

• n= 100 ใช้เวลา =>

• n= 1,000,000 =>

ให้นักศึกษาคำนวณเวลาที่ใช้ในการประมวลผลต่อไปนี้ II

• จากหน้า 10 เวลาทั้งหมดที่ใช้คือ  $3n^3 + 1$  วินาที

• ถ้า จำนวนอินพุต n = 10 ใช้เวลา =>

• n= 20 ใช้เวลา =>

• n= 100 ใช้เวลา =>

• n= 1,000,000 =>

• ถ้า algo หนึ่งใช้เวลาในการประมวลผลเป็น  $2n^4$  วินาที

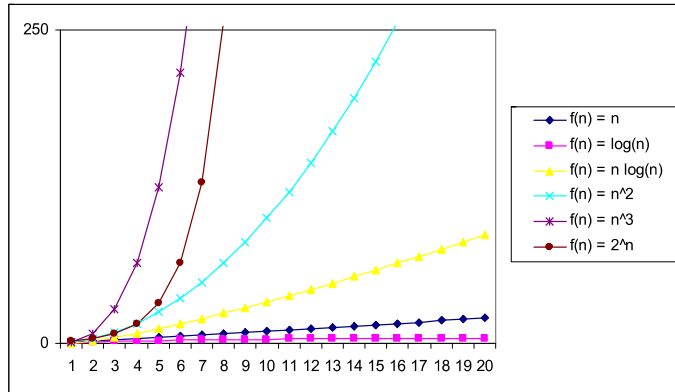
• ถ้า จำนวนอินพุต n = 10 ใช้เวลา =>

• n= 20 ใช้เวลา =>

• n= 100 ใช้เวลา =>

• n= 1,000,000 =>

## Plot of Growth Functions



41

## Times on a 1 billion instruction per second computer

| Time for $f(n)$ instructions on a $10^9$ instr/sec computer |                |                 |             |             |                          |                          |                         |
|-------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| $n$                                                         | $f(n)=n$       | $f(n)=\log_2 n$ | $f(n)=n^2$  | $f(n)=n^3$  | $f(n)=n^4$               | $f(n)=n^{10}$            | $f(n)=2^n$              |
| 10                                                          | .01 $\mu$ s    | .03 $\mu$ s     | .1 $\mu$ s  | 1 $\mu$ s   | 10 $\mu$ s               | 10sec                    | 1 $\mu$ s               |
| 20                                                          | .02 $\mu$ s    | .09 $\mu$ s     | .4 $\mu$ s  | 8 $\mu$ s   | 160 $\mu$ s              | 2.84hr                   | 1ms                     |
| 30                                                          | .03 $\mu$ s    | .15 $\mu$ s     | .9 $\mu$ s  | 27 $\mu$ s  | 810 $\mu$ s              | 6.83d                    | 1sec                    |
| 40                                                          | .04 $\mu$ s    | .21 $\mu$ s     | 1.6 $\mu$ s | 64 $\mu$ s  | 2.56ms                   | 121.36d                  | 18.3min                 |
| 50                                                          | .05 $\mu$ s    | .28 $\mu$ s     | 2.5 $\mu$ s | 125 $\mu$ s | 6.25ms                   | 3.1yr                    | 13d                     |
| 100                                                         | .10 $\mu$ s    | .66 $\mu$ s     | 10 $\mu$ s  | 1ms         | 100ms                    | 3171yr                   | $4 \times 10^{13}$ yr   |
| 1,000                                                       | 1.00 $\mu$ s   | 9.96 $\mu$ s    | 1ms         | 1sec        | 16.67min                 | $3.17 \times 10^{15}$ yr | $32 \times 10^{283}$ yr |
| 10,000                                                      | 10.00 $\mu$ s  | 130.03 $\mu$ s  | 100ms       | 16.67min    | 115.7d                   | $3.17 \times 10^{25}$ yr |                         |
| 100,000                                                     | 100.00 $\mu$ s | 1.66ms          | 10sec       | 11.57d      | 3171yr                   | $3.17 \times 10^{35}$ yr |                         |
| 1,000,000                                                   | 1.00ms         | 19.92ms         | 16.67min    | 31.71yr     | $3.17 \times 10^{17}$ yr | $3.17 \times 10^{45}$ yr |                         |

$\mu$ s = microsecond =  $10^{-6}$  seconds  
ms = millisecond =  $10^{-3}$  seconds  
sec = seconds  
min = minutes  
hr = hours  
d = days  
yr = years

42

นอกจากขนาดของข้อมูลเข้า (input) แล้ว มีปัจจัยอื่นที่มีผลในการวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึมหรือไม่

- ให้นักศึกษาเรียงข้อมูลจากน้อยไปมากของข้อมูลจำนวน 3 ชุด แต่ละชุดมี 5 จำนวน โดยให้ใช้วิธีการเดียวกันในการเรียง นักศึกษาคิดว่าข้อมูลใดจะเรียงได้เร็วที่สุด โดยเฉลี่ย หรือ ช้าที่สุด ตามลำดับ

- A. 1 2 3 4 5
- B. 5 4 3 2 1
- C. 3 1 5 4 2

ก. A B C  
ข. A C B  
ค. B C A  
ง. ไม่มีข้อใดถูก

43

## สรุป

- ความซับซ้อนของอัลกอริทึมวัดจากจำนวนครั้งในการทำการเปรียบเทียบหรือกำหนดค่าในอัลกอริทึมแบ่งเป็น 3 กรณี คือ
  - กรณีที่ดีที่สุด (Best Case) คือ จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบและกำหนดค่าที่น้อยที่สุด
  - กรณีเฉลี่ย (Average Case) จำนวนครั้งโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการเปรียบเทียบและกำหนดค่า
  - กรณีที่แย่ที่สุด (Worst Case) จำนวนครั้งที่ใช้ในการเปรียบเทียบและกำหนดค่าที่มากที่สุด
- ปกติในการเปรียบเทียบ Big Oh ของอัลกอริทึมจะสนใจ
  - Worst case
    - บอก upper bound ขอบบนของเวลาที่ใช้ (running time)
    - absolute guarantee (ใช้เวลามากที่สุดเท่านี้)
  - Average case
    - ให้ค่า running time ตามที่หวัง
    - มีประโยชน์ สุ่ม อินพุตให้โอกาสถูกเลือกเท่าๆกัน (Random (equally likely) inputs) Real-life inputs
    - แต่ปัญหา คือ การหาค่าเฉลี่ย อย่างไรก็ดีเฉลี่ย

44

ตย Selection Sort: รอบที่ 1

| รอบที่ 1: เป้าหมายหาข้อมูลตำแหน่งแรก (0)    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            | ก่อนเปรียบเทียบ |           | หลังเปรียบเทียบ |           |
|---------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
|                                             | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9                          | min             | mlocation | min             | mlocation |
| ให้ min = 42, mlocation=0                   | 42 | 23 | 74 | 11 | 65 | 58 | 94 | 36 | 99 | 87                         | 42              | 0         | 23              | 1         |
| 1.เปรียบเทียบ min กับ 23                    |    | 23 |    |    |    |    |    |    |    |                            | 42              | 0         | 23              | 1         |
| 2.เปรียบเทียบ min กับ 74                    |    |    | 74 |    |    |    |    |    |    |                            | 23              | 1         | 23              | 1         |
| 3.เปรียบเทียบ min กับ 11                    |    |    |    | 11 |    |    |    |    |    |                            | 23              | 1         | 11              | 3         |
| 4.เปรียบเทียบ min กับ 65                    |    |    |    |    | 65 |    |    |    |    |                            | 11              | 3         | 11              | 3         |
| 5.เปรียบเทียบ min กับ 58                    |    |    |    |    |    | 58 |    |    |    |                            | 11              | 3         | 11              | 3         |
| 6.เปรียบเทียบ min กับ 94                    |    |    |    |    |    |    | 94 |    |    |                            | 11              | 3         | 11              | 3         |
| 7.เปรียบเทียบ min กับ 36                    |    |    |    |    |    |    |    | 36 |    |                            | 11              | 3         | 11              | 3         |
| 8.เปรียบเทียบ min กับ 99                    |    |    |    |    |    |    |    |    | 99 |                            | 11              | 3         | 11              | 3         |
| 9.เปรียบเทียบ min กับ 100                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 87                         | 11              | 3         | 11              | 3         |
| สลับที่ข้อมูลในตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 1 | 11 |    |    | 43 |    |    |    |    |    |                            |                 |           |                 |           |
| จำนวนครั้งในการสลับที่                      | 0  |    |    |    |    |    |    |    |    | จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบ |                 |           |                 | 9         |
| ผลลัพธ์ของรอบที่ 1                          | 11 | 23 | 74 | 43 | 65 | 58 | 94 | 36 | 99 | 87                         |                 |           |                 |           |

45

ตย Selection Sort: รอบที่ 2

| รอบที่ 2: เป้าหมายหาข้อมูลตำแหน่งที่สอง (1) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            | ก่อนเปรียบเทียบ |           | หลังเปรียบเทียบ |           |
|---------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
|                                             | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9                          | min             | mlocation | min             | mlocation |
| ให้ min = 23, mlocation=1                   | 11 | 23 | 74 | 43 | 65 | 58 | 94 | 36 | 99 | 87                         | 23              | 1         | 23              | 1         |
| 1.เปรียบเทียบ min กับ 74                    |    |    | 74 |    |    |    |    |    |    |                            | 23              | 1         | 23              | 1         |
| 2.เปรียบเทียบ min กับ 43                    |    |    |    | 43 |    |    |    |    |    |                            | 23              | 1         | 23              | 1         |
| 3.เปรียบเทียบ min กับ 65                    |    |    |    |    | 65 |    |    |    |    |                            | 23              | 1         | 23              | 1         |
| 4.เปรียบเทียบ min กับ 58                    |    |    |    |    |    | 58 |    |    |    |                            | 23              | 1         | 23              | 1         |
| 5.เปรียบเทียบ min กับ 94                    |    |    |    |    |    |    | 94 |    |    |                            | 23              | 1         | 23              | 1         |
| 6.เปรียบเทียบ min กับ 36                    |    |    |    |    |    |    |    | 36 |    |                            | 23              | 1         | 23              | 1         |
| 7.เปรียบเทียบ min กับ 99                    |    |    |    |    |    |    |    |    | 99 |                            | 23              | 1         | 23              | 1         |
| 8.เปรียบเทียบ min กับ 87                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 87                         | 23              | 1         | 23              | 1         |
| 23 อยู่ตำแหน่งที่ 1 แล้วเลยไม่ต้องสลับที่   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            |                 |           |                 |           |
| จำนวนครั้งในการสลับที่                      | 0  |    |    |    |    |    |    |    |    | จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบ |                 | 8         |                 |           |
| ผลลัพธ์ของรอบที่ 2                          | 11 | 23 | 74 | 43 | 65 | 58 | 94 | 36 | 99 | 87                         |                 |           |                 |           |

46

ตย Selection Sort: รอบที่ 3

| รอบที่ 3: เป้าหมายหาข้อมูลตำแหน่งที่สาม (2) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            | ก่อนเปรียบเทียบ |           | หลังเปรียบเทียบ |           |   |
|---------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|---|
|                                             | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9                          | min             | mlocation | min             | mlocation |   |
| ให้ min = 74, mlocation=2                   | 11 | 23 | 74 | 43 | 65 | 58 | 94 | 36 | 99 | 87                         | 74              | 2         | 43              | 3         |   |
| 1.เปรียบเทียบ min กับ 43                    |    |    |    | 43 |    |    |    |    |    |                            | 43              | 3         | 43              | 3         |   |
| 2.เปรียบเทียบ min กับ 65                    |    |    |    |    | 65 |    |    |    |    |                            | 43              | 3         | 43              | 3         |   |
| 3.เปรียบเทียบ min กับ 58                    |    |    |    |    |    | 58 |    |    |    |                            | 43              | 3         | 43              | 3         |   |
| 4.เปรียบเทียบ min กับ 94                    |    |    |    |    |    |    | 94 |    |    |                            | 43              | 3         | 43              | 3         |   |
| 5.เปรียบเทียบ min กับ 36                    |    |    |    |    |    |    |    | 36 |    |                            | 43              | 3         | 36              | 7         |   |
| 6.เปรียบเทียบ min กับ 99                    |    |    |    |    |    |    |    |    | 99 |                            | 36              | 7         | 36              | 7         |   |
| 7.เปรียบเทียบ min กับ 87                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 87                         | 36              | 7         | 36              | 7         |   |
| สลับที่ข้อมูลในตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 7 |    |    | 74 |    |    |    |    | 36 |    |                            |                 |           |                 |           |   |
| จำนวนครั้งในการสลับที่                      | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    | จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบ |                 |           |                 |           | 7 |
| ผลลัพธ์ของรอบที่ 3                          | 11 | 23 | 36 | 43 | 65 | 58 | 94 | 74 | 99 | 87                         |                 |           |                 |           |   |

47

ตย Selection Sort: รอบที่ 4

| รอบที่ 4: เป้าหมายหาข้อมูลตำแหน่งที่สี่ (3) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            | ก่อนเปรียบเทียบ |           | หลังเปรียบเทียบ |           |
|---------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
|                                             | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9                          | min             | mlocation | min             | mlocation |
| ให้ min = , mlocation=                      | 11 | 23 | 36 | 43 | 65 | 58 | 94 | 74 | 99 | 87                         |                 |           |                 |           |
| 1.เปรียบเทียบ min กับ 65                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            | 43              | 3         |                 |           |
| 2.เปรียบเทียบ min กับ 58                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            |                 |           |                 |           |
| 3.เปรียบเทียบ min กับ 94                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            |                 |           |                 |           |
| 4.เปรียบเทียบ min กับ 36                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            |                 |           |                 |           |
| 5.เปรียบเทียบ min กับ 99                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            |                 |           |                 |           |
| 6.เปรียบเทียบ min กับ 87                    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                            |                 |           |                 |           |
| .....ข้อมูลในตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่     |    |    |    | 43 |    |    |    |    |    |                            |                 |           |                 |           |
| จำนวนครั้งในการสลับที่                      |    |    |    |    |    |    |    |    |    | จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบ |                 |           |                 |           |
| ผลลัพธ์ของรอบที่ 4                          | 11 | 23 | 36 | 43 | 65 | 58 | 94 | 74 | 99 | 87                         |                 |           |                 |           |

48

ตย Selection Sort: รอบที่ 5

| รอบที่ 5: เป้าหมายหาข้อมูลตำแหน่งที่ห้า (4) |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |  | ก่อนเปรียบเทียบ            | หลังเปรียบเทียบ |     |           |
|---------------------------------------------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|--|----------------------------|-----------------|-----|-----------|
|                                             | 0  | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |  | min                        | mlocation       | min | mlocation |
| ให้ min = , mlocation=                      | 11 | 23 | 36 |   |   |   |   |   |   |   |  | min                        | mlocation       | min | mlocation |
| 1.เปรียบเทียบ min กับ                       |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |  |                            |                 |     |           |
| 2.เปรียบเทียบ min กับ                       |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |  |                            |                 |     |           |
| 3.เปรียบเทียบ min กับ                       |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |  |                            |                 |     |           |
| 4.เปรียบเทียบ min กับ                       |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |  |                            |                 |     |           |
| 5.เปรียบเทียบ min กับ 87                    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |  |                            |                 |     |           |
| .....ข้อมูลในตำแหน่งที่ และ<br>ตำแหน่งที่   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |  |                            |                 |     |           |
| จำนวนครั้งในการสลับที่                      |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |  | จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบ |                 |     |           |
| ผลลัพธ์ของรอบที่ 5                          | 11 | 23 | 36 |   |   |   |   |   |   |   |  |                            |                 |     |           |

49

ตย Selection Sort: รอบที่ 6

| รอบที่ 6 : เป้าหมายหาข้อมูลตำแหน่งที่หก (5) |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            | ก่อนเปรียบเทียบ | หลังเปรียบเทียบ |     |           |
|---------------------------------------------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----------------------------|-----------------|-----------------|-----|-----------|
|                                             | 0  | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9                          | min             | mlocation       | min | mlocation |
| ให้ min = , mlocation=                      | 11 | 23 | 36 |   |   |   |   |   |   |                            |                 |                 |     |           |
|                                             |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |                 |     |           |
|                                             |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |                 |     |           |
|                                             |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |                 |     |           |
| .....ข้อมูลในตำแหน่งที่ และตำแหน่งที่       |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |                 |     |           |
| จำนวนครั้งในการสลับที่                      |    |    |    |   |   |   |   |   |   | จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบ |                 |                 |     |           |
| ผลลัพธ์ของรอบที่ 6                          | 11 | 23 | 36 |   |   |   |   |   |   |                            |                 |                 |     |           |

50

ตย Selection Sort: รอบที่ 8 และ รอบที่ 9

| รอบที่ 7 : เป้าหมายหาข้อมูลตำแหน่งที่เจ็ด (6) |    |    |    |   |   |   |   |   |   | ก่อนเปรียบเทียบ            |     | หลังเปรียบเทียบ |     |           |
|-----------------------------------------------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----------------------------|-----|-----------------|-----|-----------|
|                                               | 0  | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9                          | min | mlocation       | min | mlocation |
| ให้ min = , mlocation=                        | 11 | 23 | 36 |   |   |   |   |   |   |                            |     |                 |     |           |
|                                               |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |     |                 |     |           |
|                                               |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |     |                 |     |           |
|                                               |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |     |                 |     |           |
| .....ข้อมูลในตำแหน่งที่ และตำแหน่งที่         |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |     |                 |     |           |
| จำนวนครั้งในการสลับที่                        |    |    |    |   |   |   |   |   |   | จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบ |     |                 |     |           |
| ผลลัพธ์ของรอบที่ 7                            | 11 | 23 | 36 |   |   |   |   |   |   |                            |     |                 |     |           |

51

ตย Selection Sort: รอบที่ 8 และ รอบที่ 9

| รอบที่ 8: เป้าหมายหาข้อมูลตำแหน่งที่ 8 (7) |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            | ก่อนเปรียบเทียบ |           | หลังเปรียบเทียบ |           |
|--------------------------------------------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
|                                            | 0  | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9                          | min             | mlocation | min             | mlocation |
| ให้ min = , mlocation=                     | 11 | 23 | 36 |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |
|                                            |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |
|                                            |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |
|                                            |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |
| .....ข้อมูลในตำแหน่งที่ และตำแหน่งที่      |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |
| จำนวนครั้งในการสลับที่                     |    |    |    |   |   |   |   |   |   | จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบ |                 |           |                 |           |
| ผลลัพธ์ของรอบที่ 8                         | 11 | 23 | 36 |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |

| รอบที่ 9: เป้าหมายหาข้อมูลตำแหน่งที่เก้า (8) |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            | ก่อนเปรียบเทียบ |           | หลังเปรียบเทียบ |           |
|----------------------------------------------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
|                                              | 0  | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9                          | min             | mlocation | min             | mlocation |
| ให้ min = , mlocation=                       | 11 | 23 | 36 |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |
|                                              |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |
|                                              |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |
| .....ข้อมูลในตำแหน่งที่ และตำแหน่งที่        |    |    |    |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |
| จำนวนครั้งในการสลับที่                       |    |    |    |   |   |   |   |   |   | จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบ |                 |           |                 |           |
| ผลลัพธ์ของรอบที่ 9                           | 11 | 23 | 36 |   |   |   |   |   |   |                            |                 |           |                 |           |

52

คย จำนวนครั้งในการสลับที่และเปรียบเทียบ

- จากโจทย์ตัวอย่าง แต่ละรอบเปรียบเทียบและสลับที่กี่ครั้ง

| รอบที่ | จำนวนครั้งในการสลับที่ | จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบ |
|--------|------------------------|----------------------------|
| 1      |                        |                            |
| 2      |                        |                            |
| 3      |                        |                            |
| 4      |                        |                            |
| 5      |                        |                            |
| 6      |                        |                            |
| 7      |                        |                            |
| 8      |                        |                            |
| 9      |                        |                            |
| รวม    |                        |                            |

แบบฝึกหัด (ส่งในห้อง)

- จงเรียงข้อมูลต่อไปนี้ด้วย Selection Sort จากน้อยไปหามาก

- 586 789 34 190 220
- 10 20 30 40 50
- 50 40 30 20 10

เขียนทุกขั้นตอนตามตัวอย่าง

- ให้สรุปจำนวนครั้งในการเปรียบเทียบและสลับที่ของแต่ละกรณี ถ้าข้อมูลมี  $n$  ตัว
- จงเขียนขั้นตอนวิธีในการเรียงแบบเลือก

อ้างอิง

- [1] Wikipedia [https://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_structure](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_structure)
- [2] Data Structure Using C++ By N. Jayalakshmi