

# เทคนิคการเขียนบทเรียนแบบโปรแกรม (Programming Techniques)

ดังได้กล่าวมาแล้วในบทต้น ๆ ว่า บทเรียน โปรแกรมที่นิยมแพร่หลายมากที่สุดนั้นก็มียู่ 2 แบบ คือ โปรแกรมแบบลิเนีย ของสกินเนอร์ และโปรแกรมแบบสาขาของคราวเดอร์ ซึ่งโปรแกรมทั้งสองแบบต่างก็มีเทคนิค มีรูปแบบและมีศิลปะในการเขียนโดยเฉพาะของตน

## โปรแกรมแบบลิเนีย

ผู้ที่มีส่วนอย่างสำคัญในการเขียนโปรแกรมประเภทนี้ นอกจากสกินเนอร์ และฮอลแลนด์ ซึ่งเป็นผู้ช่วยของเขาแล้ว ยังมีบุคคลอื่น ๆ อีก เช่น Evans, Glaser และ Homme แห่งมหาวิทยาลัย Pittsburgh ผู้สร้างโปรแกรมที่เรียกว่า “Rule System” นอกจากนี้ก็ยังมีผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือปรับปรุงโปรแกรมอีกคือ Gilbert, Eigen และบุคคลอื่น ๆ อีก ต่อไปนี้เป็นเทคนิคการเขียนบทเรียนแบบโปรแกรมของบุคคลที่กล่าวมาข้างต้น

## เทคนิคของสกินเนอร์ และฮอลแลนด์ (The Skinner - Holland Techniques)

สกินเนอร์กล่าวว่าการสร้างโปรแกรมนั้นไม่ใช่ของง่ายนัก เพราะต้องใช้ความสามารถหลายอย่างทั้งความรู้ในหลักและวิธีการเขียน ข้อเท็จจริง ศัพท์เฉพาะ และสิ่งอื่น ๆ อีก เช่น กลวิธี และศิลปะต่าง ๆ จึงจะทำให้โปรแกรมนั้นมีประสิทธิภาพและได้รับผลตรงตามที่ตั้งใจไว้ บทเรียนโปรแกรมทางจิตวิทยาชื่อ การวิเคราะห์พฤติกรรม “The Analysis Behavior” เป็นผลงานของเขาทั้งสอง ซึ่งดำเนินการเขียนตามวิธีการและเทคนิคของเขาที่มีชื่อเรียกทั่วไปว่า “Skinnerian Technique”

กฎขั้นต้นเสมือนเทคนิคในการเขียนโปรแกรมแบบลิเนียของสกินเนอร์และฮอลแลนด์ ซึ่งมีอยู่ 8 ข้อด้วยกัน คือ

1. ต้องให้แรงจูงใจทันทีทุกครั้งที่นักเรียนสนองตอบ (Each response must be reinforced immediately)

หลักนี้มาจากทฤษฎีของแรงจูงใจ “Reinforcement Theory” ที่มีการให้รางวัล (Reward) เมื่อการสนองตอบของนักเรียนถูกต้อง สะท้อนให้เห็นความเชื่อของสกินเนอร์ที่ว่าจะต้องพยายามควบคุมพฤติกรรมอย่างดีที่สุดเพื่อให้เกิดแรงจูงใจขึ้น ดังนั้นบทเรียนโปรแกรม หรือเครื่องสอนแบบโปรแกรมของสกินเนอร์จึงสร้างขึ้นด้วยหลักทางจิตวิทยาดังกล่าวนี้ ซึ่งนักจิตวิทยาคนอื่น ๆ ที่มีความเชื่อทฤษฎีนี้ได้นำไปศึกษาค้นคว้ามีผลงานที่มีคุณค่ามากมาย บทเรียนโปรแกรม

ของสกินเนอร์นั้นถือว่าคำตอบที่พึงพอใจจะเป็นรางวัล และจะช่วยจูงใจให้นักเรียนเรียนบทเรียนต่อไปได้อย่างดี

**2. ต้องให้ผู้เรียนสนองตอบออกมาอย่างเด่นชัดในการเรียน (Only overt response, suitably reinforced, are learned.)**

สกินเนอร์เห็นว่าบทเรียนโปรแกรมต้องการให้นักเรียนมีการสนองตอบออกมาอย่างเด่นชัด มีความสามารถในการแสดงกิจกรรมต่าง ๆ ได้ สามารถปฏิบัติได้จริง และอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น โปรแกรมเรื่องการคิดบวกเลขสองหลัก นักเรียนก็สามารถบวกเลขได้จริง ๆ และถูกต้อง เป็นต้น ซึ่งความคิดอันนี้ยังมีนักจิตวิทยาอื่น ๆ ที่มีความเห็นขัดแย้งอยู่ อาจศึกษาได้จากบทต่อ ๆ ไป

**3. การทำบทเรียนผิดจะมีผลทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่าย (Errors adversely affect learning.)**

หลักของสกินเนอร์ถือว่าการตอบคำถามบทเรียนผิดถือเป็นการ “ทำโทษ” อย่างหนึ่ง ซึ่งทำให้การเรียนไม่ได้ผล ดังนั้นบทเรียนของสกินเนอร์ และฮอลแลนด์จะพยายามให้นักเรียนทำผิดน้อยที่สุดโดยการทำให้เป็นขั้นบันได และให้นักเรียนทราบคำตอบที่ถูกโดยทันที

**4. ต้องแบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยย่อย ๆ และเรียงลำดับ (Progress must take place in Small Successive Steps)**

หลักข้อนี้เป็นทฤษฎีของสกินเนอร์ที่ว่าทำไมโปรแกรมของเขาจึงต้องทำบทเรียนเป็นขั้นบันได (Small Step) การใช้วิธีที่เรียกว่า Shaping หมายถึงการให้นักเรียนได้รับรางวัลในระยะแรกที่นักเรียนทำถูกต้องตามหลักกว้าง ๆ ที่บทเรียนกำหนดไว้ ในขั้นต่อไปการให้รางวัลจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อนักเรียนสามารถตอบคำถามที่ต้องการได้ถูกเท่านั้น ตัวอย่างเช่น การทดลองกับนกพิราบ ในระยะแรก ๆ มันจะได้รับรางวัลแม้เพียงแต่สามารถสนองตอบในข่ายกว้าง ๆ ในขั้นต่อไป นกพิราบจะไม่ได้รางวัลจนกว่าจะสามารถแสดงพฤติกรรมที่เขาต้องการในขั้นสุดท้ายเท่านั้น นั่นคือการกระทำจริง ๆ ตามที่ต้องการเท่านั้นจึงจะได้รับรางวัล แม้ว่าการเรียนรู้ของมนุษย์จะมีความซับซ้อนมากกว่า แต่หลักของ Shaping ก็สามารถนำมาใช้ได้ (ข้อยกเว้นของกฎอันนี้ก็คือ บทเรียนโปรแกรมประเภทการท่องจำซึ่งไม่นับเป็นเทคนิคในการทำบทเรียนโปรแกรมที่กล่าวนี้)

**5. พึงหลีกเลี่ยงการใช้คำที่จะช่วยให้ผู้เรียนเดาได้ (Aids to the student (cues, prompts) should be withdrawn gradually)**

กฎข้อนี้ก็คือ ปล่อยให้เด็กเรียนทำบทเรียนแต่เพียงลำพังโดยให้มีคำแนะนำช่วยบ้างเล็กน้อยในตอนแรก ๆ แล้วการบอกใบ้ หรือข้อแนะนำจะค่อย ๆ หดไปทีละน้อย จนนักเรียน

สามารถทำบทเรียนได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องมีการช่วยเหลือใด ๆ ในที่สุด เทคนิคอันนี้เรียกว่า Vanishing หรือ Fading สกีนเนอร์แนะนำให้ใช้วิธีนี้กับบทเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างของศัพท์ การสะกดตัว และการเริ่มเรียนภาษาต่างประเทศ

**6. ควรสังเกตและควบคุมตัวแปรที่จะมีผลต่อพฤติกรรมของผู้เรียน (The students's observing behavior should be controlled)**

สกีนเนอร์และนักจิตวิทยาคนอื่น ๆ ที่ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้มีความรู้สึกว่าการเรียนจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อสามารถควบคุมสิ่งเร้า Stimulus ไว้ได้ กล่าวได้แน่ชัดลงไปอีกก็คือว่าควรหลีกเลี่ยงสิ่งเร้าที่จะมารบกวนขณะนักเรียนกำลังเรียนบทเรียนอยู่ ด้วยเหตุนี้ สกีนเนอร์จึงมีความพอใจที่จะใช้บทเรียนโปรแกรมที่เป็นเครื่องสอนมากกว่าที่เป็นหนังสือ เพราะการเรียนกับเครื่องนักเรียนจะแลเห็นโจทย์ หรือคำถามที่จะต้องตอบเพียงอย่างเดียว ส่วนบทเรียนที่เป็นหนังสือ ผู้เรียนอาจขำเลียงดูคำตอบ หรือโจทย์ข้ออื่น ๆ ได้ ส่วนดีของเครื่องอีกอย่างหนึ่งก็คือ นักเรียนสามารถเรียนบทเรียนต่อไปก็ต่อเมื่อทำคำตอบถูกแต่ละขั้นเสียก่อนเท่านั้น (อาจไม่รวมเครื่องสอนแบบสาขาหรือแบบคอมพิวเตอร์) สำหรับในด้านการควบคุมพฤติกรรมของผู้เรียนนี้ รูปแบบของโปรแกรมที่สร้างขึ้นก็มีส่วนช่วยอยู่มาก เช่น เขียนบทเรียนที่เข้าใจง่าย มีความสนใจและสามารถเชิญชวนให้นักเรียนอยากตอบเพื่อต้องการรู้คำตอบที่ถูกเป็นต้น

**7. ต้องให้ผู้เรียนเห็นความแตกต่างของเนื้อหา หรือเกิดความคิดรวบยอดอย่างชัดเจน (Extensive discrimination training is needed to establish an obstruction or concept)**

เทคนิคอันนี้เป็นส่วนสำคัญที่สกีนเนอร์และบุคคลอื่น ๆ ย้ำเป็นพิเศษในกระบวนการเขียนโปรแกรมทั้งหมด นักเรียนที่เรียนรู้ว่า ขวดสีแดงบรรจุหรือใช้ใส่ยาอันตราย ก็จะต้องเรียนรู้ว่าขวดสีแดงใบอื่น ๆ ก็ไม่ได้บรรจุยาที่เป็นอันตรายไปเสียหมด ยิ่งกว่านั้นก็ต้องรู้ว่ายาอันตรายนั้นก็ไม่อาจพบได้จากขวดสีแดงเสมอไป บทเรียนลักษณะนี้จะเริ่มด้วยการให้ตัวอย่างตามด้วยกฎหรือเนื้อเรื่องย่อที่จะสอนขอบเขต หรือข้อจำกัดของการนำกฎนั้นไปใช้ ซึ่งอธิบายไว้อย่างสมบูรณ์ สกีนเนอร์อธิบายว่าความรู้และความเข้าใจที่ใช้ในบทเรียนเหล่านั้นจะโยงใยข้อเท็จจริง ยังมีมากเท่าใดนักเรียนก็ยิ่งมีความเข้าใจบทเรียนดีขึ้นเท่านั้น

**8. ผู้เรียนจะต้อง “เขียน” คำตอบลงในบทเรียนนั้น (The student must write the program)**

โปรแกรมแบบนี้มีลักษณะความแตกต่างอย่างมากกับบทเรียนโปรแกรมแบบอื่น ๆ โดยที่นักเรียนจะต้องแสดงการสนองตอบออกมาอย่างเด่นชัด สกีนเนอร์เรียกว่าเป็นระบบตอบกลับ (feed back system) ซึ่งจากการวิเคราะห์การสนองตอบของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีนี้

ผู้เขียนโปรแกรมสามารถแยกแยะและตรวจพบเงื่อนไขจนกระทั่งทราบรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนของนักเรียนแต่ละคนได้

จากตัวอย่างซึ่งเป็นเทคนิคของสกินเนอร์ และฮอลแลนด์ ดังต่อไปนี้นี้เป็นโปรแกรมที่ต้องการให้นักเรียนอ่านคำถามอย่างรวดเร็วโดยคำอธิบายที่เหมาะสมใส่ไว้ในเนื้อหาสำหรับให้นักเรียนต้องทำความเข้าใจ ข้อเท็จจริงในโปรแกรมแม้จะมีให้นักเรียนแต่เพียงจำกัดแต่ให้ครอบคลุมความหมายอย่างสมบูรณ์ น่าสังเกตว่าเทคนิคชนิดนี้ไม่ได้นำหลัก Vanishing มาใช้เลย

### บทเรียนโปรแกรมวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับ ม.ศ.ปลาย

	ข้อความที่ต้องเติมให้สมบูรณ์	คำที่ใช้เติม
1.	ส่วนสำคัญของไฟฟแลชก็คือ แบตเตอรี่และหลอดไฟ เมื่อเรากดหรือเลื่อน "เทอร์นออน" ของไฟฟแลช แสดงว่าเราปิดวงจรของแบตเตอรี่กับ_____	หลอด
2.	เมื่อเราเทอร์นออนไฟฟแลช กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านเส้นใย_____ เป็นเหตุให้มันร้อนขึ้นด้วย	หลอด
3.	เมื่อเส้นใยนั้นร้อนจะสว่าง เราเรียกว่ามันส่งหรือให้ความร้อน และ_____	แสงสว่าง
4.	เส้นใยในหลอดไฟเรียกว่า ฟิลลาเมนต์ หลอดไฟจะสว่างเมื่อ ฟิลลาเมนต์ร้อนขึ้น เนื่องจากกระแส_____ผ่าน	ไฟฟ้า
5.	แบตเตอรี่อ่อนจะให้กระแสไฟฟ้าน้อย เส้นใยหรือที่เรียกว่า_____ก็จะไม่ร้อน	ฟิลลาเมนต์
6.	ฟิลลาเมนต์ที่ร้อนน้อยจะส่ง หรือให้แสงสว่าง_____	น้อย
7.	ปริมาณของแสงออกไปจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ_____ของฟิลลาเมนต์	ความร้อน
8.	อุณหภูมิของฟิลลาเมนต์ยิ่งสูงเท่าใด_____ของฟิลลาเมนต์ก็ยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น	ความสว่าง
9.	ถ้าถ่านแบตเตอรี่ของไฟฟแลชอ่อน ตัว_____ก็ยังคงสว่างแต่มีแสงเพียงแดง ๆ เท่านั้น	ฟิลลาเมนต์
10.	แสงที่เกิดจากเส้นใย หรือที่เรียกว่าฟิลลาเมนต์ที่ร้อนมาก ๆ จะมีสีเหลืองหรือสีขาว แสงที่เกิดจากฟิลลาเมนต์ที่ไม่ค่อยร้อนจะมีสี_____	แดง
11.	ช่างเหล็กหรือช่างโลหะจะตีเหล็กที่ยังร้อนอยู่เพื่อตัดแปลงเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ง่าย แสดงว่าเขาใช้_____ของแสงเป็นเครื่องบอกว่ามันร้อนหรือไม่ร้อนอย่างไร	สี
12.	ทั้งสี และปริมาณของแสงขึ้นอยู่กับ_____ของฟิลลาเมนต์ ฯลฯ	อุณหภูมิ

ต่อไปนี้เป็นบทเรียนที่สอนเกี่ยวกับ คำศัพท์ เป็นเทคนิคในการสร้างโปรแกรมของ สกินเนอร์ ที่ใช้หลักของ “Vanishing technique”

1. *Manufacture means to make or build. Chair factors manufacture chairs. Copy the word here : \_\_\_\_\_*
2. *Part of the word is like part of the word factory. Both parts come from an old word meaning make or build. manu\_\_\_\_\_ure.*
3. *Part of the word is like part of the word manual. Both come from an old word for hand. Many things used to be made by hand. \_\_\_\_\_facture*
4. *The same letter goes in both spaces : m-nuf-cture.*
5. *The same letter goes in both spaces man-fact-re.*
6. *Chair factors \_\_\_\_\_chairs.*

### เทคนิคการเขียนโปรแกรมชนิดลิเนีย (นักเรียนต้องสร้างการสนองตอบแบบอื่น ๆ)

เทคนิคการเขียนโปรแกรมแบบอื่น ๆ ส่วนมากมักจะได้รับอิทธิพลไม่โดยตรงก็โดย อ้อมจากเทคนิคของสกินเนอร์ เช่น เทคนิคของ D.E.P.Smith ซึ่งแนะนำว่า บทเรียนจะต้อง ทำให้แจ่มแจ้งมากที่สุด โดยให้คำจำกัดความเสียก่อน แล้วจึงให้นักเรียนสนองตอบ ดังตัวอย่าง ต่อไปนี้

1. **Definition of the Concept** “คำนามเป็นชื่อของวัตถุ สิ่งของ ทิม เป็นคำนามเพราะว่า เป็น \_\_\_\_\_ ของเด็กผู้ชายคนหนึ่ง”

2. **Contrast** “เพราะว่า” ไม่ใช่คำ \_\_\_\_\_ เพราะว่ามัน \_\_\_\_\_ ชื่อของ สิ่งหนึ่งสิ่งใด

3. **Examples** เด็กชาย เด็กหญิง หมวก สุนัข ตีกราม บ้านช่อง เหล่านี้เป็นชื่อของสิ่ง ต่าง ๆ เรียกว่า คำนาม “ต้นไม้” เป็น \_\_\_\_\_

4. **Anticipation** “ถ้าประธาน เป็นคำนามบางทีก็เป็นคำกริยาที่เรียกว่า Gerund” เช่น นกบิน ประธานคือ \_\_\_\_\_ คำกริยาที่ใช้เป็นคำนามเรียกว่า \_\_\_\_\_

ยังมีเทคนิคของโปรแกรมแบบลิเนียของ Gilbert อีกที่ทำโปรแกรมมีคำถามสนองตอบ แบบอิสระ ซึ่งมีหลักในการทำบทเรียนเป็นขั้น ๆ ถึง 10 ขั้น นอกจากนี้ก็มีเทคนิคของ Barlow แห่งวิทยาลัย Earlham เรียกว่าเป็นโปรแกรมแบบการสนทนาที่ต่อเนื่อง (Conversational chaining) ลักษณะของบทเรียนก็คือ คำตอบของแต่ละข้อจะพิมพ์เป็นตัวหนาในคำถามข้อต่อไป นักเรียน จะต้องเรียนต่อเนื่อง และติดตามบทเรียนไปเรื่อย ๆ คล้ายกับนิทาน พระเจ้ากาหลิบกับพันหนึ่ง ราตรี ดังตัวอย่าง

## Conventional Chaining ของ Barlow

1. One indication of intelligence is the ability to profit from \_\_\_\_\_
2. When we say that an individual has profited from “*EXPERIENCE*” (for instance, from *TRAINING*), we mean that has \_\_\_\_\_ some thing from the “*experfence*”
3. Everything *LEARNED* or *GAINED* from an “*experience*” does not turn out to be correct. We sometimes are in error and make \_\_\_\_\_ (which, unfortunately, we also may learn).

### เทคนิคการเขียนโปรแกรมแบบสาขา

บุคคลที่เป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นผู้สร้างบทเรียนที่เรียกว่า The Scrambled book ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบสาขาที่พิมพ์เป็นหนังสือขนาดมาตรฐาน เทคนิคการเขียนโปรแกรมแบบนี้ คราวเดอร์กล่าวว่า “ข้าพเจ้าพยายามออกแบบโปรแกรมจากหลาย ๆ แง่หลาย ๆ มุม ปัญหาที่พบก็คือ การควบคุมขบวนการสื่อความหมาย โดยการใช้วิธีตอบกลับ การสนองตอบของนักเรียนจะเป็นเครื่องแสดงว่าการสื่อความหมายได้ผลหรือไม่ และในเวลาเดียวกันก็พยายามให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องด้วย (แม้การสื่อความหมายในตอนแรกไม่ได้ผลก็ตาม) โปรแกรมจะสร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการนี้ และบทเรียนก็ไม่เป็นการบังคับการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย”

ด้วยทฤษฎีของคราวเดอร์ ดังกล่าวข้างต้น การสนองตอบในแต่ละกรอบของนักเรียนเป็นเพียงแต่การให้ความรู้แล้วตามด้วยการขยายความรู้ หรือการแก้ไขแล้วก็ขยายบทเรียนต่อไป ซึ่งต่างกับกับเทคนิคของฮอลแลนด์ ที่กล่าวถึงการแสดงออกของพฤติกรรม แรงจูงใจทำให้เกิดการเรียนรู้ (จากหลักหรือเทคนิคการเขียนโปรแกรมของ ฮอลแลนด์และสกินเนอร์ที่เคยกล่าวมาแล้ว)

หลักของโปรแกรมแบบนี้ก็คือ เน้นการอธิบายคำตอบผิดมากกว่าการป้องกันคำตอบผิด และพยายามให้คำตอบที่ถูกต้องนั้นมีความสมบูรณ์มากที่สุด ถือว่าคำตอบผิดเป็นโอกาสให้ผู้เรียนได้รับคำอธิบายเนื้อหาที่ถูกต้องมากกว่าจะเป็นอุปสรรคที่จะหยุดยั้งการเรียนรู้ของผู้เรียน

### ตัวอย่างบทเรียนโปรแกรมที่มีชื่อว่า The scrambled book ของ Norman A. Crowder

ลักษณะของ The Scrambled book ก็คือในหน้าที่ 1 ของบทเรียน นักเรียนจะพบบทที่เป็นความรู้ แล้วตามด้วยคำตอบที่เป็นแบบเลือกตอบ คำตอบแต่ละตัวเลือกจะกำหนดไว้ว่าจะพบได้จากหน้าใดของบทเรียน

ตัวอย่าง ในการคูณ  $3 \times 4 = 12$  เลข 12 เรียก Product ส่วนเลข 3 และเลข 4 เรียกว่า

หน้า 15 Quotients (ผลหาร)

หน้า 29 factors (ตัวประกอบ)

หน้า 43 powers (กำลัง)

$10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10$  เท่ากับ 100,000 เลข 10 ก็เป็นตัวประกอบ 5 ครั้ง ไม่มีค่าจำกัด ความใดที่บอกว่าตัวประกอบนั้นเป็นจำนวนเหมือน ๆ กันไม่ได้ โปรดกลับไปหน้า 59 แล้ว เลือกคำตอบที่ถูกต้อง

หน้า 59

คำตอบของคุณว่า ได้

ถูกต้องแล้ว จากตัวอย่าง  $4 \times 4 \times 4$  เท่ากับ 64 เลข 4 เป็นตัวประกอบ 3 ครั้ง ผลคูณจะเป็นเท่าไร ถ้ามีตัวประกอบเป็น 2 จำนวน 3 ครั้ง

หน้า 81 6

หน้า 3 8

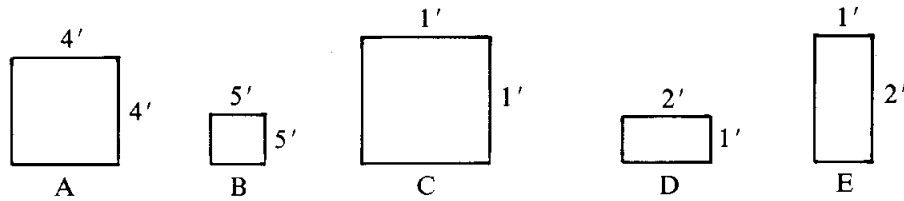
หน้า 17 9

คำถามเหล่านี้อาจทำให้นักเรียนต้องใช้เวลาคิดเกี่ยวกับผลคูณ โดยใช้ตัวเลขเดียวกันหลาย ๆ ครั้งเมื่อนักเรียนทำเสร็จแล้วก็จะผ่านคำถามไปยังโจทย์ข้ออื่น ๆ เพื่อเรียนเรื่องอื่น ๆ เช่น การยกกำลัง เป็นต้น

### เทคนิคการเขียนโปรแกรมของ Evan Keislar

พิจารณาดูแล้วเทคนิคของ Evan มีความใกล้เคียงกับเทคนิคของ สกินเนอร์ มากกว่าของคราวเดอร์เสียอีก โดยทำโปรแกรมแบบเลือกตอบในรูปแบบง่าย ๆ ของวิชาเลขคณิต (1959) เกี่ยวกับความเข้าใจเรื่องเลขคณิต ซึ่งใช้สอนได้ดีกับนักเรียนระดับเล็ก ๆ ต่อมาก็ได้เขียนโปรแกรมเกี่ยวกับ “ทฤษฎีของโมเลกุล” ใช้กับนักเรียนชั้นต้น ๆ ผู้เรียนไม่ต้องอ่านแต่ใช้เครื่อง Video Sonic เสนอความรู้แล้วใช้เทปบันทึกเสียงและสไลด์สีป้อนคำถามนักเรียน นักเรียนสนองตอบโดยการกดปุ่ม เครื่องจะไม่เดินต่อไปจนกว่าปุ่มที่มีคำตอบจะถูกกด ตัวอย่างของบทเรียนมีดังนี้

18 รูปสี่เหลี่ยมจะมีขนาดใหญ่ หรือเล็กก็ตาม ถ้ามีด้านยาวด้านละ 1 ฟุต ก็เรียกว่ามีพื้นที่ 1 ตารางฟุต ภาพใดที่มีพื้นที่ 1 ตารางฟุต?



นักเรียนจะพิจารณาคำตอบใดถูก หลังจากนั้นก็พลิกไปดูคำตอบว่า คำตอบที่ตัวเลือกนั้นถูกหรือไม่ ถ้าคำตอบที่เลือกเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ก็จะมีคำถามของบทเรียนให้ทำต่อไปเรื่อย ๆ แต่ถ้านักเรียนเลือกคำตอบที่ผิดก็จะได้รับคำอธิบายว่าผิดอย่างไร แล้วก็บอกให้นักเรียนกลับไปตอบคำถามเดิมอีกครั้งหนึ่ง ด้วยวิธีนี้ นักเรียนจะไม่สามารถผ่านบทเรียนไปได้ จนกว่าจะเลือกคำตอบแต่ละคำถามให้ถูกต้องเสียก่อน

จากตัวอย่างข้างต้น เป็นคำถามที่ 1 ในบทเรียนแบบ The Scrambled Book ซึ่งเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบตัวเลข และความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนเลขต่าง ๆ จากคำถามข้อนี้ก็ต้องการทราบว่านักเรียนมีความคุ้นเคยกับคำว่า “ตัวประกอบ” หรือไม่ ถ้าเลือกตอบว่า Powers ก็ต้องพลิกไปดูคำตอบในหน้า 43 ปรากฏดังนี้

#### หน้า 43

คำตอบของคุณคือ Powers (ยกกำลัง)

เราจะเรียนเรื่องการยกกำลังของตัวเลขในบทเรียนต่อไปในไม่ช้านี้ แต่ขณะนี้เรายังเรียนไม่ถึงตัวเลขที่นำมาคูณกันนั้น เราเรียกว่า factors (ตัวประกอบ) ไม่ใช่ยกกำลังโปรดพลิกไปหน้า 1 แล้วเลือกคำตอบที่ใหม่สมมติว่าเลือก หน้า 29 ซึ่งมีคำตอบว่า “ตัวประกอบ” เมื่อพลิกไปหน้า 29 ก็จะพบ

#### หน้า 29

คำตอบของคุณคือ “Factors” (ตัวประกอบ)

ถูกต้องแล้ว จำนวนเลขที่คูณกัน และได้ผลคูณนั้นเรียกว่า factors (ตัวประกอบ) ดังนั้นเลข  $3 \times 4$  ก็คือตัวประกอบส่วนเลข 12 เป็นผลคูณ

จะเป็นไปได้ใหม่ว่า ตัวประกอบแต่ละตัวนั้นมีจำนวนเท่า ๆ กัน

หน้า 59                    ได้

หน้า 71                    ไม่ได้

คำถามหน้า 29 เป็นคำถามนำ เพื่อดึงความสนใจของนักเรียนไปสู่ความจริงอีกอันหนึ่ง ถ้านักเรียนตอบว่า “ไม่ได้” ก็ต้องพลิกไปหน้าที่ 71



หน้า 71

คำตอบของคุณว่า **ไม่ได้**

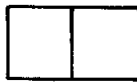
เพราะอะไรหรือ?

$2 \times 2$  เลข 2 เป็นตัวประกอบ 2 ครั้ง

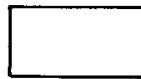
19. ภาพทั้งสองภาพเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาดเท่า ๆ กัน



สมมุติว่านำภาพทั้ง 2 ภาพมารวมกันจะได้ภาพ ดังนี้



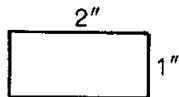
ถ้าลบเส้นแบ่งครึ่งของสี่เหลี่ยมรูปนี้ออกก็จะได้ภาพ



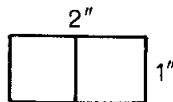
ก. รูปสี่เหลี่ยมจตุรัส

ข. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

20. นี่คือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาดยาว 2 ฟุต กว้าง 1 ฟุต



ถ้าลากเส้นกึ่งกลาง ดังภาพ

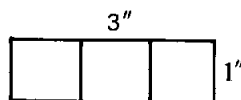


จะได้ภาพสี่เหลี่ยมจตุรัส 2 รูป

ด้านแต่ละด้านของสี่เหลี่ยมจตุรัสจะยาวเท่าไร

ก. 1 ฟุต ข. 2 ฟุต ค. 3 ฟุต

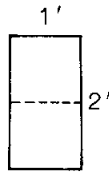
21. สมมติว่าท่านมีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีขนาดยาว 3 ฟุต กว้าง 1 ฟุต ดังภาพ



ถ้าด้านแต่ละด้านของสี่เหลี่ยมจตุรัสเท่ากับ 1 ฟุต จะมีพื้นที่รูปละกี่ตารางฟุต

ก. 1 ฟ<sup>2</sup> ข. 2 ฟ<sup>2</sup> ค. 3 ฟ<sup>2</sup>

22. พื้นที่สี่เหลี่ยมจตุรัสแต่ละรูปจะเป็นเท่าไรถ้ารูปมีด้านยาว 2 ฟุต ด้านสั้นยาว 1 ฟุต ดังภาพ



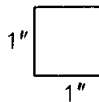
ก. 1 ฟ<sup>2</sup> ข. 2 ฟ<sup>2</sup> ค. 3 ฟ<sup>2</sup> ง. 6 ฟ<sup>2</sup>

23. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีด้านกว้าง 2 ฟุต ยาว 4 ฟุต จะมีพื้นที่เท่าไร?

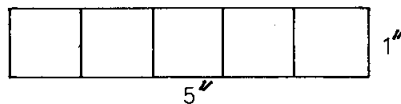


ก. 2 ข. 4 ค. 6 ง. 8

24. ด้านแต่ละด้านของรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสยาวด้านละ 1 นิ้ว เรียกว่ามีพื้นที่ 1 ตารางนิ้ว



จากภาพข้างล่างนี้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านยาว 5 นิ้ว ด้านกว้าง 1 นิ้ว จะมีพื้นที่เท่าไร?



ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4 จ. 5

### โปรแกรมของเพรสซี่ (Sydney Presses's Program)

โปรแกรมของเพรสซี่เป็นแบบเลือกตอบทั้งชนิดเครื่องสอน และแบบแผ่นเจาะรู (Punchboards) เพรสซี่อธิบายถึงเทคนิคของเขาที่ใช้ในการเตรียมการเขียนโปรแกรมว่า เขาประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Edward L. Thorndike เข้ากับการเขียนบทเรียนแบบเลือกตอบ Thorndike นั้น เป็นนักทดลองทางจิตวิทยาที่ดำเนินการทดลองตามหลักของ Powlov และ Watson ดังนั้นโปรแกรมของเพรสซี่จึงมีลักษณะคล้าย ๆ กับของสกินเนอร์มาก อย่างน้อยก็ในแง่ของทฤษฎีหลัก ของเพรสซี่ในการสร้างบทเรียนสรุปตามคำของเขาเองได้ดังนี้คือ

สิ่งที่สำคัญที่สุดที่จะต้องทำหลังจากการสอนก็คือ ต้องมีการทดสอบความรู้ผู้เรียน คำตอบผิดของนักเรียนแต่ละครั้งทำให้ทราบว่าต้องปรับปรุง หรือเริ่มการสอนอย่างจริงจัง อีกทั้งจะเป็นเครื่องเตือนให้ทราบว่าต้องการคำอธิบายเพิ่มเติมในบทเรียนหรือไม่ ตัวคำตอบไม่ควรจะทำให้นักเรียนเกิดความสับสน นอกจากนี้ตัวเลือกที่ไม่ดีจะทำให้ทั้งเสียเวลาที่นำเอาข้อสอบมาใช้ และต้องนำมาแก้ไขพิจารณาภายหลังอีก ซึ่งไม่ได้ประโยชน์อะไรแก่ผู้เรียนเลย เมื่อเปรียบเทียบโปรแกรมของเพรสซี กับของสกินเนอร์แล้ว มีข้อแตกต่างกันในหลักการขั้นต้นบางประการคือ สกินเนอร์เรียงบทเรียนตามลำดับต่อเนื่องกัน และแต่ละกรอบมีลักษณะเป็นขั้นสั้น ๆ (Small steps) แต่ของเพรสซีนั้นออกแบบให้มีทั้งการสอนและการสอบในเวลาเดียวกันในการศึกษาเกี่ยวกับเทคนิควิธีนี้ Briggs ลูกศิษย์ของ Pressey ได้ทำการทดลองกับนักเรียนระดับวิทยาลัย โดยให้นักเรียนอ่านหนังสือหรือทำงานอื่น ๆ ที่คลุมอบหมาย แล้วทำการทดสอบทันที (Quiz) โดยใช้ Punchboard การทดสอบแบบนี้เป็นการใช้ความรู้ทันทีเมื่อตอบถูก เทคนิคอันนี้ต่างกันมากกับของสกินเนอร์ หรือเพรสซี เพราะเพรสซีนั้นต้องการใช้โปรแกรมเพื่อเพิ่มหรือเสริมวิธีการสอนอื่น ๆ ส่วนโปรแกรมของสกินเนอร์นั้น เขียนขึ้นให้นักเรียนเรียนโดยลำพังตนเอง (Self-Instruction) โปรแกรมของเพรสซีไม่เกี่ยวข้องมาเพื่อกับจำนวนคำตอบผิดของนักเรียน เขาสนใจว่าหากนักเรียนตอบคำถามแบบเลือกตอบผิดก็ควรจะได้รับ การเตือน เพื่อให้ตอบคำถามได้ถูกต้องมากขึ้น

## รูปแบบต่างๆ ของโปรแกรม

ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมแบบลิเนีย คือมีประโยคหรือข้อความที่เป็นความรู้ ตามด้วยประโยคที่ยังไม่สมบูรณ์ หรืออาจเป็นปัญหาที่ถามจากความรู้ที่ให้อีกตอนแรก นักเรียนสนองตอบโดยการทำให้ประโยคให้สมบูรณ์ โดยเติมคำหรือตัวเลขลงไป (ถ้าเป็นการให้รายละเอียดเพิ่มเติมก็ทำเพียงสั้น ๆ) ความยากของการสนองตอบแบบนี้ก็คือ นักเรียนจะต้องตอบให้ดีที่สุด และถูกต้องแม่นยำจริง ๆ ความมุ่งหมายของการเรียนแบบนี้เพื่อให้นักเรียนสนองตอบให้ถูกต้องจากสิ่งเร้าที่บทเรียนให้ มากกว่าที่จะทดสอบความรู้อื่น ๆ ที่เขามีอยู่ ดังนั้นปัญหาหรือข้ออันตรายก็คือ นักเรียนสนองตอบไม่ถูกหรือไม่ตรงกับคำตอบที่ต้องการ การเขียนโปรแกรมจึงต้องระมัดระวัง โดยต้องแน่ใจว่าคำหรือตัวเลขที่นักเรียนจะสนองตอบนั้นจะตรงกับที่เราต้องการให้เด็กเรียนรู้

ส่วนในโปรแกรมแบบสาขานั้นมีความแตกต่างกับแบบลิเนีย เพราะไม่ค่อยเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ ระหว่างสิ่งเร้ากับการสนองตอบ แต่มุ่งเน้นที่ว่าการตรวจสอบว่า บทเรียนเกิดการสื่อความหมายกับนักเรียนหรือไม่ โปรแกรมแบบสาขาอาจมีบทที่ให้ความรู้หรือคำแนะนำมากกว่าแบบลิเนีย และมีคำสั่งให้นักเรียนทำอย่างนั้นอย่างนี้แล้วแต่ลักษณะการสนองตอบของนักเรียนจะเป็นอย่างไร

ต่อไปนี้เป็นรูปแบบของโปรแกรมทั้งสองแบบของ Peter Pipe ที่รวบรวมไว้

แบบที่ 1 เรียกว่า Copy frame

In a linear program, each step usually includes a <u>stimulus</u> and <u>response</u> .	1
The program provides the stimulus; the student has to make the	2
_____	3
response	3
_____	4
Go to the next frame	4
_____	

ลักษณะของกรอบจะมี 1. เสนอความรู้หรือความนึกคิดเป็นหน่วยย่อย ๆ 2. นักเรียนสนองตอบโดยหาคำไข หรือคำที่เหมาะสม 3. ตรวจสอบคำตอบของนักเรียนกับของบทเรียนว่าถูกต้องหรือไม่ 4. นักเรียนได้รับแนวทางหรือคำสั่งให้ทำข้อต่อไป

(โดยทั่วไปคำตอบที่ถูกต้องมักจะถูกปิด หรือซ่อนไว้จะดูได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนได้ลองพยายามตอบคำถามเสียก่อน)

การที่เรียกกรอบชนิดนี้ว่า Copy frame เพราะนักเรียนถูกกระตุ้นให้ตอบทันทีแม้ว่าเขาจะไม่มีสมาธิหรือตั้งใจเท่าใดนัก โปรแกรมนี้นักเรียนทำผิดได้ยาก คุณค่าของโปรแกรมอาจมีมากกว่านี้ แต่ก็ไม่ควรหวังประโยชน์จากแบบนี้มากนัก

### แบบที่ 2

โปรแกรมแบบนี้อาจมีประโยชน์แก่นักเขียนโปรแกรมมากขึ้น ประกอบด้วย

1. คำจำกัดความและคำอธิบายทั่วไป
2. ตัวอย่าง ที่สัมพันธ์กับคำจำกัดความ (Specific example)
3. ตัวอย่างแต่ยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะต้องสนองตอบโดยอาศัยหลักจากตัวอย่างที่ยกมาให้ดู
4. คำตอบที่ต้องการ
5. คำสั่งให้ทำขั้นต่อไป

นักเรียนโปรแกรมแบบลิเนียร์จำนวนมากถือว่า โปรแกรมแบบนี้เป็นวิธีการขั้นสูงแบบหนึ่งที่จะนำทางให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากขึ้น

The General rule for multiplying powers of the same base is	1
$(X)^m (X^n) = X^{(m+n)}$	
For example $(a^{10})(a^2) = a^{(10+2)} = a^{12}$	2
Problem : $(10^{15})(10^7) = ?$	3
_____	
$10^{22}$	4
_____	
Go to the next frame.	5

### แบบที่ 3

ประกอบด้วย 1. ความรู้หรือคำอธิบายกว้าง ๆ ทั่วไป 2. ยกตัวอย่างเพื่อขยายความ และเรียกร้องให้มีการสนองตอบ 3. คำตอบที่ต้องการ 4. คำสั่งหรือข้อเสนอแนะสำหรับขั้นต่อไป

จะสังเกตเห็นว่าโปรแกรมแบบที่ 3 นี้มีรูปร่างคล้ายแบบที่ 1 ข้อแตกต่างก็คือ นักเรียนสนองตอบโดยคิดเอาเองไม่ได้นำมาจากกรอบเหมือนแบบที่ 1

In most companies, the greater the skill required of an employee, the greater the financial reward to the employee.	1
Thus a scientist could reasonably expect more/less pay than a laborer.	2
“	
_____	
more	3
_____	
Go to the next frame.	4
_____	

**แบบที่ 4**



มีรูปแบบคล้ายแบบที่ 2 โดยมีลักษณะ ดังนี้

1. ให้ความรู้หรือคำอธิบายกว้าง ๆ พร้อมด้วยแผนภาพประกอบ
2. ให้ตัวอย่าง
3. คำถามให้ตอบ
4. คำตอบที่ต้องการ และแสดงภาพประกอบด้วย
5. ทำข้อต่อไป หรือแนวทางอื่น

จากตัวอย่างนี้อธิบายเพิ่มเติมได้ว่า รูปภาพมีประโยชน์ในการเสนอความรู้ หรือข้อแนะนำเบื้องต้นเพื่อเป็นสิ่งเร้าให้นักเรียนสนองตอบ นักเขียนโปรแกรมส่วนมากก็เห็นว่าโปรแกรมที่มีภาพนั้นเป็นของดี แต่ในการเขียนโปรแกรมขั้นแรก ๆ ก็ควรใช้คำพูดให้มากที่สุดและพยายามฝึกหัดใช้ภาพในภายหลัง ข้อที่น่าเป็นห่วงในการเขียนโปรแกรมแบบลิเนียลก็คือนักเรียนขาดการฝึกฝนในการตอบคำถามอย่างเพียงพอ ตัวโปรแกรมนั้นมีกรอบบรรจุอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละกรอบจะมีคำไข (Key Word) อยู่ แม้ว่านักเรียนจะใช้คำในกรอบมาตอบ แต่ก็เป็น การช่วยนักเรียนในการฝึกหัดเขียนคำนั้น ๆ หลังจากที่ยื่นความรู้อื่น ๆ มากขึ้น เขาก็จะสามารถเขียนคำนั้นได้คล่องโดยจำคำนั้นไว้ในใจ

**กรอบของแบบที่ 4 (แบบสาขา)**

ในการสอนเกี่ยวกับความจริงที่ไม่ต้องพิสูจน์ (axiom) ไม่ควรใช้วิธี Copy frame และการเรียนท่องจำอย่างนกแก้ว ขุนทอง ก็ไม่ใช่วิธีการเรียนรู้ ควรจะสอนให้นักเรียนได้เกิดความเข้าใจ และฝึกฝนบทเรียนเฉพาะที่เข้าใจเท่านั้น

Ohm's law can be summarized by the diagram shown here;		1
if you cover any one unknown quantity with a finger, the others are left in their correct relationship.		2
For example, $I = \frac{E}{R}$		3
$R = ?$		4
$R = \frac{E}{I}$ 		4
If you were correct, go the frame 42		5
if you were incorrect go to the next frame.		5

ทางหนึ่งที่จะสร้างความสามารถในการฝึกหัดทำบทเรียนก็คือ วิธีที่เรียกว่า Vanishing หรือ Fading หรือบอกไป คือ การใช้วิธีการแนะ แล้วค่อย ๆ ลดลงทีละน้อย ๆ ประมาณ 3-4 กรอบต่อเนื่องกัน แล้วตามด้วยการสรุปเพื่อทดสอบความรู้จากที่เรียนรู้มาในกรอบต้น ๆ ถ้าต้องการให้แน่ใจว่านักเรียนได้เรียนรู้จริง ก็โดยพยายามให้นักเรียนได้ฝึกหัดสนองตอบหลาย ๆ ด้านโดยใช้ตัวอย่างจากชีวิตประจำวันของเด็กเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจดีขึ้น ดังตัวอย่าง

1	An adult insect has six legs. Since an ant has six legs, it is an in _____	Copy frame
	<u>insect</u>	
2	One way telling if you are looking at an insect is to count its 1 _____s.	Prompting frames, giving dim ishing amount of help
	<u>legs</u>	
	An insect has (#) _____ legs. Six	
4	A spider has eight legs. It <u>is/is not</u> an insect. _____ is not	fading to
5	Because an ant has _____ legs, it is classified as a (n) _____	test or criterion frame
	six insect	

การเขียนโปรแกรมแบบลิเนียร์นั้นอาจทำเป็นแบบเลือกตอบได้ดังตัวอย่างที่ 3 ที่ใช้คำว่า มากกว่า/น้อยกว่า หรืออาจทำเป็นแบบสาขาได้ดังตัวอย่างที่ 4 อย่างไรก็ตามก็ยังมีหลักในการเขียนโปรแกรมอยู่ข้อหนึ่งที่ว่า “Teaching from the known to the unknowns” (สอนในสิ่งที่รู้แล้วไปหาสิ่งที่ไม่รู้) Pe er Pipe ได้แนะนำการเขียนโปรแกรมแบบลิเนียร์เพิ่มเติมว่า

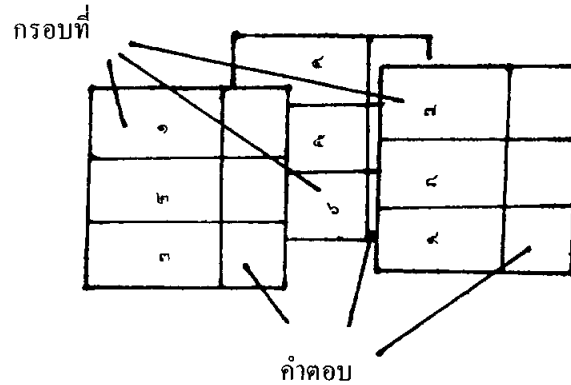
1. พยายามสร้างบทเรียนตามพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น (เราไม่อาจสร้างบ้านได้ถ้าปราศจากการวางรากฐานที่มั่นคงแข็งแรง อย่าทำงานแบบเรียนรู้ไปทำไปโดยไม่หลัก (ยึด)
2. ให้นักเรียนสนองตอบเนื้อหาบทเรียนด้วยความฉับไว และถูกต้อง (เราไม่อาจดูพฤติกรรมที่แสดงออกของนักเรียนได้ นอกจากดูได้จาก การสนองตอบที่ถูกต้องของเขา เพราะ

ถ้านักเรียนสามารถกระโดดได้สูง 3 ฟุต ก็ไม่จำเป็นจะต้องให้เขากระโดดสูงถึง 6 ฟุต นั่นคือ เขาทำได้แต่เพียงคัดลอกคำต่าง ๆ ก็ไม่จำเป็นจะต้องใช้คำเหล่านั้นให้ถูกต้องด้วย)

ข้อแนะนำทั้ง 2 ประการดังกล่าวมานี้มักจะได้รับการมองข้ามจากผู้เขียนโปรแกรมใหม่ ๆ เสมอ ขอให้พยายามเขียนโปรแกรมที่ง่าย ๆ เสียก่อนแล้วค่อยเขียนชนิดที่ยากซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับ และเพื่อเป็นการจัดรูปแบบของโปรแกรมแบบลิเนีย ให้มีลักษณะแตกต่างกันออกไปเท่าที่นิยมมีรูปดังนี้คือ

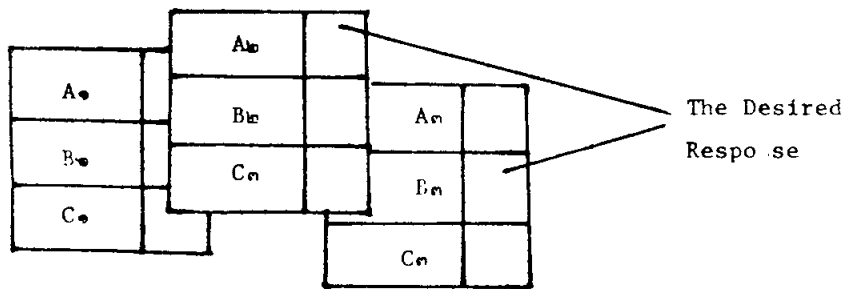
### 1. แบบ Straight Forward

เป็นแบบเรียนที่เรียงข้อไปในหน้าเดียวกันตลอดเล่ม



### 2. Complex Linear Program

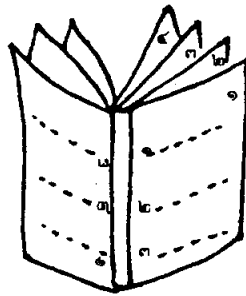
แบ่งเนื้อหาบทเรียนเป็น 3 ตอน คือ ตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง แต่ละตอนจะเป็นบทเรียนแต่ละเรื่องของตนโดยตลอด (ดังภาพ)





### 3. แบบกลับหัว กลับหาง

บทเรียนจะเรียงลำดับแต่ละหน้าเป็นข้อ ๆ ตั้งแต่ต้นจนจบเหมือนแบบที่ 1 แล้วบทเรียนจะตั้งต้นใหม่จากปกหลังเรียงลำดับข้อจนจบบทเรียน บทเรียนที่ตั้งต้นจากปกหลังนี้พิมพ์ กลับหัว กับบทเรียนแรก ดังภาพ



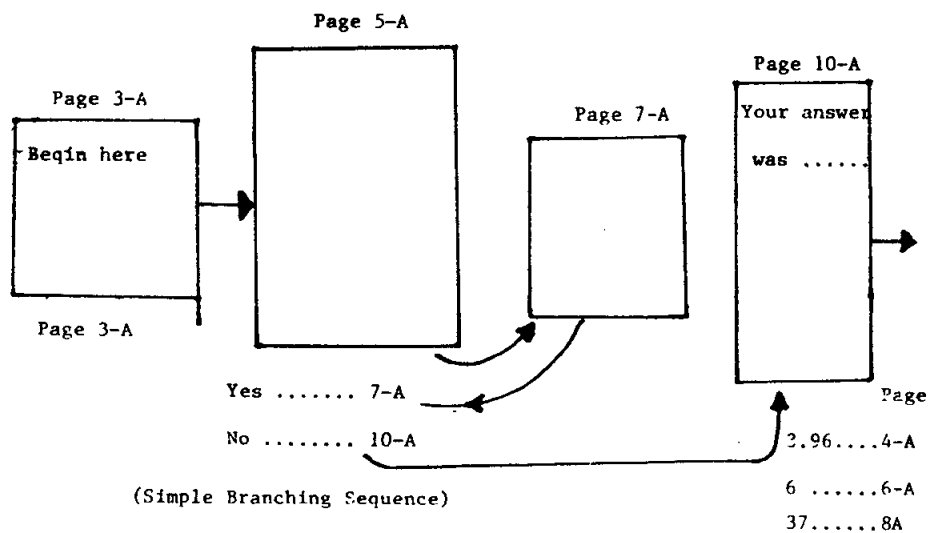
### รูปแบบโปรแกรมแบบสาขา

ลักษณะหรือรูปแบบส่วนใหญ่ที่สำคัญของโปรแกรมแบบสาขา ก็คือ

1. เสนอความรู้แก่นักเรียน
2. นักเรียนได้รับคำถาม และสนองตอบจากตัวเลือกที่ให้
3. นักเรียนเรียนไปตามแนวทางที่ตนเองสนองตอบ

4. แบบ หรือการสนองตอบที่ถูกต้องหรือเหมาะสมจะนำไปสู่เนื้อหาใหม่ต่อไป แต่ถ้านักเรียนสนองตอบผิดหรือไม่เหมาะสม เขาจะต้องทำบทเรียนเพื่อให้ความรู้เพิ่มเติมแล้วกลับไปทำบทเรียนเดิมให้ถูกต้องเสียก่อนจึงจะมีโอกาสเรียนบทเรียนใหม่ต่อไป

(ดูตัวอย่างได้จากหน้าต้น ๆ เกี่ยวกับลักษณะโปรแกรมแบบสาขา)



ขนาดของชั้นแต่ละชั้นของโปรแกรมแบบสาขานี้ไม่แน่นอน แล้วแต่นักเขียนโปรแกรม จะใช้วิจารณ์ญาณว่าควรจะใช้รูปแบบอย่างไร และมากน้อยเพียงใด บทเรียนที่มีช่วงกว้าง ย่อมเขียนง่ายกว่าบทเรียนที่มีขั้นบันได ๑ ขอแนะนำว่าผู้ที่เขียนโปรแกรมนั้นควรเริ่มด้วยการ ฝึกหัดเขียนโปรแกรมแบบลิเนียก่อน จึงจะเขียนโปรแกรมแบบสาขาต่อไป

### **Peter Pipe** แนะนำว่าในการเขียนโปรแกรมนั้น

1. ทำให้เนื้อหาบทเรียนเป็นตัวกำหนดรูปแบบของโปรแกรม ไม่ควรกำหนดหรือตกลงใจว่าจะเขียนบทเรียนเป็นแบบนี้แบบนั้นก่อนลงมือเขียนจริง ๆ และจะไม่ฉลาดนักถ้าจะกำหนดเวลาในการเขียนว่าควรใช้เวลาเท่าใดสำหรับการเขียนโปรแกรมแต่ละหน้า โปรดจำไว้ว่า ไม่มีกฎใดบอกว่าคำถามแบบเลือกตอบนั้น จะต้องมีการตอบที่เป็นตัวเลือกนั้นจำนวนเท่านี้เท่านี้ตายตัว

2. คำตอบผิดที่นักเรียนเลือกตอบ ต้องถือว่านักเรียนตอบผิดจริง ๆ ไม่ควรไปตำหนิหรือดูนักเรียน เพราะอาจมีสาเหตุจากตัวโปรแกรมที่ไม่สื่อความหมายกับนักเรียนก็ได้ และถ้าสามารถวิเคราะห์คำตอบผิดของนักเรียนได้ ก็ควรไต่ถามถึงสาเหตุของความเข้าใจผิด และตอบผิดนั้นแล้วหาทางอธิบายให้เข้าใจ (เพราะเขาอาจไม่เข้าใจบทเรียนแต่แรกแล้วก็ได้)

3. คำถามที่ใช้ในโปรแกรมไม่ควรใช้วัดระดับความสามารถในการปฏิบัติของนักเรียน เพราะความมุ่งหมายก็คือการทดสอบว่า นักเรียนเกิดการสื่อความหมายหรือไม่ต่างหาก โปรแกรมไม่ใช่กิจกรรมที่ส่งเสริมให้มีการเดา (Guessing Game)

4. ตัวโปรแกรมจะต้องวางขอบเขตของเนื้อหาที่สำคัญที่ต้องการเท่านั้น สิ่งที่ต้องระวังก็คือมักจะมีสิ่งที่ชวนให้คิดว่าเนื้อหาตอนนั้นไม่เกี่ยวข้องควรข้ามไปได้ จึงพยายามขจัดหลุมพรางอันนี้เสีย โดยคิดใคร่ครวญให้มากเพื่อที่จะหาสร้างความรู้ความเข้าใจแก่นักเรียนแล้วสร้างคำถามที่คิดได้นั้น

5. พยายามค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดที่จะช่วยกำจุนการสร้างความรู้ความเข้าใจต่าง ๆ แก่นักเรียน ตัวอย่างที่ยกมาก็ไม่ควรซ้ำกับบทเรียน แต่ให้นักเรียนตอบโดยอาศัยการเชื่อมโยงจากประสบการณ์เดิมของเขา

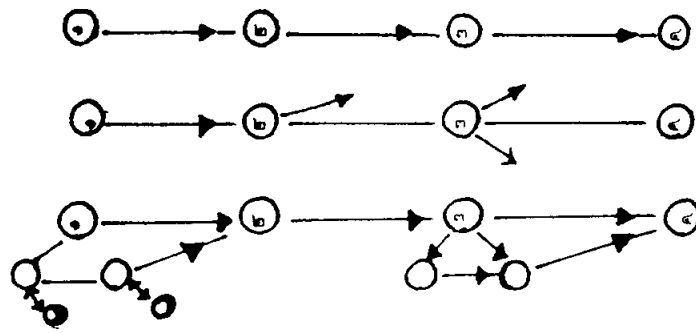
6. เมื่อเขียนคำถามเสร็จ ตัวเลือกที่เป็นตัวถูกย่อมเขียนง่ายกว่าตัวเลือกที่เป็นตัวผิด เพราะถ้าต้องการให้นักเรียนเรียนรู้อะไรก็เลือกอันนั้นเป็นตัวถูก ส่วนตัวเลือกผิดนั้นอาจนำมาจากคำตอบผิดของนักเรียนที่ได้มาตอนที่นำเอาโปรแกรมไปทดลองใช้ (Pretest) ในการแก้ไขปรับปรุงระยะแรก ๆ ด้วยวิธีนี้เราก็อาจทราบได้เหมือนกันว่า คำถามบางอันไม่จำเป็นต้อง

มีตัวเลือกก็ได้ โดยทำเป็นแบบเติมคำจะเหมาะกว่า และคงเป็นคำตอบของคำถามที่ว่าผู้เขียนบางคนทำไมจึงมีความสนใจที่จะเขียนโปรแกรมแต่ละแบบไม่เหมือนกัน

7. หลีกเลี่ยงการบอกใบ้ หรือการชี้แนะหลาย ๆ ของตัวเลือกแต่ละตัวอย่าให้เด่นชัดเด่นด้อยกว่ากันอย่างชัดเจน เช่น ใช้ตัวเลือกยาวกว่าปกติ ใช้ตัวเลือกที่ไม่เข้าพวก หรือนักเรียนจัดได้ว่าตัวเลือกอื่นที่สามมักเป็นข้อที่ถูก เป็นต้น

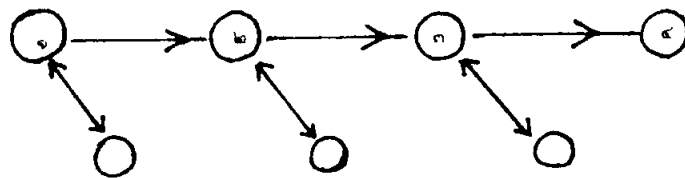
8. หลีกเลี่ยงการวางกลเม็ด หรือกับดักในคำถามไม่ควรใช้คำว่า เสมอ ๆ หรือไม่เคยเลย ควรจะบอกนักเรียนก่อนลงมือทำว่าไม่ใช่การสอบเขวาร์น หรือมีกลลวงใด ๆ ในคำถามแต่เป็นการทดสอบความรู้จริง ๆ

# แผนผังรูปแบบโปรแกรม

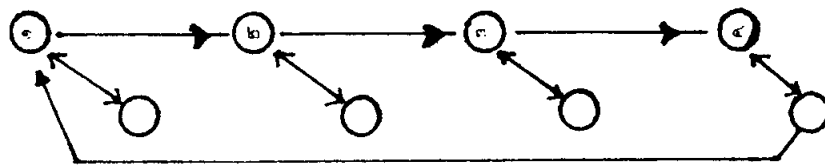


แบบแรกเป็นแผนผังบทเรียนโปรแกรมแบบลิเนียลที่นักเรียนจะต้องสร้างการสนองตอบเอง ซึ่งเป็นของสกินเนอร์กับแบบที่สองนักเรียนเลือกคำตอบได้ถูกต้องเสียก่อนจึงจะเห็นสิ่งเร้าอันถัดไปได้ นักเรียนจะเดินตามลำดับคำถาม แบบเลือกตอบอย่างเดียวกันทุกคนจึงเป็นแบบลิเนียล ส่วนแบบที่ 3 เป็นโปรแกรมที่ติดขึ้นโดยคราวเดอร์ เรียกว่า โปรแกรมแบบสาขา ดูคล้ายแบบที่สอง แต่ก็แตกต่างกันอยู่มาก ต่อไปนี้เป็นแผนผังของบทเรียนแบบสาขาซึ่งใช้เมื่อการเขียนโปรแกรมได้เสร็จสิ้นลงแล้ว ไม่ใช่เขียนขึ้นก่อนการเขียนโปรแกรม และไม่ให้นำไปเขียนโปรแกรมตามแนวทางนี้เพื่อทดสอบว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นนั้นได้ผลตามที่ต้องการหรือไม่

การแยกสาขาตามลักษณะพื้นฐานสามารถใช้เป็นวิธีอธิบายว่าที่ผิวนั้นทำไมจึงผิดหลังจากอธิบายดังนั้นแล้วก็ส่งนักเรียนกลับไปยังหน้าที่เพิ่งผ่านมา และพยายามเรียนใหม่ซึ่งเขียนเป็นแผนผังดังนี้

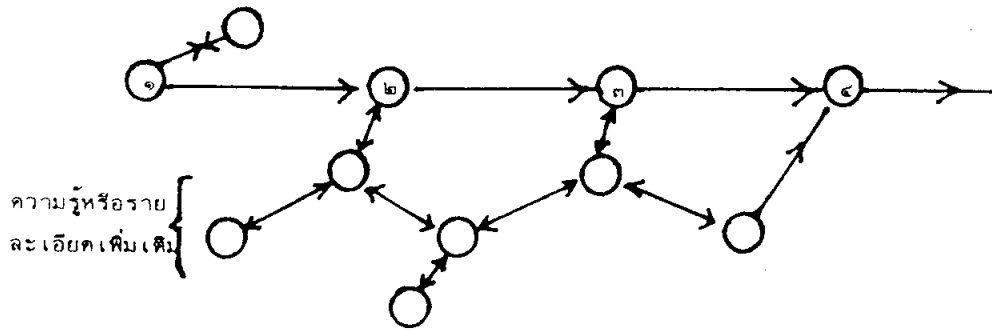


การแยกสาขาสามารถใช้สำหรับแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนที่ไม่เข้าใจสิ่งที่เขาเรียนผ่านไปแล้ว ซึ่งเขียนเป็นแผนผัง ได้ดังนี้

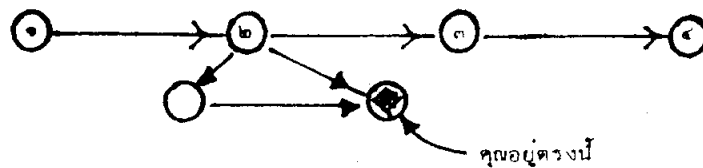


(คำตอบที่นักเรียนทำผิดจะส่งนักเรียนกลับมาเริ่มต้นใหม่)

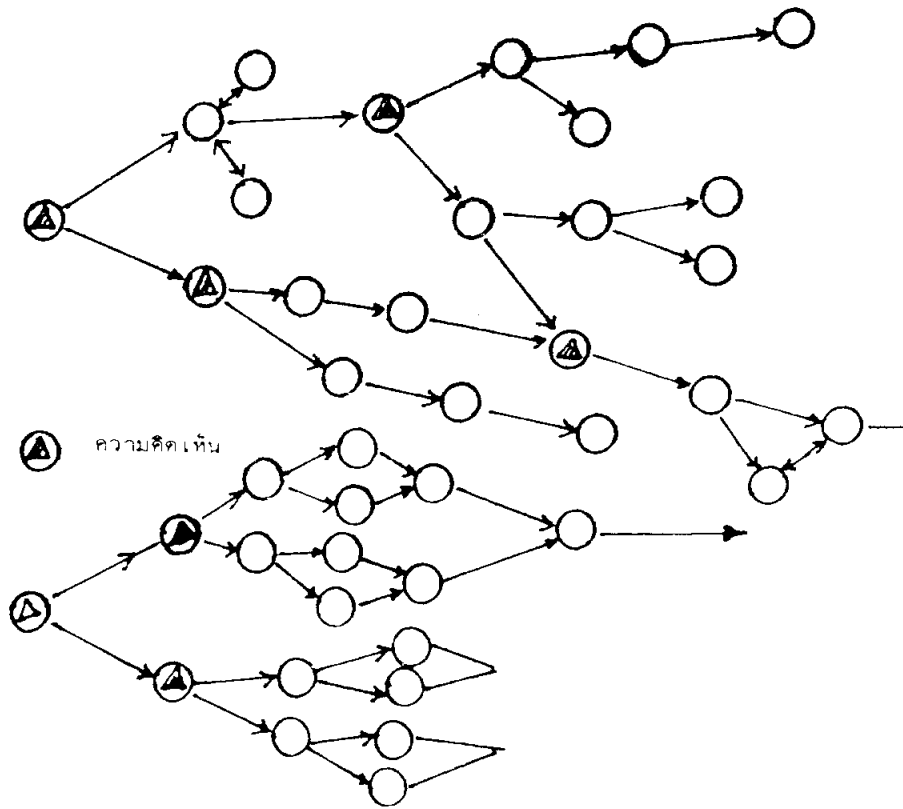
การแยกสาขาสามารถใช้สำหรับช่วยให้นักเรียนที่มีพื้นดีแล้วเรียนไปได้เร็วกว่านักเรียนที่ต้องการอธิบายเพิ่มเติม ซึ่งมีลักษณะดังนี้



การแยกสาขาสามารถใช้สำหรับช่วยให้นักเรียนเลือกได้ นั่นคือเขาสามารถตัดสินใจว่าเขาต้องการเรียนให้ลึกแค่ไหน ทำไมจึงต้องใช้วิธีแยกสาขา เหตุผลก็คือ “การมีทางเลือกไว้ให้เลือกหลายทางย่อมนำมาไปสู่ที่ใดที่หนึ่งได้”



ในด้านสติปัญญาของนักเรียนนั้นกล่าวได้ว่า นักเรียนคนไหนที่มีพื้นฐานหรือสติปัญญาดี ย่อมเรียนไปได้เร็วกว่านักเรียนที่มีสติปัญญาต่ำกว่า ส่วนปัญหาที่เกี่ยวกับคำตอบที่ถูกเกินกว่าคำตอบเดียว และอาจมีปัญหาก็เป็นอันมากที่ไม่มีคำตอบที่ “ถูก” เลย ในบทเรียนแบบสาขานั้นเราอาจใช้ความคิดเห็นต่าง ๆ เป็นตัวเลือก บทเรียนก็จะจัดให้ตามความแตกต่างของการเลือกของนักเรียนแต่ละคน นั่นก็หมายความว่าวิชาต่าง ๆ เช่น การเมือง หรือวิชาปรัชญา นั้น ก็สามารถนำมาทำเป็นบทเรียนแบบสาขาได้ และจากความรู้ความสามารถ และทัศนคติของนักเรียนที่มีอยู่ต่าง ๆ กันนั้น บทเรียนก็จะเสนอความคิดรวบยอดกว้างขวางลึกซึ้งและซับซ้อนต่างกันไป และอาจจะเป็นบทเรียนยาวมาก เพราะอาจมีเส้นทางหลักหลายเส้นทางวิ่งควบคู่กันไป เช่น ถ้านักเรียนถูกถามให้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับบางสิ่งที่เขาไม่รู้เรื่องเลย บทเรียนก็จำเป็นต้องเติมความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงให้เขาในระหว่างทางด้วย ดังนั้นรูปแบบบทเรียนโปรแกรมแบบสาขาที่ว่าด้วย ความคิดอาจเป็นทำนองนี้



สิ่งสำคัญอยู่ที่ว่า บทเรียนจะต้องนำไปสู่จุดหมาย (Goal) ที่ต้องการ ซึ่งจะเป็นเกณฑ์ตัดสินคุณภาพของบทเรียน หาใช้ความยาวความสั้นของบทเรียนแต่อย่างใดไม่

### ข้ออื่น ๆ ที่ควรพิจารณาเกี่ยวกับบทเรียนแบบโปรแกรม

โดยทั่วไปบทเรียนโปรแกรมที่ใช้กันอยู่ก็มีอยู่ทั้ง 2 แบบ ดังกล่าวมาแล้ว คือ แบบลิเนียลและแบบสาขา ในด้านความแตกต่างของโปรแกรมทั้ง 2 แบบก็ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น ๆ ส่วนเทคนิคเฉพาะต่าง ๆ ของการเขียนโปรแกรมทั้งสองแบบก็คล้าย ๆ กัน เช่น ความต่อเนื่องโดยลำดับของเนื้อหาการใช้หลักการจูงใจผู้เรียน วิธีการจางหาย (Vanishing) การทดลองใช้เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขบทเรียนก่อนที่จะนำไปใช้จริง ๆ ซึ่งแม้โปรแกรมแบบสาขาจะเป็นแบบเลือกตอบ ก็ใช้วิธีเดียวกันนี้เช่นกันอย่างไรก็ดี ในการเขียนบทเรียนแบบโปรแกรมมักจะมีคำถามถามเสมอว่า วางแผนงานอย่างไร มีวิธีการเลือกผู้เขียนโปรแกรมอย่างไร จะใช้เวลาในการเขียนนานสักเท่าใด เป็นต้น ซึ่งเป็นคำถามที่น่าสนใจ เพราะการปฏิบัติจริง ๆ นั้นจะต้องมีการพิจารณากันพอสมควรทั้งนักวิชาการและนักบริหาร

## ใครควรเป็นผู้ทำบทเรียนโปรแกรม

คำถามที่มักจะได้ยินเสมอ ๆ ก็คือ “ใครควรเป็นสมาชิกในกลุ่มผู้เขียนโปรแกรม” เพราะโปรแกรมแทบทุกโปรแกรมมักทำงานกันเป็นคณะ มากกว่าทำคนเดียว จำนวนผู้เขียนต้องแล้วแต่เนื้อหาวิชาประสบการณ์ของผู้เขียนในเรื่องนั้น ๆ ระยะเวลาที่ใช้และการเงินที่จะต้องใช้จ่าย โดยทั่วไปแล้วผู้เขียนบทเรียนโปรแกรมมักจะเป็นบุคคลหลายประเภท เช่น ผู้มีความรู้ในบทเรียนที่จะเขียน นักจิตวิทยาที่มีความรู้ หรือคุ้นเคยกับการเรียนการสอนแบบโปรแกรม ผู้มีความรู้ทางด้านการเขียน การพิมพ์ ตลอดจนกลุ่มนักเรียนที่ใช้ในการทดสอบความรู้เพื่อปรับปรุงโปรแกรมด้วย เพราะพวกเขามีส่วนช่วยในการทำให้โปรแกรมเสร็จสมบูรณ์ด้วยเหมือนกัน โปรแกรมส่วนมากมักจะต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ มีประสบการณ์ในการเป็นครูและเคยได้รับความรู้หรือการฝึกอบรมในการเขียนโปรแกรมมาแล้ว ดังนั้นถ้าจะมีคำถามว่า ครูประจำการควรจะอยู่ในคณะผู้เขียนโปรแกรมด้วยหรือไม่ คำตอบก็คือ สมควร เพราะครูย่อมรู้ว่านักเรียนจะสนองตอบบทเรียนอย่างไร และข้อนี้ นักเขียนโปรแกรมอาจลืมไปก็ได้

## คุณลักษณะของนักเขียนโปรแกรมที่ดี

D.E.P. Smith (1959) พยายามตอบคำถามนี้ และพบว่า เป็นสิ่งที่ตอบได้ยาก เขาสรุปงานวิจัยในเรื่องนี้ว่า นักเขียนโปรแกรมที่ดีนั้น จะต้องมียุทธศาสตร์ต่าง ๆ คือ มีความสามารถในการวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ได้ดี อุปมาและอุปมัยได้เก่ง และทำงานทุกประเภทอย่างมีระบบ และใช้วิธีการโดยถูกต้องสมบูรณ์แบบ เป็นผู้ที่ไม่พอใจที่จะเห็นสิ่งใดคงอยู่กับที่แต่รักที่จะหาวิธีการที่ดีกว่าหรือเหมาะสมกว่าเพื่อให้เกิดการสื่อความหมายที่ดีกว่า ด้วยหลักเกณฑ์นี้ แบบทดสอบทางจิตวิทยาที่อาจนำมาใช้เพื่อทำการคัดเลือกหานักเขียนโปรแกรมได้ แม้ว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบและทักษะการเขียนโปรแกรมอาจจะไม่ได้ผลตามที่ต้องการก็ตาม สมิทธิกล่าวไว้ว่า ความสนใจในอาชีพก็อาจเป็นข้อช่วยพิจารณาในการคัดเลือกบุคคลเพื่อเขียนโปรแกรมด้วย เพราะบุคคลที่มีความสนใจในงานที่ตัวเองทำมักจะได้รับความสำเร็จมากกว่าบุคคลทั่วไป

## ควรใช้เวลานานเท่าไรในการเขียนบทเรียนโปรแกรม

เป็นไปได้ที่จะกำหนดตายตัวลงไปว่าการเขียนโปรแกรมที่ดีนั้นจะใช้เวลานานสักเท่าไร สิ่งหนึ่งก็คือไม่มีมาตรฐานอะไรที่จะตัดสินได้ว่าโปรแกรมใดสมบูรณ์แล้วโดยไม่ต้องมีการเพิ่มเติม หรือปรับปรุงแก้ไขอะไรอีก นักวิชาการ 2 คู่ คือ Klaus กับ Lumsdair (1960) และ Riqney กับ Fry (1961) ได้ทำการทดสอบดูเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม ปรากฏว่าแต่ละคู่ได้ใช้เวลาในการเขียนโปรแกรม 8-16 ชั่วโมงต่อวัน และก็เป็นกรอบที่ยังหยاب

อยู่เท่านั้น แสดงว่ายังต้องใช้เวลาในการปรับปรุงบทเรียนอีก John Barlow นักเขียนโปรแกรม ได้กล่าวว่า เวลาที่ใช้เขียนโปรแกรมนั้นขึ้นอยู่กับผู้เขียนนั้นมีความเกี่ยวข้อง หรือมีความรอบรู้ ในเนื้อหาที่จะเขียนนั้นอย่างไร เขาได้ยกตัวอย่างมาจากประสบการณ์ของเขาว่า เขาเคยเขียน โปรแกรมวิชาหนึ่งโดยใช้เวลาถึง 18 เดือน เนื้อหาบทเรียนตอนแรกซึ่งมีประมาณ 28 ข้อ เขาใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง (แต่ละข้อยังเป็นงานที่หยาบอยู่) ซึ่งหมายความว่าก่อนที่เขา จะเขียนบทเรียน 28 ข้อดังกล่าวได้เขาต้องใช้เวลาเพื่อใช้ในการอ่านค้นคว้า ใช้ความคิดพิจารณา และสร้างแบบหรือสูตรประมาณ 100 ชั่วโมง จอห์น บาร์โลว์ นักเขียนโปรแกรมที่เรียกว่า แบบการสนทนาเป็นลูกโซ่ (Conversational chaning) กล่าวเพิ่มเติมว่าหลังจากที่ได้เขียนกรอบ ต่าง ๆ ที่ยังหยาบอยู่นั้นแล้วก็ต้องอ่านทบทวนเนื้อหาเหล่านั้นอย่างน้อย 25 ครั้ง จนกระทั่ง พอใจแล้ว และเมื่อบทเรียนเรียบร้อยหลังจากนำไปแก้ไขปรับปรุงแล้ว ก่อนลงมือพิมพ์ออก เผยแพร่ก็ต้องนำมาอ่านทบทวนอีกอย่างน้อย 15 ครั้ง (บทเรียนที่เขากล่าวถึงนี้หมายถึง บทเรียนแบบการสนทนาเป็นลูกโซ่) ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อความที่เป็นเนื้อหาบทเรียนแล้วให้นักเรียนตอบคำถาม โดยเติมคำลงในช่องว่างที่ให้ไว้ส่วนตัวคำตอบจะเป็นคำหรือข้อความที่ พิมพ์เป็นตัวหนา ๆ แทรกอยู่ในเนื้อหาของบทเรียนในข้อต่อไปและจะต่อเนื่องแบบนี้เรื่อยไป จนจบบทเรียน