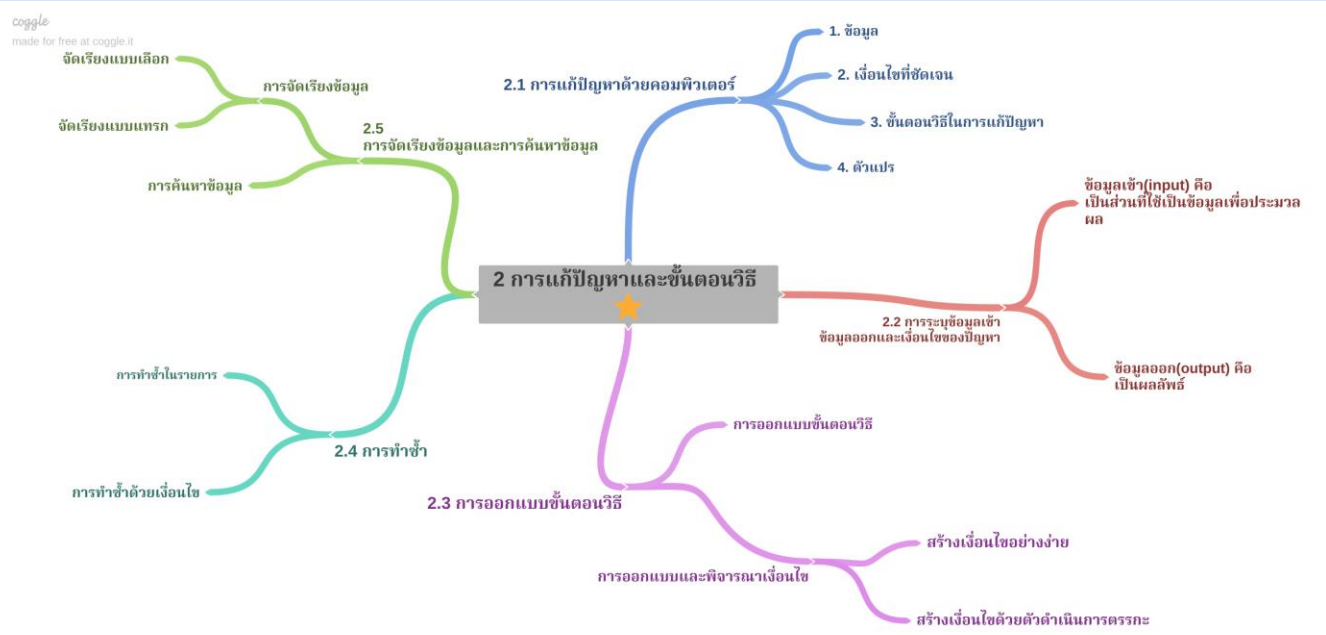




การออกแบบขั้นตอนวิธี

การออกแบบขั้นตอนวิธี เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่จำป็นจะต้องอาศัยประสบการณ์ ความรู้ ซึ่งแต่ละคนจะออกแบบขั้นตอนวิธีไม่เหมือนกันก็ได้เนื่องจากการออกแบบไม่มีขั้นตอนที่ตายตัว

อ้างอิงตามเว็บไซต์ Wikipedia ขั้นตอนวิธี หรืออัลกอริทึม (อังกฤษ: algorithm) หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาที่สามารถเข้าใจได้ มีลำดับหรือวิธีการในการแก้ไขปัญหาใดปัญหาหนึ่งอย่างเป็นขั้นเป็นตอนและชัดเจน เมื่อนำเข้าอะไร แล้วจะต้องได้ผลลัพธ์เช่นไร ซึ่งแตกต่างจากการแก้ปัญหาแบบสามัญสำนึก



ข้อมูลเข้า



ขั้นตอนวิธี



ข้อมูลออก



การออกแบบขั้นตอนวิธี



การระบุข้อมูลเข้า ข้อมูลออก และเงื่อนไขของปัญหา

การแก้ไขปัญหาคอมพิวเตอร์นั้น ก่อนที่จะระบุขั้นตอนวิธีที่ชัดเจนได้ จะต้องวิเคราะห์และทำความเข้าใจกับปัญหาเพื่อให้ทราบว่า มีข้อมูลอะไรบ้างที่สามารถใช้ในการประมวลผลได้ มีเงื่อนไขต่าง ๆ อย่างไร ผลลัพธ์ที่ต้องการคืออะไร โดยจะแบ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานออกเป็นสองส่วน คือ ข้อมูลเข้า (input) / เป็นข้อมูลที่ใช้เพื่อประมวลผล และ ข้อมูลออก (output) เป็นข้อมูลผลลัพธ์ที่ต้องการ นอกจากจะระบุว่าเป็นอะไรแล้ว ยังอาจระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมได้อีก เช่น ข้อมูลเข้าอาจมีการระบุขอบเขตหรือ เงื่อนไข หรือข้อมูลออกอาจมีการระบุคุณสมบัติที่ต้องการ การวิเคราะห์นี้เป็นกระบวนการระบุข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้ชัดเจน ซึ่งจำเป็นต่อการออกแบบขั้นตอนวิธีที่ต้องการ

ตัวอย่างสถานการณ์

สถานการณ์

ครูได้ตรวจสอบข้อสอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน หากต้องการหาคะแนนสูงสุด ต่ำสุด และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนให้นักเรียนระบุข้อมูลเข้าและข้อมูลออก

การระบุข้อมูลเข้า และข้อมูลออก

ข้อมูลเข้า : คะแนนสอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน

ข้อมูลออก : คะแนนสูงสุด ต่ำสุด และคะแนนเฉลี่ย



การออกแบบขั้นตอนวิธี



การออกแบบขั้นตอนวิธี

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ เช่น การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบ และการคิดเชิงนามธรรมสามารถนำมาใช้ในการออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ การออกแบบนี้ไม่มีขั้นตอนที่ตายตัว จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ และการฝึกฝน

ตัวอย่างสถานการณ์

สถานการณ์

ครูได้ตรวจสอบข้อสอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน หากต้องการหาคะแนนสูงสุด ต่ำสุด และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคน ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนวิธีในการหาคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคน

การระบุข้อมูลเข้า และข้อมูลออก

เนื่องจากปัญหานี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ คะแนนสูงสุด ต่ำสุด และคะแนนเฉลี่ย เราควรเริ่มพิจารณาอย่างใดอย่างหนึ่งก่อน ในที่นี้จะเริ่มจากคะแนนสูงสุดก่อน ในการออกแบบนั้น จะเริ่มจากการหาค่าสูงสุดของข้อมูล โดยสามารถเขียนขั้นตอนวิธีได้ดังนี้

ขั้นตอนวิธี : หาค่าสูงสุดของข้อมูล

ข้อมูลเข้า : คะแนนสอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน

ข้อมูลออก : คะแนนสูงสุด



การออกแบบขั้นตอนวิธี



การสร้างเงื่อนไขอย่างง่าย

การออกแบบเงื่อนไขที่ถูกต้องและชัดเจน จะเป็นปัจจัยสำคัญของการออกแบบขั้นตอนวิธี ซึ่งเงื่อนไขที่กำหนดอาจเป็นเงื่อนไขอย่างง่ายหรือเงื่อนไขที่ซับซ้อน โดยเงื่อนไขอย่างง่าย มักจะเป็นการเปรียบเทียบ "มากกว่า" "น้อยกว่า" หรือ "ไม่เท่ากัน" การสร้างเงื่อนไขด้วยตัวดำเนินการตรรกะเงื่อนไขบางเงื่อนไขอาจประกอบด้วยเงื่อนไขย่อยหลายเงื่อนไข และแต่ละเงื่อนไขมักเชื่อมด้วยตัวดำเนินการตรรกะ "และ : AND" , "หรือ : OR" แล้วก็ "นิเสธ : NOT" ดังตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงค่าความจริงของเงื่อนไขที่ใช้ตัวดำเนินการตรรกะ

ค่าความจริงของเงื่อนไข A	ค่าความจริงของเงื่อนไข B	A และ B	A หรือ B	นิเสธของ A
จริง	จริง	จริง	จริง	เท็จ
จริง	เท็จ	เท็จ	จริง	เท็จ
เท็จ	จริง	เท็จ	จริง	จริง
เท็จ	เท็จ	เท็จ	เท็จ	จริง



การออกแบบขั้นตอนวิธี



ขั้นตอนวิธี 2.3



การออกแบบขั้นตอนวิธี

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ เช่น การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบ และการคิดเชิงนามธรรม สามารถนำมาใช้ในการออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ การออกแบบไม่มีขั้นตอนที่ตายตัว จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์และการฝึกฝน จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายซึ่งจะเป็นประโยชน์กับนักเรียนในอนาคต

2.3.1 ตัวอย่างการออกแบบขั้นตอนวิธี



ตัวอย่างที่ 1 การตัดสินใจรดน้ำต้นไม้ของระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ

การตัดสินใจรดน้ำต้นไม้ในขั้นตอนวิธีของระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ ระบบจะต้องอ่านข้อมูลความชื้นของดินแล้วเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดไว้ (สมมุติค่าความชื้นที่กำหนดเป็น 0.1 หน่วย) หากค่าความชื้นต่ำกว่าค่าที่กำหนด ให้ระบบส่งสัญญาณเปิดน้ำ และหากมีค่าความชื้นเกินกว่าหรือเท่ากับค่าที่กำหนดไว้ให้ระบบส่งสัญญาณปิดน้ำ



ตัวอย่างที่ 1 (ต่อ)

ในส่วนการทำงานหลักของขั้นตอนวิธี คือ การตัดสินใจรดน้ำต้นไม้ มีการทำงานตามลำดับดังนี้

1. อ่านค่าความชื้นของดิน
2. ให้ H แทนค่าความชื้นดังกล่าว
3. ถ้า $H < 0.1$ แล้ว
 - 3.1 ส่งสัญญาณเปิดน้ำ
 - ถ้าเงื่อนไขไม่เป็นจริง
 - 3.2 ส่งสัญญาณปิดน้ำ

ส่วนของขั้นตอนวิธีดังกล่าวเป็นการตัดสินใจเพียงครั้งเดียว ดังนั้นเพื่อความสมบูรณ์ของขั้นตอนวิธีที่จะทำให้ระบบรดน้ำต้นไม้มีการอ่านค่าและส่งสัญญาณควบคุมจะต้องทำซ้ำเสมอ จึงต้องสั่งให้ขั้นตอนวิธีด้านบนทำงานซ้ำๆ ต่อเนื่องกันไป

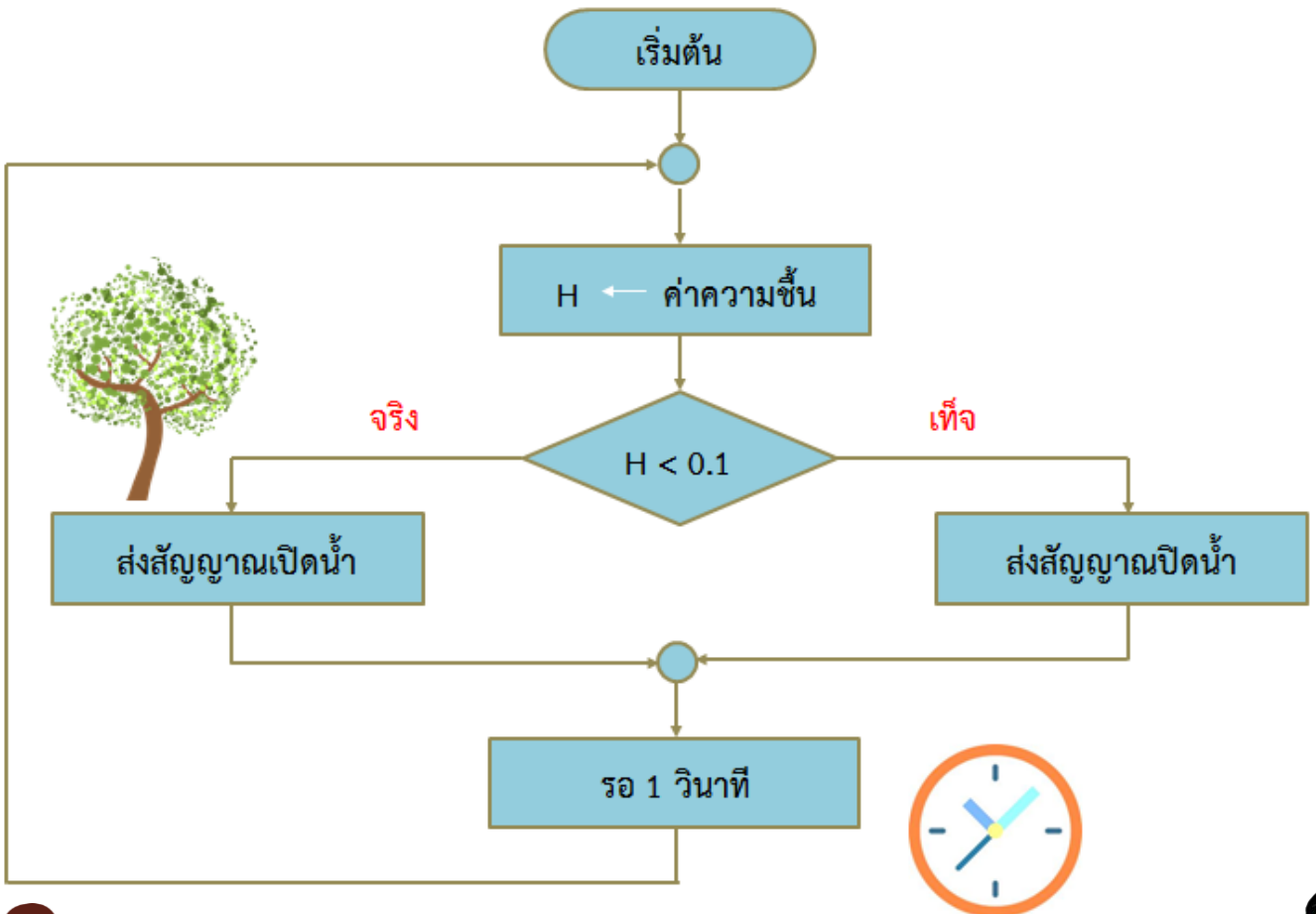
- ▶ ขั้นตอนวิธี : ควบคุมการเปิดปิดน้ำของเครื่องรดน้ำต้นไม้
- ▶ ข้อมูลเข้า : ค่าความชื้นของดิน
- ▶ ข้อมูลออก : สัญญาณเปิดปิดน้ำ



การออกแบบขั้นตอนวิธี



1. ทำซ้ำทุกๆ 1 วินาที
 - 1.1 อ่านค่าความชื้นของดิน
 - 1.2 ให้ H แทนค่าความชื้นดังกล่าว
 - 1.3 ถ้า $H < 0.1$ แล้ว
 - 1.3.1 ส่งสัญญาณเปิดน้ำ
ถ้าเงื่อนไขไม่เป็นจริง
 - 1.3.2 ส่งสัญญาณปิดน้ำ
- ขั้นตอนวิธีดังกล่าวเขียนเป็นผังงานได้ดังนี้



การออกแบบขั้นตอนวิธี



ตัวอย่างที่ 2 การคำนวณคะแนนสอบ

ครูต้องการคำนวณคะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด และคะแนนเฉลี่ย ของนักเรียนในห้องโดยมีข้อมูลเข้าและข้อมูลออกดังนี้

- ▶ ข้อมูลเข้า : รายการคะแนนสอบของนักเรียน 40 คน
- ▶ ข้อมูลออก : คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด คะแนนเฉลี่ย

โดยทั่วไปแล้ว ถ้ามีจำนวนข้อมูลน้อย นักเรียนสามารถหาค่าสูงสุดได้ทันที อย่างไรก็ตามถ้าข้อมูลอยู่คนละหน้า จะพบว่าระหว่างที่พลิกหน้าไปพิจารณาข้อมูลชุดที่สองนั้น นักเรียนจะต้องจำค่าสูงสุดที่พบจากข้อมูลชุดแรก โดยจะใช้ตัวแปรที่ชื่อ Max แทนค่าสูงสุด

- ▶ ขั้นตอนวิธี : หาค่าสูงสุดของข้อมูลในรายการ
- ▶ ข้อมูลเข้า : รายการข้อมูล
- ▶ ข้อมูลออก : ค่าสูงสุดของข้อมูล

เนื่องจากคะแนนเฉลี่ยคือคะแนนรวมหารด้วยจำนวนนักเรียนในห้อง ซึ่งในที่นี้มีค่าเท่ากับ 40 คน ดังนั้นในการคำนวณคะแนนเฉลี่ยจะสนใจเฉพาะคะแนนรวม โดยใช้ตัวแปรเพื่อเก็บค่าผลรวมของคะแนนทั้งหมด เมื่อเริ่มต้นจะให้ Total มีค่าเป็น 0 ขั้นตอนวิธีดังกล่าวแสดงดังนี้

- ▶ ขั้นตอนวิธี : หาผลรวมของข้อมูลในรายการ
- ▶ ข้อมูลเข้า : รายการข้อมูล
- ▶ ข้อมูลออก : ผลรวมของข้อมูล

1. ให้ Total มีค่าเป็น 0
2. พิจารณาข้อมูล ทีละจำนวนจนครบทุกจำนวน
 - 2.1 เรียกข้อมูลตัวที่กำลังพิจารณาว่า x
 - 2.2 ให้ Total \leftarrow Total + x
3. ตอบว่าผลรวมคือ Total

เมื่อคำนวณผลรวมได้แล้ว ค่าเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ $\text{Total} \div 40$



การออกแบบขั้นตอนวิธี



การหาค่าเฉลี่ยโดยหารผลรวมด้วย 40 นั้น ใช้ได้กับกรณีที่มีข้อมูลจำนวน 40 จำนวน เท่านั้น เราสามารถแก้ไขขั้นตอนวิธีให้ทำงานได้ครอบคลุมมากขึ้น โดยนับจำนวนข้อมูลไปพร้อมๆกับการหาผลรวม ขั้นตอนวิธีที่แก้ไขแล้วเป็นดังนี้

- ▶ ขั้นตอนวิธี : หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลในรายการ
- ▶ ข้อมูลเข้า : รายการข้อมูล
- ▶ ข้อมูลออก : ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

1. ให้ Total มีค่าเป็น 0
2. ให้ Count มีค่าเป็น 0
3. พิจารณาข้อมูล ทีละจำนวน
 - 3.1 เรียกข้อมูลตัวที่กำลังพิจารณาว่า x
 - 3.2 ให้ Total \leftarrow Total + x
 - 3.3 ให้ Count \leftarrow Count + 1
4. ตอบว่าค่าเฉลี่ยคือ $\text{Total} \div \text{Count}$

2.3.2 การออกแบบและพิจารณาเงื่อนไข

1 การสร้างเงื่อนไขอย่างง่าย

การออกแบบเงื่อนไขที่ถูกต้องและชัดเจนจะเป็นปัจจัยสำคัญของการออกแบบขั้นตอนวิธี ซึ่งเงื่อนไขที่กำหนดอาจเป็นเงื่อนไขอย่างง่ายหรือเงื่อนไขที่ซับซ้อน โดยเงื่อนไขอย่างง่าย มักจะเป็นการเปรียบเทียบ มากกว่า น้อยกว่า หรือไม่เท่ากัน เช่น การหาค่าสูงสุด มีการใช้เงื่อนไข

ถ้า $x > \text{Max}$ แล้ว ให้ $\text{Max} \leftarrow x$

ขั้นตอนวิธีดังกล่าว มีการกำหนดให้การทำงานขึ้นกับเงื่อนไข " $x > \text{Max}$ " ซึ่งเป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุด โดยเปรียบเทียบค่าของตัวแปร x และค่าของตัวแปร Max



การออกแบบขั้นตอนวิธี



2 การสร้างเงื่อนไขด้วยตัวดำเนินการตรรกะ

เงื่อนไขบางเงื่อนไข เช่น “รถประจำทางถึงโรงเรียนแล้ว” หรือ “รถยนต์มีความเร็วที่เหมาะสม” เป็นเงื่อนไขที่ระบุด้วยประโยคที่ชัดเจน ในการออกแบบขั้นตอนวิธีสามารถใช้เงื่อนไขเช่นนี้ได้ อย่างไรก็ตามระหว่างที่เราวิเคราะห์บางครั้งจะพบว่าเงื่อนไขที่ระบุด้วยประโยคลักษณะนี้ ถ้าพิจารณาด้วยแนวคิดการแยกส่วนประกอบและการแยกปัญหาอาจจะประกอบด้วยเงื่อนไขย่อยๆ อีกก็ได้ เช่น เงื่อนไข “รถยนต์มีความเร็วที่เหมาะสม” อาจจะมีความหมายว่า รถยนต์มีความเร็วมากกว่า 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และไม่เกิน 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

สังเกตได้ว่าเงื่อนไขนี้ประกอบด้วยเงื่อนไขย่อย 2 เงื่อนไข และเชื่อมกันด้วยตัวดำเนินการตรรกะ “และ” (AND) นอกจากนี้ตัวดำเนินการที่พบบ่อยในการออกแบบขั้นตอนวิธีคือ “หรือ” (OR) และ “นิเสธ” (NOT)

$$a > 40 \text{ และ } a \leq 90$$

ตาราง แสดงค่าความจริงของเงื่อนไขที่ใช้ตัวดำเนินการตรรกะ “และ” “หรือ” “นิเสธ”

ค่าความจริง A	ค่าความจริง B	A และ B (A AND B)	A หรือ B (A OR B)	นิเสธของ A (NOT A)	นิเสธของ B (NOT B)
จริง	จริง	จริง	จริง	เท็จ	เท็จ
จริง	เท็จ	เท็จ	จริง	เท็จ	จริง
เท็จ	จริง	เท็จ	จริง	จริง	เท็จ
เท็จ	เท็จ	เท็จ	เท็จ	จริง	จริง



การออกแบบขั้นตอนวิธี



การทำซ้ำ

การแก้ปัญหาอาจต้องมีการทำงานลักษณะเดียวกันซ้ำหลายรอบ ในหัวข้อนี้จะได้ศึกษารูปแบบการเขียนขั้นตอนวิธีการทำซ้ำแบบต่างๆ

2.4.1 การทำซ้ำในรายการ

การทำซ้ำในรายการจะต้องพิจารณาข้อมูลในรายการจนครบทุกตัว ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการเขียนขั้นตอนวิธีเพื่อพิจารณาข้อมูลจนครบทุกตัว



- พิจารณาข้อมูลในรายการ ทีละตัว จนครบ
1. ให้ตัวแปร X แทนข้อมูลที่พิจารณาอยู่
 2. ประมวลผลตัวแปร X

จากรูปแบบการทำซ้ำดังกล่าว ถ้านักเรียนมีเงิน M บาท และมีรายการราคาสินค้า A สามารถเขียนขั้นตอนวิธีนับจำนวนสินค้าที่มีราคาไม่เกิน M บาท ได้ดังนี้

- ▶ ขั้นตอนวิธี : หาจำนวนสินค้าที่มีราคาไม่เกิน M บาท
- ▶ ข้อมูลเข้า : ราคาสินค้าในรายการ A
- ▶ ข้อมูลออก : จำนวนสินค้าที่มีราคาไม่เกิน M บาท

1. ให้ตัวแปร $count \leftarrow 0$
2. พิจารณาข้อมูลราคาสินค้าในรายการ A ทีละจำนวน จนครบ
 - 2.1 ให้ X แทนข้อมูลสินค้าที่พิจารณาอยู่
 - 2.2 ถ้า $X \leq M$ แล้ว
ให้ $count \leftarrow \underline{count} + 1$
3. คืนค่าจำนวนสินค้าเท่ากับ $count$



การออกแบบขั้นตอนวิธี



ปัญหาดังกล่าวเป็นตัวอย่างหนึ่งของการค้นหาข้อมูลในรายการ กล่าวคือ เรามีรายการ A และต้องการค้นหาข้อมูล target ในรายการ รูปแบบการเขียนการทำซ้ำ ที่สั้นและกระชับ จะระบุลำดับของข้อมูล (ดัชนี) แสดงได้ดังนี้

- ▶ ขั้นตอนวิธี : หาข้อมูล target ในรายการ A
- ▶ ข้อมูลเข้า : ข้อมูลทุกตัวในรายการ A
- ▶ ข้อมูลออก : ค่าดัชนีของ target ในรายการ A

1. ให้ $L \leftarrow$ จำนวนข้อมูลในรายการ A
2. ให้ดัชนี i มีค่าตั้งแต่ 1, 2, 3, ... จนถึง L
3. ให้พิจารณาข้อมูลในรายการ A ทีละตัว
 - 3.1 ให้ $y \leftarrow$ ข้อมูลตัวที่ i ในรายการ A
 - 3.2 ถ้า $y = \text{target}$ แล้ว
คืนค่า i และจบการทำงาน
4. ตอบว่าไม่พบข้อมูล target และจบการทำงาน

สมมติว่ารายการ A มีข้อมูลดังนี้

95

69

71

85

60

50

51

12

51

3

ตัวอย่างการทำงานตามขั้นตอนวิธีหาข้อมูล 85 (target) ในรายการ A แสดงได้ดังนี้
ขั้นตอนวิธีจะทำงานดังนี้

1. ตัวแปร L จะมีค่าเท่ากับ 10
2. รอบแรก ดัชนี $i = 1$ จากนั้นพิจารณา y เป็นข้อมูลตัวที่ 1 ในรายการ นั่นคือ $y = 95$ ซึ่งไม่ตรงกับ target
3. รอบสอง ดัชนี $i = 2$ จากนั้นพิจารณา y เป็นข้อมูลตัวที่ 2 ในรายการ นั่นคือ $y = 69$ ซึ่งไม่ตรงกับ target
4. รอบสาม ดัชนี $i = 3$ จากนั้นพิจารณา y เป็นข้อมูลตัวที่ 3 ในรายการ นั่นคือ $y = 71$ ซึ่งไม่ตรงกับ target
5. รอบสี่ ดัชนี $i = 4$ จากนั้นพิจารณา y เป็นข้อมูลตัวที่ 4 ในรายการ นั่นคือ $y = 85$ ซึ่งเท่ากับ target ขั้นตอนวิธีจะคืนค่า 4 และจบการทำงาน



การออกแบบขั้นตอนวิธี

2.4.2 การทำซ้ำด้วยเงื่อนไข

นอกจากการเขียนขั้นตอนวิธีที่ทำงานกับรายการแล้ว นักเรียนอาจต้องใช้การทำซ้ำในการคำนวณแบบอื่นๆ เช่น ถ้าต้องการประมาณค่าของรากที่สองของ 10 ที่เป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง เขียนขั้นตอนวิธีได้ดังนี้

- ▶ **ขั้นตอนวิธี** : ประมาณค่ารากที่สองของ 10 ที่เป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- ▶ **ข้อมูลเข้า** : -
- ▶ **ข้อมูลออก** : ค่าประมาณของรากที่สองของ 10 ที่เป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง

1. ให้ $s \leftarrow 0$
2. ให้ $a \leftarrow 0$ (เก็บค่าประมาณค่า)
3. ทำซ้ำในขณะที่ $s \leq 10$
 - 3.1 ถ้า $|s^2 - 10| < |a^2 - 10|$ แล้ว
 $a \leftarrow s$
 - 3.2 $s \leftarrow s + 0.001$
4. คืนค่า a และจบการทำงาน



ตัวอย่าง เกมทายเลข

เกมทายเลขจะสุ่มจำนวนเต็มระหว่าง 1 – 100 มาเป็นคำตอบหนึ่งจำนวน และให้ผู้เล่นทายจำนวนที่เป็นคำตอบ จากนั้นจะให้คำใบ้ว่าจำนวนที่ทายมากกว่าหรือน้อยกว่าคำตอบ หรือตอบว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งมีขั้นตอนวิธีดังนี้

- ▶ **ขั้นตอนวิธี** : เปรียบเทียบจำนวนที่ผู้เล่นทายกับคำตอบที่สุ่มไว้
- ▶ **ข้อมูลเข้า** : จำนวนที่ผู้เล่นทาย
- ▶ **ข้อมูลออก** : “ค่าน้อยเกินไป” “ค่ามากเกินไป” “ถูกต้อง”

1. ให้ $secret \leftarrow$ สุ่มจำนวนเต็มที่มีค่าระหว่าง 1 ถึง 100
2. ทำซ้ำไปเรื่อยๆ
 - 2.1 ให้ $answer \leftarrow$ จำนวนเต็มที่ผู้เล่นทาย
 - 2.2 ถ้า $answer < secret$ แล้ว
ตอบผู้เล่นว่า “ค่าน้อยเกินไป”
 - 2.3 ถ้า $answer > secret$ แล้ว
ตอบผู้เล่นว่า “ค่ามากเกินไป”
 - 2.4 ถ้า $answer = secret$ แล้ว
 - 2.4.1 ตอบผู้เล่นว่า “ทายถูกต้อง”
 - 2.4.2 จบการทำซ้ำ



ที่มา



- หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, "เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)", โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2561 หน้า 36 44
- ครูไอที - ฟรี บทเรียนออนไลน์ที่กระชับ และเข้าใจง่าย

