

บทที่ 10

การวิเคราะห์ข้อสอบ

เนื้อหา

หลักการวิเคราะห์ข้อสอบที่ผู้เขียนจะกล่าวถึงต่อไปนี้ แยกเนื้อหาออกเป็นตอน ๆ ดังนี้

- 10.1 ความหมายและจุดประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อสอบ
- 10.2 การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม
- 10.3 การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์
- 10.4 หลักการพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ
- 10.5 ประโยชน์ของการวิเคราะห์ข้อสอบ
- 10.6 ธนาคารข้อสอบ
- 10.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีเส้นโค้งเอส-พี

วัตถุประสงค์

เมื่อผู้อ่านศึกษารายละเอียดของเนื้อหาบทที่ 10 แล้ว ควรจะมีความสามารถดังนี้

1. บอกความหมายและจุดประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อสอบได้
2. วิเคราะห์ข้อสอบได้
3. แปลความหมายค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ได้
4. บอกเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อสอบได้
5. บอกประโยชน์ของการวิเคราะห์ข้อสอบได้
6. สร้างธนาคารข้อสอบได้

10.1 ความหมายและจุดประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อสอบ

การวิเคราะห์ข้อสอบหมายถึงวิธีการประเมินคุณภาพของข้อคำถามแต่ละข้อว่ามีคุณลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์ที่ผู้ออกข้อสอบต้องการหรือไม่

จุดประสงค์ที่สำคัญของการวิเคราะห์ข้อสอบ ก็เพื่อช่วยให้ผู้สร้างข้อสอบมีข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพิจารณาคัดเลือกข้อสอบข้อที่มีคุณภาพดีจากข้อสอบที่มีอยู่ และเพื่อช่วยในการปรับปรุงข้อสอบที่มีคุณภาพไม่ค่อยดีให้เป็นข้อสอบที่ดีขึ้น ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อสอบจึงเป็นการจัดหาข้อมูลเพื่อจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อตรวจสอบดูว่าข้อสอบข้อใดบ้างที่เป็นข้อสอบที่มีคุณภาพไม่ดี หรือเป็นข้อสอบที่มีจุดบกพร่อง
2. เพื่อกำหนดความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ ซึ่งข้อมูลนี้จะช่วยให้ผู้สร้างข้อสอบสามารถเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากเหมาะสมกับจุดประสงค์ของการทดสอบ

3. เพื่อกำหนดค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ
4. เพื่อกำหนดค่าสหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อ ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สร้างข้อสอบในการจัดกลุ่มข้อสอบ ที่มีเนื้อหาคล้ายคลึงกันไว้ด้วยกัน
5. เพื่อจัดหาข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการแปลความหมาย หรือการอภิปรายเกี่ยวกับผลการทดสอบ

10.2 การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม

เนื้อหาของการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม มีรายละเอียดที่จะกล่าวถึงดังนี้

- 10.2.1 การแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบ
- 10.2.2 การวิเคราะห์ข้อสอบโดยใช้ตารางสำเร็จของ Chung-Teh Fan
- 10.2.3 การวิเคราะห์ข้อสอบโดยใช้สูตรคำนวณอย่างง่าย ๆ
- 10.2.4 การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อแบบง่าย ๆ
- 10.2.5 การหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์

10.2.1 การแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบ

ขบวนการวิเคราะห์ข้อสอบเกี่ยวข้องโดยตรงกับการกำหนดระดับความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบแต่ละข้อ จึงมีความจำเป็นที่ผู้อ่านจะต้องเข้าใจความหมายของคำว่า “ระดับความยาก” และ “อำนาจจำแนก” ของข้อสอบเสียก่อนจึงจะทำให้สามารถแปลความหมายข้อมูล ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบได้อย่างถูกต้อง ค่าวิเคราะห์ของตัวถูกนี้ เราถือว่าเป็นตัวเลขที่แสดงถึงคุณภาพของข้อสอบข้อนั้น ๆ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบ แยกได้เป็น 2 พวก คือ ข้อมูลของตัวเลือกที่เป็นตัวถูก กับข้อมูลของตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ดังนั้นในการแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบจึงต้องแยกอธิบายเป็น 2 พวก ดังนี้

ก. การแปลความหมายค่าวิเคราะห์ของตัวถูก

1. ระดับความยาก (Level of difficulty : p)

ระดับความยากของข้อคำถามใด (ใช้แทนด้วยอักษร p) หมายถึงจำนวนเปอร์เซ็นต์หรือสัดส่วน (percentage or proportion) ของนักเรียนที่เลือกตอบตัวเลือกนั้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับจำนวนนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด ดังนั้น

$$p = \frac{\text{จำนวนคนที่เลือกตอบตัวเลือกนั้น}}{\text{จำนวนคนตอบทั้งหมด}}$$

ถ้าตัวเลือกที่นำมาวิเคราะห์เป็นตัวถูก ค่า p ก็จะหมายถึงเปอร์เซ็นต์ หรือสัดส่วนที่ผู้เข้าสอบกลุ่มนั้นทำข้อสอบถูก ดังนั้น

$$p = \frac{\text{จำนวนคนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก}}{\text{จำนวนคำตอบทั้งหมด}}$$

ลักษณะความยากของข้อสอบแต่ละข้อ หรือแต่ละตัวเลือกมี ดังนี้

- 1) p (ระดับความยาก) มีค่าตั้งแต่ .00 ถึง 1.00
- 2) ถ้านักเรียนเลือกตอบตัวเลือกใดมาก แสดงว่าข้อหรือตัวเลือกนั้นง่าย ค่าของ p จะสูง
- 3) ถ้านักเรียนเลือกตอบตัวเลือกใดน้อย แสดงว่าข้อหรือตัวเลือกนั้นยาก ค่าของ p จะต่ำ
- 4) ถ้านักเรียนทำข้อสอบข้อใดถูก 100% (ไม่ผิดเลย) แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่ายมาก ($p = 1.00$)
- 5) ถ้าข้อสอบข้อใดไม่มีคนตอบถูกเลย หมายความว่าข้อสอบข้อนั้นยากมาก ($p = .00$)
- 6) ข้อสอบที่มีค่า $p = .50$ ถือว่าข้อสอบข้อนั้นยากพอเหมาะ หมายความว่า เป็นข้อสอบที่มี 50% หรือครึ่งหนึ่งของผู้เข้าสอบตอบถูก อย่างไรก็ตามถ้าข้อสอบข้อ 1 และข้อ 5 ต่างก็มีค่า $p = .50$ ไม่ได้หมายความว่าผู้ที่ตอบข้อ 1 ถูก จะต้องตอบข้อ 5 ถูกด้วย ผู้ที่ตอบข้อ 5 ถูก อาจจะเป็นนักเรียนคนอื่น แต่จะมีจำนวนเท่ากับครึ่งหนึ่งของผู้เข้าสอบเช่นกัน
- 7) การแปลความหมายระดับความยากของข้อสอบ
 - $p .81 - 1.00$ เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก
 - $p .61 - .80$ เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
 - $p .41 - .60$ เป็นข้อสอบที่ง่ายพอเหมาะ
 - $p .21 - .40$ เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
 - $p .00 - .20$ เป็นข้อสอบที่ยากมาก

2. อำนาจจำแนก (Discrimination index : r)

อำนาจจำแนก (ใช้แทนด้วยอักษร r) ของข้อคำถามใด หมายถึงประสิทธิภาพของข้อคำถามในการแบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มเก่งที่มีความรู้ กับกลุ่มอ่อน ที่มีความรู้น้อย ค่า r คือค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างคะแนนที่ได้จากการตอบข้อสอบข้อนั้น กับคะแนนรวมทั้งฉบับ ของผู้เข้าสอบคนเดียวกันนั้น วิธีการหาค่าอำนาจจำแนกมีหลายวิธี ซึ่งจะได้อธิบายให้ละเอียดในเนื้อหาต่อไป ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีความหมายดังนี้

- 1) ค่าอำนาจจำแนก หรือค่า r มีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง $+1.00$
- 2) ข้อสอบข้อใดที่นักเรียนกลุ่มเก่งทำถูกหมดทุกคนและนักเรียนกลุ่มอ่อนทำผิดหมดทุกคน r จะมีค่าเท่ากับ 1.00 จัดเป็นข้อสอบที่ดีเยี่ยมเป็นที่ต้องการยิ่ง
- 3) ข้อสอบข้อใดที่นักเรียนกลุ่มเก่งทำผิดหมด แต่นักเรียนกลุ่มอ่อนกลับทำถูกหมด r จะมีค่าเท่ากับ -1.00 แสดงว่าข้อสอบข้อนี้เป็นข้อสอบที่ไม่ดี เพราะเป็นข้อสอบที่ลวงเด็กเก่ง ซึ่งผิดจุดประสงค์ เพราะในการทดสอบใดนั้น ครูผู้ออกข้อสอบหวังว่านักเรียนที่เก่งจะต้องทำข้อสอบได้ แต่นักเรียนอ่อนจะทำข้อสอบไม่ได้
- 4) ข้อสอบข้อใดมีจำนวนนักเรียนกลุ่มเก่งและจำนวนนักเรียนกลุ่มอ่อนทำถูกเท่า ๆ กัน ข้อสอบข้อนี้จะมีค่า r เท่ากับ $.00$ แสดงว่าข้อสอบข้อนี้เป็นข้อสอบที่ไม่สามารถแยกนักเรียนเก่งออกจากนักเรียนอ่อนได้ นั่นคือ เราไม่สามารถจะบอกได้เลยว่าคนที่ทำข้อสอบนี้ถูกเป็นเด็กเก่งและมีความรู้ ในเรื่องที่ถามจริง ๆ หรือตอบถูกเพราะการเดา

Ebel (1972) ได้ให้ข้อเสนอแนะเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาอำนาจจำแนกของข้อสอบ ดังนี้

ดัชนีอำนาจจำแนก (ของตัวถูก)	คุณภาพของข้อสอบ
.40 ขึ้นไป	ดีมาก
.30 ถึง .39	ดีพอสมควร อาจต้องปรับปรุงบ้าง
.20 ถึง .29	พอใช้ได้แต่ต้องปรับปรุง
ต่ำกว่า .20	ใช้ไม่ได้ ต้องพิจารณาปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้งไปเลย

ข. การแปลความหมายค่าวิเคราะห์ของตัวลง

1. ค่า p จะเป็นตัวอย่างบ่งบอกให้ทราบว่า มีนักเรียนเลือกตอบตัวลงเป็นสัดส่วนเท่าใด ถ้าค่า ต่ำมาก แสดงว่าตัวลงนั้นไม่ค่อยมีใครเลือก เห็นสมควรจะต้องปรับปรุงเพราะไม่เกิดประโยชน์ใด ๆ ที่จะเขียนไว้เฉย ๆ โดยไม่มีใครเลือกตอบ

2. ค่า r มีหลักในการพิจารณา ดังนี้

- ถ้าค่า r ติดลบ แสดงว่าตัวลงนั้นไม่ดีต้องแก้ไข
- ถ้าค่า r เป็นศูนย์ แสดงว่าตัวลงนั้นไม่ดีต้องแก้ไข
- ถ้าค่า r เป็นบวก แสดงว่าตัวลงนั้นเป็นตัวลงที่ดี

10.2.2 การวิเคราะห์ข้อสอบโดยใช้ตารางสำเร็จของ Chung-Teh Fan

โดยทฤษฎีแล้ว ในการวิเคราะห์ข้อสอบนั้น เมื่อครูสร้างข้อสอบและนำไป

ทดสอบกับนักเรียนแล้ว ครูจะต้องนำเอาผลการสอบนั้นมาตรวจให้คะแนน แล้วมานั่งนับเป็นรายข้อว่า ข้อใดนักเรียนทำถูกกี่คน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ จากนั้นก็ใช้วิธีการทางสถิติคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่เราต้องการออกมา อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์แบบนี้นอกจากครูจะต้องมีความรู้ และความชำนาญในวิชาสถิติแล้ว ยังเป็นการเสียเวลามาก จึงมีนักวัดผลคิดวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบแบบง่าย ๆ ขึ้นมาเรียกว่า “เทคนิค 27%” นั่นคือ ครูไม่ต้องเอาคำตอบทั้งหมด (100%) มาวิเคราะห์เอามาแต่เพียง 27% ของเด็กเก่ง ๆ ที่ได้คะแนนมาก ๆ กับ 27% ของเด็กอ่อน ๆ ที่ได้คะแนนน้อย ๆ ก็พอ เหลือตรงกลางเป็นเด็กที่ได้คะแนนกลาง ๆ อีก 46% ไม่ต้องนำมาคิดการที่ใช้ 27% ไม่ใช่ 25% หรือ 30% ก็เพราะว่ามีผู้ทำวิจัยแล้วพบว่า การตัดหัวตัดหางมาคิดวิเคราะห์อย่างละ 27% นี้จะให้ผลได้เหมือนกันกับนำผลการสอบของนักเรียนทั้งหมด (100%) มาวิเคราะห์เช่นกัน

การใช้เทคนิค 27% มาเป็นหลักในการหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกนั้นสามารถทำได้โดยวิธี ดังต่อไปนี้

Chung - Teh Fan ได้สร้างตารางสำเร็จสำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบจากสูตรการคำนวณหา Product Moment Correlation ซึ่งจำแนกคนออกเป็นสองกลุ่ม โดยใช้เทคนิค 27% ข้อสอบที่จะนำมาวิเคราะห์โดยวิธีนี้จะต้องเป็นข้อสอบที่ให้คะแนนตอบถูก 1 และตอบผิด 0 เท่านั้น ข้อสอบประเภทที่ให้คะแนนแตกต่างไปจากนี้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีนี้

ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์มีดังนี้

1. ตรวจให้คะแนนกระดาษคำตอบ
2. เรียงกระดาษคำตอบของนักเรียนจากคะแนนสูงสุดมาหาคะแนนต่ำสุดกระดาษคำตอบที่มีคะแนนเท่ากันให้รวมอยู่ในลำดับเดียวกันโดยจะให้แผ่นใดอยู่ก่อนหลังก็ได้
3. คำนวณว่า 27% ของกลุ่มที่เข้าสอบทั้งหมดคิดเป็นจำนวนเท่าใด โดยเอา 0.27 คูณจำนวนทั้งหมด เช่น มีผู้เข้าสอบ 80 คน 27% จะเท่ากับ $80 \times 0.27 = 21.6$ หรือ 22 คน (ถ้าตัวเลขหลังจุดทศนิยมสูงกว่า .5 ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม 1 ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ .5 ให้ปัดทิ้งไป เช่น 20.4 ให้คิดเป็น 20 คน) ถ้ามีผู้สอบ 120 คน 27% จะเท่ากับ $120 \times 0.27 = 32.4 = 32$ คน

ในการวิเคราะห์ข้อสอบโดยใช้ตารางสำเร็จของ Chung - Teh Fan นั้น ผู้ทำการวิเคราะห์ต้องระลึกไว้ในใจว่า วิธีนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบที่มีคนสอบจำนวนมาก (เกิน 30 คนขึ้นไป) ถ้ามีคนสอบเพียง 20 คน ไม่นิยมนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ เพราะผลที่ได้จะคลาดเคลื่อนไปควรวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่น (เช่น ใช้สูตรคำนวณอย่างง่าย ๆ) แต่ถ้ามีผู้เข้าสอบหลายพันคน ก็ไม่จำเป็นต้องนำกระดาษคำตอบทั้งหมดมาวิเคราะห์ เพราะเป็นการเสียเวลา

มากเกินไป เราอาจจะสุ่มตัวอย่างมาเพียงบางส่วน แล้วจึงหา 27% ของกลุ่มที่เราสุ่มมา เพื่อเลือกจำนวนกระดาษคำตอบเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำต่อไป

4. แบ่งกระดาษคำตอบของผู้เข้าสอบออกเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ (ในกรณีที่ มีคนสอบทั้งหมด 80 คน 27% ของกลุ่มสูงมีจำนวนเท่ากับ 22 คน) การนับจำนวนของกลุ่มสูงให้นับจากผู้ที่ได้คะแนนสูงสุดลงไป ส่วนการนับจำนวนของกลุ่มต่ำที่ให้นับจากผู้ที่ได้คะแนนต่ำสุดขึ้นไป สำหรับกลุ่มกลางที่เหลือให้ตัดทิ้งไปไม่ต้องนำมาคำนวณ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีกระดาษคำตอบที่จะเอามาวิเคราะห์ทั้งหมด 80 คน ก็ให้นับจากคนที่ได้คะแนนสูงสุดลงมา 22 คน เป็นพวกกลุ่มสูงและนับจากคนที่ได้คะแนนต่ำสุดขึ้นไป 22 คน เป็นพวกกลุ่มต่ำ

5. นำกระดาษคำตอบของกลุ่มสูงไปทำรอยคะแนน (tally) เพื่อให้ทราบว่า ในข้อคำถามแต่ละข้อนั้นคนกลุ่มสูง 22 คน ได้เลือกตอบตัวเลือกใดในข้อสอบแต่ละข้อจาก ก. ถึง จ. (ถ้ามี 5 ตัวเลือก) เพื่อจะได้หาผลรวมของแต่ละตัวเลือก (H) และจะได้นำไปคิดเป็นค่าสัดส่วนของกลุ่มสูง (P_H)

6. นำกระดาษของคนกลุ่มต่ำไปทำรอยคะแนนโดยวิธีการแบบเดียวกับที่อธิบายไว้ในข้อ 5 เพื่อจะได้หาผลรวมของแต่ละตัวเลือกของคำถามแต่ละข้อ (L) และนำไปคิดหาค่าสัดส่วนของกลุ่มต่ำ (P_L) การชี้รอยคะแนนของกลุ่มต่ำให้แยกทำในกระดาษคนละแผ่นกับของกลุ่มสูง

ตัวอย่าง ตารางวิเคราะห์ข้อสอบวิชาสังคมศึกษา ชั้น ม.1 จำนวนข้อสอบ 50 ข้อ ทำการทดสอบกับนักเรียน 80 คน แสดงไว้ในตาราง 10.1 - 10.2

ตาราง 10.1 ตาราง tally ของกลุ่มสูง วิชาสังคมศึกษา ชั้น ม.1 กลุ่มตัวอย่าง

80 คน

ข้อที่ คนที่	1					2						50				
	ก	ข	ค	ง	จ	ก	ข	ค	ง	จ		ก	ข	ค	ง	จ
1	/									/		/				
2	/									/		/				
3		/				/				/		/				
4		/														
.																
.																
.																
.																
20		/								/				/		
21		/								/				/		
22	/									/		/				
รวม (H)	3	15	3	1	—	4	3	2	1	12		10	—	2	7	3
P_h	.14	.68	.14	.04	.00	.18	.14	.09	.04	.55		.45	.00	.09	.32	.14

การแปลความหมายตาราง tally ของกลุ่มสูง

- ตัวเลือกที่มีเครื่องหมายวงกลมล้อมรอบคือตัวถูก จากตารางข้างบน ข้อ 1 ตัวถูกคือ ข. ข้อ 2 ตัวถูกคือ จ.
- จากช่องรวม (H) แสดงให้เห็นว่า ข้อ 1 ก. มีคนเลือกตอบ 3 คน ข้อ 1 ข. มีคนเลือกตอบ 15 คน ข้อ 1 ค. มีคนเลือกตอบ 3 คน
- จากช่อง P_h ค่า P_h ของข้อ 1 ก. = $.14 = 3/22$

ตาราง 10.2 ตาราง tally ของกลุ่มต่ำ วิชาสังคมศึกษา ชั้น ม.1 กลุ่มตัวอย่าง

80 คน

ข้อที่ คนที่	1					2						50				
	ก	ข	ค	ง	จ	ก	ข	ค	ง	จ		ก	ข	ค	ง	จ
1	/						/									/
2	/							/						/		
3		/							/			/				
4		/								/					/	
.																
.																
.																
.																
.																
.																
20	/					/										/
21	/						/								/	
22	/								/			/				
รวม (L)	6	7	4	2	3	2	5	4	4	7		10	—	3	6	3
P _L	.27	.32	.18	.09	.14	.09	.23	.18	.18	.32		.45	.00	.14	.27	.14

การแปลความหมายตัวเลขในตาราง tally ของกลุ่มต่ำ แปลได้เช่นเดียวกับของ
กลุ่มสูง

7. คำนวณค่า P_h และ P_L ของแต่ละตัวเลือกจากสูตร

$$P_h = \frac{\text{จำนวนคนที่ตอบตัวเลือกนั้น}}{\text{จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง}}$$

$$P_L = \frac{\text{จำนวนคนที่ตอบตัวเลือกนั้น}}{\text{จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ}}$$

หมายเหตุ

จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง ย่อมเท่ากับจำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำเสมอ เพราะคิดมาจาก 27% ของคนสอบทั้งหมด

จากตัวอย่างตารางวิเคราะห์ข้อสอบวิชาสังคมศึกษา ชั้น ม.1 ค่า P_h และ P_L ของข้อสอบข้อ 1 หาได้ดังนี้

ข้อ	ตัวเลือก	P_h	P_L
1	ก	$3/22 = .14$	$6/22 = .27$
	ข	$15/22 = .68$	$7/22 = .32$
	ค	$3/22 = .14$	$4/22 = .18$
	ง	$1/22 = .04$	$2/22 = .09$
	จ	$0/22 = .00$	$3/22 = .14$

8. นำค่า P_h และ P_L ของแต่ละตัวเลือกไปเปิดเทียบหาค่า p และ r จากตารางวิเคราะห์ข้อสอบของ Chung - Teh Fan เพื่อความสะดวกในการเปิดตารางหาค่า P_h และ P_L ที่หาได้ในข้อ 7 มาเขียนไว้ในที่เดียวกัน ดังนี้

ข้อ	ตัวเลือก	P_h	P_L	p	r	ความหมาย
1	ก	.14	.27	.20	.19	ดี
	ข	.68	.32	.50	.36	ดี
	ค	.14	.18	.16	.07	ดี
	ง	.04	.09	.06	.19	ดี
	จ	.00	.14	.06*	.46*	ดี
2	ก	.18	.09	.13	-.17	ไม่ดีต้องปรับปรุง
	ข	.14	.23	.18	.14	ดี
	ค	.09	.18	.13	.17	ดี
	ง	.04	.18	.10	.33	ดี
	จ	.55	.32	.43	.24	ดี
50	ก	.45	.45	.45	.00	ไม่ดีต้องปรับปรุง
	ข	.00	.00	.00	.00	ไม่ดีต้องปรับปรุง
	ค	.09	.14	.11	.10	ดี
	ง	.32	.27	.29	-.06	ไม่ดีต้องปรับปรุง
	จ	.14	.14	.14	.00	ไม่ดีต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะในการใช้หนังสือตารางวิเคราะห์ข้อสอบของ Chung - Teh Fan

1. หนังสือเล่มนี้จะบอกค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความยากง่ายมาตรฐาน หรือ เดลต้า (Δ) โดยหามาจากค่า P_H และ P_L
2. ค่า P_L จะอยู่แนวนอนของหน้ากระดาษเรียงตามแนวนอนตั้งแต่ค่า $P_L = .01$ ถึง $P_L = .95$ ค่า P_H จะอยู่ทางสดมภ์ซ้ายมือสุดในแนวดิ่งและขวามือสุด ซึ่งจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ .99 ค่า P_L ที่น้อยกว่า .50 จะมีอยู่ทั้งสองหน้ากระดาษ ค่า P_L ที่มากกว่า .50 จะมีอยู่เพียงหน้าเดียวของกระดาษ
3. หนังสือนี้จะเปิดอ่านค่าได้ก็ต่อเมื่อ P_L น้อยกว่า P_H ถ้า P_L มากกว่า P_H จะต้องสลับค่า P_H ให้เป็นค่า P_L และเปลี่ยนค่า P_L เป็น P_H ไว้ในใจเสียก่อน (แต่ไม่ต้องไปแก้ตัวเลขในตารางที่เราทำรอยคะแนน) แล้วจึงเปิดอ่านค่าในตาราง
4. ในการเปิดอ่านค่า p และ r จากตารางนั้น ให้เปิดหาค่า P_L ก่อนที่แนวนอนจนพบว่าอยู่หน้าใดแล้วจึงดูค่า P_H ที่สดมภ์ขวาสุดหรือซ้ายสุดจนพบ ลากเส้นจากจุด P_L และ P_H ในแนวดิ่งและแนวนอนตามลำดับมาตัดกันที่ใด จุดนั้นก็จะบอกค่า p และ r ของตัวเลือกนั้น

ตัวอย่าง $P_H = .55$, $P_L = .32$

ขั้นที่ 1 เปิดหาค่า $P_L = .32$ ก่อน พบว่าอยู่ใกล้ที่หน้า 287 และหน้า 288

ขั้นที่ 2 ดูค่า $P_H = .55$ พบว่าอยู่ที่หน้า 287

ขั้นที่ 3 จากสดมภ์ $P_L = .32$ และแนว $P_H = .55$ ไหลมาตัดกันจะพบค่าตัวเลข 3 ตัว คือ .43, .24 และ 13.7 ซึ่งเป็นค่าของ p , r , Δ ตามลำดับ ในการวิเคราะห์ข้อสอบนั้นค่าที่เรานำมาใช้ในการพิจารณา คือค่า p และค่า r เท่านั้น

ในการคัดเลือกข้อสอบนั้นเราจะคัดเลือกโดยพิจารณาจากค่า P และ r ของตัวเลือกที่เป็นตัวถูก โดยถือเป็นค่าวิเคราะห์ของข้อสอบแต่ละข้อ สำหรับค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของตัวเลือกที่เป็นตัวลวงนั้น เรานำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น

การหาค่า p และ r ของตัวถูก

- 1) ถ้า P_H มากกว่า P_L เปิดตามวิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แล้วอ่านค่า p และ r ตามตารางเช่น

P_H	P_L	P	r
.68	.32	.50	.36

ตัวเลือกที่เป็นตัวถูกนี้ กลุ่มเก่งเลือกตอบมากกว่ากลุ่มอ่อน ($\because P_H$ มากกว่า P_L) แสดงว่าเป็นตัวเลือกที่ดี

2) ถ้า P_H น้อยกว่า P_L จะต้องสร้างสลับค่า P_H กับ P_L ในใจเสียก่อน แล้วจึงเปิดตารางหาค่า p และ r ตามวิธีข้างต้นในกรณีนี้ เมื่อได้ค่า r แล้วให้ใส่เครื่องหมายลบ หน้าค่าของ r แสดงถึงค่าอำนาจจำแนกที่ติดลบ

P_H	P_L	P	r
.32	.68	.50	-.36

ตัวถูกนี้เด็กเก่งเลือกตอบน้อยกว่าเด็กอ่อน แสดงว่าเป็นข้อสอบที่ไม่ดี ควรตัดทิ้งไป

การหาค่า p และ r ของตัวลวง

1) ถ้า P_H น้อยกว่า P_L จะต้องสลับค่า P_H เป็น P_L ในใจแล้วเปิดหาค่า p และ r ตามปกติ ค่า r ที่ได้จะมีค่าบวกเพราะสำหรับตัวลวงนั้นเราต้องการให้คนอ่อน เลือกตอบมากกว่าคนเก่ง

P_H	P_L	P	r
.14	.27	.20	.19

ตัวลวงนี้ดีเพราะกลุ่มเก่งเลือกตอบตัวลวงนี้น้อยกว่ากลุ่มอ่อน นั่นคือ คนเก่งจริงรู้ว่าตัวเลือกตัวนี้ไม่ใช่ตัวเลือกที่ถูกจึงไม่เลือก ส่วนคนอ่อนเลือกมากกว่า เพราะไม่รู้จริง ค่าอำนาจจำแนก (r) ที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าเป็นบวก

2) ถ้า P_H มากกว่า P_L ให้เปิดตารางตามวิธีในข้อ 4 แต่จะต้องใส่เครื่องหมายลบที่หน้า r เช่น

P_H	P_L	P	r
.27	.14	.20	-.19

ตัวลวงนี้ไม่ดี เพราะกลุ่มเก่งเลือกตอบตัวลวงมากกว่ากลุ่มอ่อน ค่าอำนาจจำแนกจึงเป็นลบ แสดงว่าตัวเลือกนี้จะต้องมีอะไรคลุมเคลือ ไม่แจ่มชัด เพราะที่จริงแล้วกลุ่มเก่งจะต้องเลือกตอบตัวเลือกที่ไม่ถูก น้อยกว่ากลุ่มอ่อน

5. ถ้าค่า P_H หรือ P_L น้อยมากและไม่มีในตารางให้ใช้ค่าต่ำสุดที่ใกล้เคียงนั้นเปิด แล้วใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) บนตัว p และตัว r เพื่อแสดงว่าเป็นค่าประมาณ (ถ้า P_H หรือ P_L ที่เป็น .00 ให้ปัดเป็น .01)

6. ถ้าค่า P_H หรือ P_L สูงมากและไม่มีในตารางให้ใช้ค่าสูงสุดที่ใกล้เคียงในตารางนั้นเปิด แล้วให้ใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) บนตัว p และตัว r เพื่อแสดงว่าเป็นค่าประมาณ (สำหรับ P_H หรือ P_L ที่มีค่าเป็น 1.00 ให้ลดลงเป็น .99)

สรุปวิธีเปิดตารางวิเคราะห์ข้อสอบของ Chung - Teh Fan

ตัวเลือก	กรณี	วิธีเปิดตาราง	ค่า r	ความหมาย
ตัวถูก	$P_H > P_L$	หาค่า P_L ก่อนแล้วหา P_H	r มีค่าเป็นบวก	เป็นตัวถูกที่ดี
	$P_H < P_L$	สลับค่า P_H กับ P_L	r มีค่าติดลบ	เป็นตัวถูกที่ไม่ดี
ตัวลวง	$P_H < P_L$	สลับค่า P_H กับ P_L	r มีค่าเป็นบวก	เป็นตัวลวงที่ดี
	$P_H > P_L$	หาค่า P_L ก่อนแล้วหา P_H	r มีค่าติดลบ	เป็นตัวลวงที่ไม่ดี
ตัวถูก และ ตัวลวง	P_H และ/หรือ P_L มีค่าต่ำหรือสูงมากไม่มีในตาราง	ให้ใช้ค่าต่ำสุดหรือค่าสูงสุดที่ใกล้เคียง	ใส่ดอกจันที่ค่า p และ r	เป็นค่าโดยประมาณ

10.2.3 การวิเคราะห์ข้อสอบโดยใช้สูตรคำนวณอย่างง่าย ๆ

1. สำหรับตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกให้ใช้สูตรคำนวณข้างล่างนี้

$$p = \frac{H+L}{n_H+n_L} \quad (\text{หรือ} = \frac{P_H+P_L}{2})$$

$$r = \frac{H-L}{n_H} \quad \text{หรือ} = \frac{H-L}{n_L} \quad (\text{หรือ} = P_H - P_L)$$

เมื่อ p = ระดับความยากง่ายของข้อสอบ

r = อำนาจจำแนกของข้อสอบ

H = จำนวนคนที่เลือกตอบตัวเลือกใด ๆ ของกลุ่มสูง ซึ่งในที่นี้คือช่องรวมตามแนวยืนนั่นเอง

L = จำนวนคนที่เลือกตอบตัวเลือกใด ๆ ของกลุ่มต่ำ ซึ่งในที่นี้คือช่องรวมตามแนวยืน

n_H = จำนวนคนทั้งหมดของกลุ่มสูง (27% ของคนสอบทั้งหมด)

n_L = จำนวนคนทั้งหมดของกลุ่มต่ำ (27% ของคนสอบทั้งหมด) ซึ่ง

$n_L = n_H$ เสมอ

วิธีคำนวณหาค่า H และ L นั้น ให้ดำเนินการหาตามขั้นที่ 1 - 6 ของการวิเคราะห์ข้อสอบโดยใช้ตารางสำเร็จของ Chung - Teh Fan (ดูตัวอย่างตาราง 9.1 และ 9.2 ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ วิชาสังคมศึกษา ชั้น ม.1 ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น)

ตัวอย่าง วิธีคำนวณหาค่า p และ r

จากตาราง tally ของกลุ่มสูง และกลุ่มต่ำวิชาสังคมศึกษา ชั้น ม.1 ข้อ 1 (คำตอบถูกคือ ตัวเลือก ข.) คำนวณหาค่า p และ r ได้ ดังนี้

ตัวเลือก	ค่า H	ค่า L	p	r
ก	3	6	.20	.14
ข	15	7	.50	.36
ค	3	4	.16	.05
ง	1	2	.07	.05
จ	0	3	.07	.14

$$\begin{aligned}\text{ค่า } p \text{ ของตัวถูก (ตัวเลือก ข)} &= \frac{H + L}{n_H + n_L} \\ &= \frac{15 + 7}{22 + 22} = \frac{22}{44} = .5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่า } r \text{ ของตัวถูก} &= \frac{H - L}{n_H} \\ &= \frac{15 - 7}{22} = \frac{8}{22} = .36\end{aligned}$$

2. สำหรับตัวเลือกที่เป็นตัวลง ในการหาค่าอำนาจจำแนก (r) ของตัวลงใช้สูตรข้างล่างนี้

$$r = \frac{L - H}{n_H} \quad \text{หรือ} \quad = \frac{L - H}{n_L} \quad \text{หรือ} \quad = P_L - P_H$$

สำหรับสูตรการหาค่า p ของตัวลง ใช้สูตรเดียวกันกับการหาค่า p ของตัวถูก คือ

$$p = \frac{H + L}{n_H + n_L}$$

ตัวอย่าง การหาค่า p และ r ของตัวลงของข้อสอบข้อ 1

ตัวเลือก	$r = \frac{L - H}{n_H}$	$p = \frac{H + L}{n_H + n_L}$
ก	$\frac{6 - 3}{22} = .14$	$\frac{6 + 3}{22 + 22} = .20$
ค	$\frac{4 - 3}{22} = .05$	$\frac{4 + 3}{22 + 22} = .16$
ง	$\frac{2 - 1}{22} = .05$	$\frac{2 + 1}{22 + 22} = .07$
จ	$\frac{3 - 0}{22} = .14$	$\frac{3 + 0}{22 + 22} = .07$

ถ้าตัวลงได้มีค่า H มากกว่าค่า L (นั่นคือคนเก่งเลือกตอบตัวลงนี้มากกว่าคนอ่อน) แสดงว่าตัวลงนี้ไม่ดีค่า r จะติดลบ

10.2.4 การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อแบบง่าย ๆ

1. แบบยกมือ

วิธีนี้เป็นวิธีวิเคราะห์ข้อสอบอย่างง่าย ๆ เหมาะสำหรับใช้วิเคราะห์ข้อสอบภายในห้องเรียนที่มีนักเรียนไม่มากนัก การวิเคราะห์ข้อสอบโดยวิธีนี้จะช่วยให้ครูทราบว่าข้อสอบที่ตนเองเขียนขึ้นมีข้อบกพร่องตรงไหน ในการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยวิธียกมือนี้ เมื่อครูตรวจข้อสอบและให้คะแนนแล้ว ให้ส่งคืนกระดาษคำตอบให้นักเรียน แล้วให้ครูถามนักเรียนว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีใครทำผิดบ้าง โดยเริ่มจากข้อสอบข้อที่ 1 จนถึงข้อสุดท้าย ใครทำผิดข้อไหนให้ยกมือขึ้น แล้วให้ครูจดจำนวนที่เด็กทำข้อสอบผิดในแต่ละข้อไว้บนกระดานดำ ข้อสอบข้อใดมีเด็กส่วนใหญ่ทำผิด หรือนักเรียนทั้งห้องทำผิด จัดได้ว่าเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยากไม่ควรนำมาใช้อีก หรือข้อสอบข้อใดไม่มีคนทำผิดเลย หรือทำผิดเพียง 1 - 2 คน ถือว่าเป็นข้อสอบที่ไม่ดีอีกเช่นกัน ไม่ควรนำมาใช้อีก

2. แบบใช้สูตรคำนวณ

การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อโดยการใช้สูตรคำนวณนี้มีลำดับขั้นตอนในการทำ ดังนี้

1. หลังจากที่ได้ตรวจกระดาษคำตอบแล้ว ให้ครูเรียงกระดาษคำตอบของนักเรียนจากคะแนนสูงสุดไปหาคะแนนต่ำสุด แล้วหาว่า 27% ของผู้เข้าสอบมีกี่คน

2. แบ่งกระดาษคำตอบออกเป็น 2 พวก คือ พวกกลุ่มคะแนนสูง 27% (ให้นับจากคนที่ได้คะแนนสูงสุดลงมา) กับพวกกลุ่มคะแนนต่ำ 27% (ให้นับจากคนที่ได้คะแนนต่ำสุดขึ้นไป) ตัวอย่างเช่น ถ้ามีผู้เข้าสอบ 50 คน 27% ของ 50 เท่ากับ 13 คน (โดยประมาณ) จากนั้นเราก็แบ่งกระดาษคำตอบออกเป็น 2 พวก คือ พวกกลุ่มที่ได้คะแนนสูง 13 คน กลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ 13 คน

3. นำกระดาษคำตอบของกลุ่มสูง และกลุ่มต่ำมาทำรอยคะแนน (tally) ดูว่าข้อสอบแต่ละข้อนั้นคนกลุ่มสูงทำถูกกี่คน (เป็นการหาค่าของ H) และคนกลุ่มต่ำทำถูกกี่คน (เป็นการหาค่าของ L)

4. นำค่า H และ L ของข้อสอบแต่ละข้อมาแทนค่าในสูตร เพื่อคำนวณหาค่าความยากง่ายของข้อสอบ (p) และอำนาจจำแนกของข้อสอบ (r) จากสูตรดังนี้

$$p = \frac{H + L}{n_H + n_L}$$

$$r = \frac{H - L}{n_H} \quad \text{หรือ} \quad = \frac{H - L}{n_L}$$

เมื่อ p = ระดับความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อ

r = อำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ

H = จำนวนคนในกลุ่มสูงที่ทำข้อสอบแต่ละข้อถูก

L = จำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ทำข้อสอบแต่ละข้อถูก

n_H = จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง (27% ของผู้เข้าสอบทั้งหมด)

หรือ

n_L = จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ (27% ของผู้เข้าสอบทั้งหมด)

ซึ่ง n_L จะต้องเท่ากับ n_H เสมอ

10.2.5 การหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อโดยการใช้อนุตรสหสัมพันธ์ (correlation technique)

วิธีที่นิยมหากันมากมีอยู่ 2 วิธีคือ

1. Point biserial correlation (r_{pbis})

เป็นการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่นักเรียนทำได้ในข้อสอบแต่ละข้อ (0 หรือ 1) กับคะแนนรวม การหาค่าอำนาจจำแนกด้วยวิธีนี้จะทำได้ต่อเมื่อ 1) คะแนนของข้อสอบฉบับนั้นมีการกระจายแบบโค้งปกติ (Normal distribution) และ 2) ข้อสอบแต่ละข้อจะต้องให้คะแนนแบบ “ตอบถูกให้คะแนน 1” “ตอบผิดให้คะแนน 0” เท่านั้น อำนาจจำแนกของข้อสอบที่หาด้วยวิธี Point biserial correlation นี้จะมีค่าสูงสุดเมื่อ $p = q = .50$ แต่ถ้าข้อสอบง่ายเกินไปหรือยากเกินไปค่าอำนาจจำแนกจะมีค่าน้อยไปกว่าเดิมจริง สูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อด้วยวิธี Point biserial correlation มีดังนี้

$$r_{pbis} = \frac{M_p - M_q}{s_y} \times \sqrt{pq}$$

เมื่อ M_p = ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมของนักเรียนกลุ่มที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก

M_q = ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมของนักเรียนกลุ่มที่ตอบข้อสอบข้อนั้นผิด

s_y = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมทั้งหมด

p = สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก (= ค่าความยากของข้อสอบ)

q = สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นผิดซึ่งมีค่าเท่ากับ $1 - p$

ตัวอย่างการหา r_{pbis} ของข้อสอบข้อ 1 (Magnusson, 1967)

ตาราง 10.3 คะแนนรวมและความถี่ของคนที่ตอบข้อสอบข้อ 1 ถูกและผิด

คะแนนรวม (X)	จำนวนคน ที่ตอบข้อ 1 ผิด	จำนวนคน ที่ตอบข้อ 1 ถูก	รวมความถี่
20	—	1	1
19	—	—	—
18	—	1	1
17	—	3	3
16	—	4	4
15	—	6	6
14	—	6	6
13	—	7	7
12	4	4	8
11	4	6	10
10	8	5	13
9	10	3	13
8	9	2	11
7	3	2	5
6	4	—	4
5	5	—	5
4	—	—	—
3	3	—	3
2	—	—	—
1	—	—	—
N	50	50	100
Σ	413	639	1052
$\bar{X}$ (หรือ M)	8.26 = M_d	12.78 = M_p	10.52 = M_y

$$\begin{aligned}
 s_y &= \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} = 3.49 \\
 M_q &= \frac{(12 \times 4) + (11 \times 4) + (10 \times 8) + \dots + (5 \times 5) + (4 \times 0) + (3 \times 3)}{50} \\
 &= \frac{413}{50} = 8.26 \\
 M_p &= \frac{(20 \times 1) + (19 \times 0) + (18 \times 1) + (17 \times 3) + \dots + (8 \times 2) + (7 \times 2)}{50} \\
 &= \frac{639}{50} = 12.78 \\
 p &= \frac{50}{100} = .50 \\
 q &= \frac{50}{100} = .50 \\
 \therefore r_{pbis} &= \frac{M_p - M_q}{s_y} \times \sqrt{pq} \\
 &= \frac{12.78 - 8.26}{3.49} \times \sqrt{(.5)(.5)} \\
 &= 0.648
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบข้อ 1 เท่ากับ 0.648

2. Biserial correlation (r_{bis})

การหาค่าอำนาจจำแนกแบบ Biserial Correlation นี้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบของนักเรียนที่ได้จากการตอบข้อสอบ 1 ข้อ กับคะแนนรวมทั้งฉบับ และผลที่ได้จากการตอบข้อสอบแต่ละข้อไม่จำเป็นจะต้องเป็นคะแนน 0 - 1 (นั่นคือ ตอบผิดให้คะแนน 0 ตอบถูกให้คะแนน 1) เสมอไป การให้คะแนนข้อสอบแต่ละข้ออยู่ในระบบ 2 พวก เช่น ผ่าน - ไม่ผ่าน สอบได้ - สอบตก ถูก - ผิด หรือ ชอบ - ไม่ชอบ เป็นต้น และการวิเคราะห์ข้อสอบแบบนี้จะต้องตั้งอยู่บนข้อตกลงเบื้องต้นว่า ทั้งคะแนนรวมและคะแนนที่ได้จากการตอบข้อสอบ 1 ข้อมีการกระจายเป็นแบบโค้งปกติ เนื่องจากค่า biserial correlation เป็นอิสระจากค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ (นั่นคือ ข้อสอบไม่จำเป็นต้องมีความยากง่ายปานกลาง) ดังนั้น ข้อสอบที่ค่อนข้างยาก เช่น ข้อสอบที่ใช้ในการสอบคัดเลือก หรือข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย เช่น ข้อสอบ mastery test จึงควรหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบด้วยวิธีนี้ การวิเคราะห์ข้อสอบด้วยวิธี biserial correlation นี้ มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$r_{bis} = \frac{M_p - M_q}{s_y} \times \frac{PQ}{Y}$$

เมื่อ M_p = ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมของนักเรียนกลุ่มที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก

M_q = ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมของนักเรียนกลุ่มที่ตอบข้อสอบข้อนั้นผิด

- s_y = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมทั้งหมด
 p = สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก
 q = สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นผิด ($q = 1 - p$)
 y = ค่า ordinate ของโค้งปกติตรงจุดที่แบ่ง p และ $1 - p$ (หรือ q)
 ซึ่งหาได้จากตารางสำเร็จในภาคผนวก ค.

ตัวอย่าง วิธีการหาค่าอำนาจจำแนกแบบ biserial correlation จากตาราง 9.3 ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

$$\begin{aligned}
 M_p &= 12.78 & p &= .5 \\
 M_q &= 8.26 & q &= 1 - p = .5 \\
 s_y &= 3.49 & y &= .3989 \quad (\text{คือจุดที่แบ่งพื้นที่ใต้โค้งเป็นข้างละ .5}) \\
 r_{bis} &= \frac{M_p - M_q}{s_y} \times \frac{PQ}{Y} \\
 \therefore r_{bis} &= \frac{12.78 - 8.26}{3.49} \times \frac{(.5)(.5)}{.3989} \\
 &= .812
 \end{aligned}$$

จากตัวอย่างข้างบนนี้แสดงให้เห็นว่าค่า r_{bis} จะมากกว่า r_{pbis} โดยปกติแล้วจะมากกว่ากันอยู่ประมาณ 25% ถึงแม้ว่าข้อสอบข้อนั้นจะมีค่า $p = .50$ ก็ตาม

10.3 การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์

เหตุผลสำคัญประการหนึ่งของการสร้างข้อสอบแบบอิงเกณฑ์คือ ความต้องการที่จะกำหนดเป้าหมายของการสอนให้กระจ่างชัดเจนที่สุด จนกระทั่งผู้เรียนส่วนใหญ่ (หรือทั้งหมด) สัมฤทธิ์ผลในการเรียนสอดคล้องกับพฤติกรรมที่กำหนดไว้ จากการที่ผู้เรียนทุกคนสัมฤทธิ์ผลตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้จะเป็นสาเหตุทำให้ผู้เรียนทุกคนสอบได้คะแนนเต็มจึงทำให้ไม่มีความแปรปรวนของคะแนน ดังนั้นถ้าการสอนมีประสิทธิภาพ การหาอำนาจจำแนกของข้อสอบโดยวิธีสหสัมพันธ์ (correlation) จึงไม่สามารถทำได้เนื่องจากความแปรปรวนของคะแนน (S^2) มีค่าเป็นศูนย์

อนึ่งในการประเมินผลแบบอิงเกณฑ์นั้น โดยทฤษฎีแล้วมีหลักอยู่ว่าก่อนที่จะเด็กนักเรียนจะเริ่มเรียนบทเรียนใดบทเรียนหนึ่ง เด็กจะต้องไม่มีความรู้ในหน่วยการเรียนรู้หรือเนื้อหาอัน ๆ มาก่อนเลย (ถ้านักเรียนมีความรู้ในหน่วยการเรียนรู้นั้นแล้ว ครูก็ไม่จำเป็นต้องสอนอีก เพราะจะทำให้เสียเวลาทั้งของครูและนักเรียนเอง) และถ้าการสอนมีประสิทธิภาพแล้ว หลังจากที่ครูทำการสอนจบหน่วยการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องมีความรู้ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หรือรู้เรื่องที่ครู

สอนไปเป็นอย่างดี จะเห็นได้ว่าการประเมินผลแบบอิงเกณฑ์นั้นมุ่งที่จะให้นักเรียนมีความรู้เท่าเทียมกัน ซึ่งจากจุดประสงค์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มีผลทำให้คะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังจากที่เรียนจบบทเรียนไปแล้ว มีความแปรปรวนน้อยมาก หรือไม่มีการแปรปรวนเลย ($S^2 = 0$) ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อสอบของการวัดแบบอิงเกณฑ์จึงต้องใช้วิธีการที่แตกต่างกันออกไปจากการวัดแบบอิงกลุ่ม เนื่องจากการวัดแบบอิงเกณฑ์นั้นยังเป็นเรื่องใหม่ในวงการวัดผล จึงยังไม่สามารถจะหาข้อยุติได้ว่า ควรจะใช้การวิเคราะห์ข้อสอบแบบใดจึงจะดี และมีประสิทธิภาพมากที่สุด ได้มีนักทฤษฎีทางการวัดผลการศึกษาชาวอเมริกันหลายท่าน เสนอวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ได้หลายวิธี แต่ผู้เขียนจะเสนอวิธีวิเคราะห์ข้อสอบอิงเกณฑ์แบบง่าย ๆ ซึ่งครูสามารถนำไปใช้ได้ 3 วิธีคือ

10.3.1 ใช้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์เนื้อหา

10.3.2 ทำ Item - Response Chart

10.3.3 หาความไวของข้อสอบ (S)

10.3.1 การวิเคราะห์ข้อสอบอิงเกณฑ์โดยการใช้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์เนื้อหา

วิธีนี้ทำได้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางเนื้อหาวิชาทำการตัดสินคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อ โดยกำหนดให้มีผู้ตัดสินหลาย ๆ คนทำการวิเคราะห์และตรวจสอบดูว่าข้อสอบแต่ละข้อถามวัดเนื้อหาและพฤติกรรมสอดคล้องกับที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือไม่ ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อสอบข้อใด ถามวัดไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ก็ให้เขียนอธิบายไว้ว่า ทำไมจึงคิดว่าข้อสอบข้อนั้นวัดไม่สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์หลักสูตร

ถ้าผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป มีความเห็นว่าข้อสอบข้อใดวัดไม่สอดคล้องกับที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรและเพราะเหตุใด ถ้าเหตุผลของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 คนตรงกันหรือใกล้เคียงกันก็แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นเป็นข้อสอบที่ไม่ดี ควรจะนำไปปรับปรุงแก้ไขหรือตัดทิ้งไปเลย

10.3.2 การวิเคราะห์ข้อสอบอิงเกณฑ์โดยวิธีทำ Item - Response Chart

การวิเคราะห์ข้อสอบด้วยวิธีนี้ยึดหลักการดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่า ก่อนเรียนนักเรียนจะต้องไม่มีความรู้ในเนื้อหานั้น และหลังการเรียนบทเรียนไปแล้ว นักเรียนควรจะรู้นั้นคือ เราหวังว่าถ้านักเรียนทำข้อสอบก่อนการสอนข้อสอบควรจะยาก และถ้าเขาทำข้อสอบหลังจากการสอนจบสิ้นแล้วข้อสอบควรจะง่าย ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อสอบด้วย วิธีนี้จึงทำได้โดยการนำข้อสอบ ที่ถามเกี่ยวกับเนื้อหาที่กำลังจะสอนไปทดสอบกับนักเรียนก่อนทำการสอนแล้วนำมาตรวจให้คะแนน และบันทึกผลการสอบของนักเรียนแต่ละคนลงในตาราง Item - Response Chart และเมื่อครูสอนจบบทเรียนแล้วก็นำแบบทดสอบฉบับเดิมนั้นไปทำการทดสอบกับ

นักเรียนกลุ่มเดิมอีกที และนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วบันทึกผลการสอบลงในตารางเดียวกันกับการบันทึกครั้งแรก ดังตัวอย่าง

ตาราง 10.4 Item - Response Chart ของข้อสอบ 5 ข้อแสดงคำตอบ ถูก (+) และคำตอบผิด (-) ของนักเรียนทุกคนเมื่อทำการทดสอบก่อนการสอน และหลังการสอน

(ที่มา : N.E. Gronlund, 1973, p.46)

ข้อสอบข้อที่	1		2		3		4		5	
ก = ผลการสอบก่อนการสอน	ก	ล	ก	ล	ก	ล	ก	ล	ก	ล
ล = ผลการสอบหลังการสอน										
สมศักดิ์	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+
สิริ	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+
วินิจ	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+
สุณีย์	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+
จิตรี	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+
วรรณ	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-

จากตาราง 10.4 แปลความหมายได้ดังนี้

ข้อสอบข้อ 1 ก่อนสอบไม่มีใครทำข้อสอบถูกเลยแต่หลังจากการสอนแล้วนักเรียนทุกคนทำข้อสอบถูกหมด ข้อสอบข้อนี้จัดได้ว่าเป็นข้อสอบอุดมคติ แต่ก็คงหาได้ยากในทางปฏิบัติ

ข้อสอบข้อ 2 ก่อนสอบนักเรียนทุกคนทำข้อสอบถูกหมดแต่หลังจากสอนแล้ว ทุกคนก็ทำข้อสอบถูกหมดเหมือนเดิม แสดงว่าข้อสอบข้อนี้ง่ายมาก ที่จริงแล้วถ้าก่อนสอนเด็กทำข้อสอบถูกหมดแล้ว ครูก็ไม่ควรสอนจุดประสงค์ข้อนั้น เพราะนักเรียนควรรู้หมดแล้ว ทำให้ไม่เกิดผลอะไรขึ้นมา เป็นการเสียเวลาโดยใช่เหตุ ข้อสอบข้อนี้จึงไม่ควรใช้

ข้อสอบข้อ 3 ทั้งก่อนสอนและหลังสอนไม่มีใครทำข้อสอบนี้ถูกเลย แสดงว่าข้อสอบยากมาก หรืออาจจะเป็นเพราะว่าจุดประสงค์ในการสอนและการสอบไม่เหมือนกันจะต้องแก้ไขจุดประสงค์เสียใหม่

ข้อสอบข้อ 4 ข้อสอบข้อนี้ก่อนสอนนักเรียนทำถูกหมด แต่หลังจากสอนแล้วกลับทำไม่ได้เลย แสดงว่าข้อสอบอาจจะกำกวม เด็กอ่านโจทย์แล้วไม่เข้าใจตรงกันหรืออาจจะเป็นเพราะการสอนไม่ถูกต้อง เด็กอาจจะเกิดความเข้าใจผิดในเนื้อหาที่เรียน ทั้ง ๆ ที่ก่อนสอนเด็กเข้าใจ

ถูกต้องอยู่แล้ว ข้อสอบข้อนี้จึงไม่ควรใช้

ข้อสอบข้อ 5 ข้อสอบข้อนี้ก่อนสอนมีนักเรียนบางคนทำถูก และบางคนที่ทำผิด แต่หลังจากสอนแล้วมีนักเรียนที่ทำข้อสอบผิดกลับทำถูก และคนที่ทำถูกอยู่ก็ยังคงทำถูกเหมือนเดิม ข้อสอบแบบนี้จัดว่าเป็นข้อสอบที่มีประสิทธิภาพที่เราสามารถหาได้ในทางปฏิบัติ

10.3.3 การวิเคราะห์ข้อสอบอิงเกณฑ์โดยการหาความไวของข้อสอบ

แบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 อย่าง คือ

- ก. การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ
- ข. การวิเคราะห์ข้อสอบรายตัวเลือก

ก. การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ

ในการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อมีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังนี้

1. นำแบบทดสอบที่ต้องการจะตรวจสอบคุณภาพไปทดสอบกับนักเรียนที่จะเรียนวิชาของท่านก่อนทำการสอนแล้วนำมาตรวจให้คะแนน
2. นำกระดาษคำตอบทั้งหมดของนักเรียนมาขีดรอยคะแนนลงในตารางเพื่อสำรวจดูว่าข้อไหนมีคนทำถูกกี่คน แล้วหาค่าความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อจากสูตร

$$p = \frac{\text{จำนวนคนตอบถูกในข้อสอบข้อใด ๆ}}{\text{จำนวนนักเรียนทั้งหมด}}$$

ค่า p ที่คำนวณได้จากการสอบครั้งแรกเรียกว่า P_{pre} (ดูตัวอย่างตาราง 10.5)

3. หลังจากที่คุณสอนจบบทเรียนแล้ว นำข้อสอบฉบับเดียวกันกับที่กล่าวไว้ในข้อ 1 ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดิมอีก แล้วนำมาตรวจหาค่า P ด้วยวิธีการที่กล่าวมาแล้วในข้อ 2 P ที่ได้ในข้อ 3 นี้มีชื่อเรียกว่า P_{post} (ดูตัวอย่างตาราง 10.6)

4. หาค่าความไวของข้อสอบจากสูตร

$$S = P_{post} - P_{pre}$$

เมื่อ S = ค่าความไวของข้อสอบ (Sensitive Index)

S ควรมีค่าตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป จึงจะถือว่าเป็นข้อสอบที่ดี (ดูตัวอย่างการหาค่า S จากตาราง 10.7)

ตาราง 10.5 ตารางคำนวณค่า P_{pre} ของข้อสอบวิชาสังคมศึกษา (30 ข้อ) ชั้น ม.1
จำนวนนักเรียนที่สอบ 50 คน สอบวันที่ 11 พฤศจิกายน 2524

ข้อที่ \ คนที่	1	2	3	4	5	6		48	49	50	รวม ความถี่	ค่า P_{pre}
1											—	$0/50 = .00$
2	/	/	/	/	/	/		/	/	/	50	$50/50 = 1.00$
3		/		/		/					25	$25/50 = .50$
4												$0/50 = .00$
5												
6												
7												
.												
.												
.												
27												
28												
29												
30												

การแปลความหมายตาราง 10.5

ข้อสอบข้อ 1 ไม่มีนักเรียนตอบถูกเลย ค่า $P_{pre} = .00$

ข้อสอบข้อ 2 นักเรียนทุกคนตอบถูก ค่า $P_{pre} = 1.00$

ข้อสอบข้อ 3 นักเรียนตอบถูกเพียง 25 คน ค่า $P_{pre} = .50$

ข้อสอบข้อ 4 ไม่มีนักเรียนตอบถูกเลย ค่า $P_{pre} = .00$

ตาราง 10.6 ตารางคำนวณค่า P_{post} ของข้อสอบวิชาสังคมศึกษา (30 ข้อ) ชั้น ม.1
จำนวนนักเรียนที่สอบ 50 คน สอบวันที่ 15 ธันวาคม 2524

ข้อที่ \ คนที่	1	2	3	4	5	6		48	49	50	รวม ความถี่	ค่า P_{post}
1	/	/	/	/	/	/		/	/	/	50	$50/50 = 1.00$
2											—	$0/50 = .00$
3	/	/	/	/	/	/		/	/	/	50	$50/50 = 1.00$
4											—	$0/50 = .00$
5												
6												
.												
.												
.												
.												
28												
29												
30												

การแปลความหมายตาราง 10.6

ข้อสอบข้อ 1 นักเรียนทุกคนตอบถูก ค่า $P_{\text{post}} = 1.00$

ข้อสอบข้อ 2 ไม่มีนักเรียนตอบถูกเลย ค่า $P_{\text{post}} = .00$

ข้อสอบข้อ 3 นักเรียนทุกคนตอบถูก ค่า $P_{\text{post}} = 1.00$

ข้อสอบข้อ 4 ไม่มีนักเรียนตอบถูกเลย ค่า $P_{\text{post}} = .00$

ตาราง 10.7 ตารางคำนวณค่า S (ความไวของข้อสอบ) ของวิชาสังคมศึกษา ชั้น ม.1

ข้อสอบ ข้อที่	P _{post}	P _{pre}	P _{post} - P _{pre}	S	ความหมาย
1	1.00	.00	1.00 - .00	1.00	ดี เป็นข้อสอบอุดมคติ
2	.00	1.00	.00 - 1.00	-1.00	ไม่ดี ต้องตัดทิ้ง
3	1.00	.50	1.00 - .50	.50	พอใช้ได้ แต่ต้องเปลี่ยนแปลง จุดประสงค์ให้ซับซ้อนขึ้นกว่าเดิม
4	.00	.00	.00 - .00	.00	ไม่ดี ต้องตัดทิ้ง
5	.60	.05	.60 - .05	.55	ไม่ดี ต้องตัดทิ้ง
6	.90	.10	.90 - .10	.80	ดี เก็บไว้ใช้ต่อไป
7	1.00	1.00	1.00 - 1.00	.00	ไม่ดี ต้องตัดทิ้งไป
.					
.					
.					
.					
29					
30					

การแปลความหมายค่า S จากตาราง 10.7

ข้อสอบข้อ 1 S มีค่าเท่ากับ 1.00 จัดได้ว่าเป็นข้อสอบที่ดี เป็นไปตามอุดมคติจริง ๆ เนื่องจากตอนสอบครั้งแรกไม่มีนักเรียนตอบถูกเลย ($p = .00$) แต่หลังจากผ่านการเรียนไปแล้ว นักเรียนทุกคนทำข้อสอบถูก ($p = 1.00$) จึงเป็นข้อสอบที่มีความไวในการวัดผลมากที่สุด ข้อสอบข้อนี้ต้องเก็บเอาไว้ใช้อีก

ข้อสอบข้อ 2 S มีค่าเท่ากับ -1.00 จัดได้ว่าเป็นข้อสอบที่ไม่ดีต้องตัดทิ้งไป ทั้งนี้เนื่องจากตอนสอบครั้งแรกนักเรียนทุกคนตอบข้อสอบถูกหมดทุกข้อ แสดงว่ามีความรู้ในเรื่องนั้นเป็นอย่างดี แต่พอนักเรียนเรียนเนื้อหา นั้นไปแล้ว มาทำข้อสอบอีกกลับทำข้อสอบผิดหมดทุกคน แสดงว่าคำถามอาจจะกำกวม หรืออาจจะเป็นการสอนไม่ถูกต้อง เด็กอาจจะเกิดความเข้าใจผิดในเนื้อหาที่เรียน ทั้ง ๆ ที่ก่อนสอนเด็กเข้าใจถูกต้องอยู่แล้ว

ข้อสอบข้อ 3 ก่อนเรียนนักเรียนครึ่งหนึ่งรู้เนื้อหานั้นอยู่แล้ว ($p = .50$) แต่หลังจากเรียนไปแล้วนักเรียนทุกคนทำข้อสอบถูกหมด ($p = 1.00$) จึงเป็นข้อสอบที่พอใช้ได้ แต่อาจ

จะเป็นข้อสอบที่ต้องปรับปรุงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่จะวัดให้ซับซ้อนขึ้นได้ โดยที่ยังถามเนื้อหาเดิมอยู่

ข้อสอบข้อ 4 และข้อ 7 เป็นข้อสอบที่ไม่ดีทั้งคู่เพราะ S มีค่าเท่ากับ .00

ข้อสอบข้อ 5 เป็นข้อสอบที่ไม่ดีต้องตัดทิ้งไปเนื่องจากหลังจากทำการสอนแล้วนักเรียนเพียง 60% ที่ตอบข้อสอบข้อนี้ถูก ($p = .60$) อย่างไรก็ตามถ้าข้อสอบข้อนี้เป็นข้อสอบที่เคยวิเคราะห์กับและทดลองใช้กับเด็กกลุ่มอื่นมาแล้ว ปรากฏว่าเป็นข้อสอบที่มีความไวในการทดสอบสูง (S มีค่าใกล้ 1.00) แต่พอมาใช้กับเด็กกลุ่มนี้ S กลับมีค่าลดน้อยลง แสดงว่านักเรียนบางคนไม่เกิดการเรียนรู้ในบทเรียนนั้น ๆ ครูจะต้องจัดการสอนซ่อมเสริมให้กับนักเรียนกลุ่มนั้นใหม่เป็นพิเศษ เพื่อให้เขาเกิดการเรียนรู้ขึ้นมาไม่ใช่ตัดข้อสอบทิ้งไป

ข้อสอบข้อ 6 S มีค่าเท่ากับ .80 จัดเป็นข้อสอบที่ดี เพราะก่อนสอนมีนักเรียนเพียง 10% ที่ตอบข้อสอบข้อนี้ถูก และหลังจากการสอนแล้วมีนักเรียนถึง 90% ($p = .90$) ตอบข้อสอบข้อนี้ถูก

กล่าวโดยสรุปแล้วในการพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ โดยพิจารณาผลจากการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยวิธีนี้การหาค่าความไวของข้อสอบ (S) นั้น ควรถือหลักดังนี้

1. พิจารณาจากค่าความยากง่ายของข้อสอบก่อนการสอน (P_{pre})

ค่า P_{pre}	ความหมาย
.41 ขึ้นไป	เป็นข้อสอบที่ง่ายเกินไป ควรตัดทิ้ง
.21 – .40	เป็นข้อสอบที่พอใช้ได้ แต่ต้องปรับปรุงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ซับซ้อนขึ้น
ต่ำกว่า .21	เป็นข้อสอบที่ดี

2. พิจารณาจากค่าความยากง่ายของข้อสอบหลังการสอน (P_{post})

ค่า P_{post}	ความหมาย
.80 ขึ้นไป	เป็นข้อสอบที่ดี
.70 – .79	เป็นข้อสอบที่พอใช้ได้ แต่ครูอาจจะต้องปรับปรุงตัวคำถามหรือตัวเลือกบ้างเล็กน้อย
ต่ำกว่า .69	เป็นข้อสอบที่ไม่ดี ตัดทิ้งไป

3. พิจารณาจากค่าความไวของข้อสอบ (S)

ค่า S	ความหมาย
1.00	เป็นข้อสอบที่ดี เป็นไปตามทฤษฎี
.80 – .99	เป็นข้อสอบที่ดี หาได้ในเชิงปฏิบัติ
.30 – .79	เป็นข้อสอบที่พอใช้ได้
.00 – .29	เป็นข้อสอบที่ไม่ดี ควรตัดทิ้ง
-1.00 ถึง .00	เป็นข้อสอบที่ไม่ดีอย่างหนึ่ง ต้องตัดทิ้ง

ข. การวิเคราะห์รายตัวเลือก

การวิเคราะห์รายตัวเลือกมีประโยชน์สำหรับการปรับปรุงข้อสอบ การวิเคราะห์นี้ถือหลักว่า ถ้านักเรียนเรียนรูบทเรียนนั้น ๆ แล้วเมื่อนำข้อสอบไปทดสอบหลังจากที่ครูสอนไปแล้ว ไม่ควรจะมีนักเรียนคนใดเลือกตอบตัวลวงเลย ในการหาค่าของตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ต้องใช้สูตรที่แปลกไปจากของตัวเลือกที่เป็นตัวถูก ดังนี้

$$S \text{ ของตัวถูก} = P_{\text{post}} - P_{\text{pre}}$$

$$S \text{ ของตัวลวง} = P_{\text{pre}} - P_{\text{post}}$$

ขั้นตอนในการวิเคราะห์รายตัวเลือกมีดังนี้

1. นำผลของการทดสอบก่อนทำการสอนทั้งหมดมาขึ้นตอระแนง (tally) เพื่อสำรวจดูว่าข้อไหนมีใครเลือกตัวเลือกใดบ้าง ดูตัวอย่างตาราง tally ตารางที่ 10.1 หรือ 10.2 แล้วคำนวณหาค่า P_{pre} ของแต่ละตัวเลือกจากสูตร

$$P_{\text{pre}} = \frac{\text{จำนวนคนที่เลือกตอบในแต่ละตัวเลือก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$$

2. นำผลของการทดสอบหลังจากที่ทำการสอนไปแล้วทั้งหมดมาขึ้นตอระแนง (tally) เพื่อสำรวจดูว่าข้อไหนมีใครเลือกตัวเลือกใดบ้าง แล้วคำนวณหาค่า P_{post} ของแต่ละตัวเลือกจากสูตร

$$P_{\text{post}} = \frac{\text{จำนวนคนที่เลือกตอบในแต่ละตัวเลือก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$$

3. นำผลที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 มาเขียนตอบลงในตาราง 10.8 เพื่อคำนวณหาค่า S

ตาราง 10.8 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบรายตัวเลือก

ข้อ	ตัวเลือก	ผลการสอบครั้งแรก		ผลการสอบ หลังจากสอนไปแล้ว		S
		จำนวนคนที่ตอบ	P _{pre}	จำนวนคนที่ตอบ	P _{post}	
1	ก ข ค ง จ					
2	ก ข ค ง จ					

การพิจารณาตัวเลือก

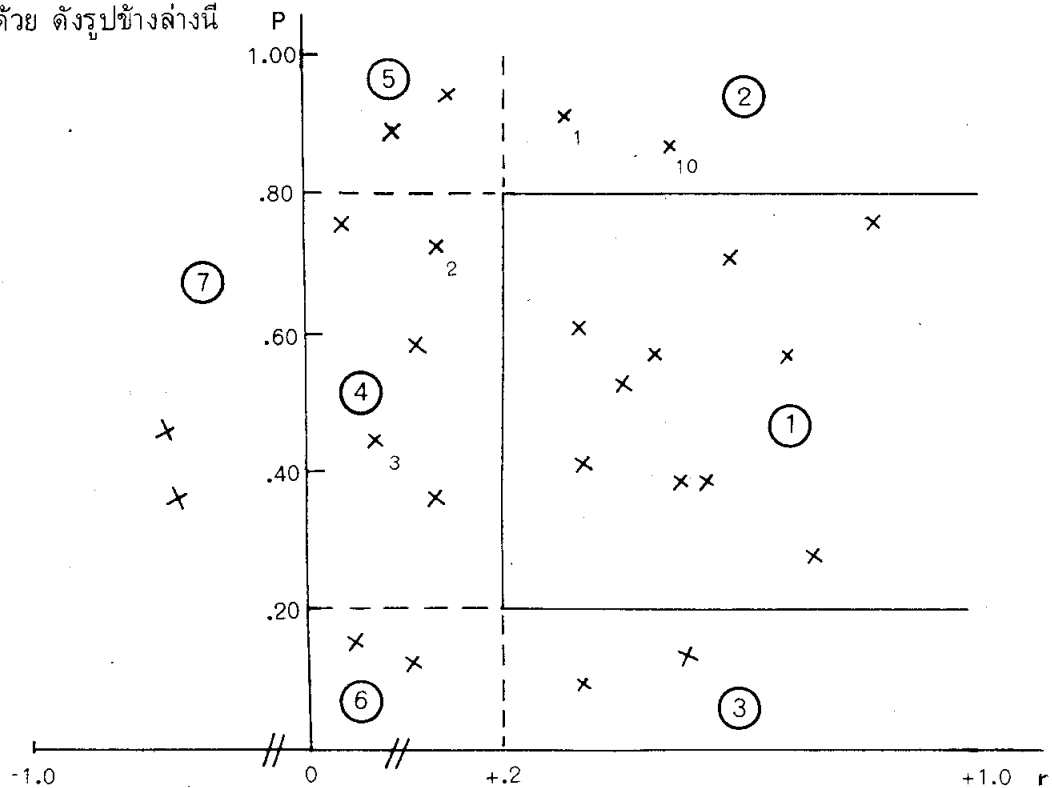
1. ตัวเลือกที่เป็นตัวถูก ใช้หลักการพิจารณาแบบเดียวกับหลักการพิจารณาเลือกข้อสอบเมื่อวิเคราะห์แบบรายข้อ นั่นคือ S ควรมีค่าตั้งแต่ .30 ขึ้นไป
2. สำหรับตัวเลือกที่เป็นตัวลวง มีหลักในการพิจารณาดังนี้
 - ตัวลวงใดที่นักเรียนไม่เลือกตอบเลยในการสอบหลังจากที่สอนไปแล้วถือว่าเป็นตัวลวงที่ใช้ได้
 - ตัวลวงใดมีค่า S ตีลบ แสดงว่าเป็นตัวลวงที่ไม่ดี ต้องปรับปรุงแก้ไข
 - ตัวลวงใดที่มีค่า S เป็นบวก ถือว่าเป็นตัวลวงที่ใช้ได้

ในการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์นั้น ถ้าจะนำผลจากการวิเคราะห์มาปรับปรุงการสอนและการสอบให้มีประสิทธิภาพแล้ว ควรจะดำเนินการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตามถ้าครูไม่มีเวลาเพียงพอ อาจจะเลือกเอาวิธีใดวิธีหนึ่งมาใช้ก็ได้

10.4 หลักการพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วในการคัดเลือกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น ควรจะคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป จนถึง 1.00 และ P มีค่าอยู่ระหว่าง .20 ถึง .80 ข้อสอบข้อใดที่มีค่า r และ p อยู่ระหว่างนี้ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดี แต่ก็อาจจะต้องปรับปรุงตัวเลือกที่เป็นตัวลวงบ้างบางตัว อย่างไรก็ตามก็ดีข้อสอบที่ง่ายมาก (p มีค่าตั้งแต่ .80 ขึ้นไป) หรือข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (p มีค่าน้อยกว่า .20) มักจะมีค่าอำนาจจำแนกต่ำในบางครั้งต่ำกว่า .20 แต่ครูก็อาจคัดเลือกเก็บไว้ใช้ได้บางโอกาส เช่น ในการประเมินผลย่อย หรือในการสอบคัดเลือก ดังจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

การพิจารณาคัดเลือกข้อสอบวิธีหนึ่งที่จะทำให้การคร่อมองเห็นลักษณะของข้อสอบที่สร้างทั้งหมดชัดเจนยิ่งขึ้นว่าข้อสอบข้อใด เป็นข้อสอบที่ดีหรือเป็นข้อสอบที่ไม่ดี มีค่า p สูงหรือต่ำ มีค่า r เป็นอย่างไรสมควรจะเก็บไว้ในธนาคารข้อสอบ เพื่อนำมาใช้ในโอกาสต่อไป หรือควรตัดทิ้งไป อาจทำได้โดยการนำค่า p และ r ของตัวเลือกที่เป็นตัวถูกของข้อสอบทุกข้อ มาเขียนจุดกราฟ โดยให้หนึ่งจุด (กากบาท) แทนข้อสอบ 1 ข้อ และให้เขียนเลขข้อสอบกำกับไว้ด้วย ดังรูปข้างล่างนี้



จากกราฟการวิเคราะห์ข้อสอบข้างบน ทำให้เรามองเห็นลักษณะการกระจายของข้อสอบ
ดังนี้

ข้อสอบที่อยู่ในบริเวณ	แปลความหมาย
1	อำนาจจำแนกดี ความยากง่ายพอเหมาะ
2	อำนาจจำแนกดี แต่เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
3	อำนาจจำแนกดี แต่เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
4	อำนาจจำแนกต่ำ แต่มีความยากง่ายพอเหมาะ
5	อำนาจจำแนกต่ำ และเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
6	อำนาจจำแนกต่ำ และเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
7	อำนาจจำแนกติดลบ เป็นข้อสอบที่ไม่ดี

การที่ครูจะคัดเลือกข้อสอบที่ตกอยู่ในบริเวณใด เอาไว้ใช้นั้นขึ้นอยู่กับข้อสอบนั้นจะถูกนำไปใช้เพื่อจุดประสงค์ใด โดยทั่ว ๆ ไปแล้วข้อสอบที่ใช้ในโรงเรียนส่วนมากจะถูกนำมาใช้ในงานที่แตกต่างกันอยู่ 3 ประเภท คือ

1. ใช้ในการประเมินผลรวม (Summative Evaluation)
2. ใช้ในการประเมินผลย่อย (Formative Evaluation)
3. ใช้ในการสอบคัดเลือก

1. ข้อสอบที่ใช้ในการประเมินผลรวม เป็นข้อสอบที่ใช้เพื่อประเมินผลเป็นครั้งสุดท้ายว่า หลังจากที่นักเรียนแต่ละคนได้เรียนมาจนจบกระบวนการวิชาแล้ว เขาเกิดการเรียนรู้มากน้อย เพียงใดควรจะให้สอบได้ หรือสอบตก ในการคัดเลือกข้อสอบนั้นต้องยึดหลักการว่า นักเรียนบางคนเรียนรู้ได้น้อย บางคนเรียนรู้ได้มาก ดังนั้นข้อสอบจึงต้องมีทั้งยากและง่าย คละกันไป เพื่อให้สอดคล้องกับหลักความแตกต่างระหว่างบุคคล ข้อสอบจึงควรมีค่า p ระหว่าง .20 ถึง .80 และ r ควรมีค่าตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (ข้อสอบที่ตกอยู่ในบริเวณ 1) อย่างไรก็ตามข้อสอบที่เลือกมาใช้ในการประเมินผลรวมส่วนใหญ่ควรจะเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายปานกลาง (p มีค่าอยู่ระหว่าง .40 ถึง .60) ข้อสอบที่ง่ายเกินไป (p ใกล้ 1.00) หรือข้อสอบที่ยากเกินไป (p ใกล้ .00) ไม่ควรนำมาใช้ เพราะข้อสอบที่ง่ายเกินไปนั้น นักเรียนทุกคน (หรือส่วนใหญ่) จะทำถูกหมด แต่ถ้าเป็นข้อสอบที่ยากเกินไป นักเรียนส่วนใหญ่ (หรือทุกคน) ก็จะทำไม่ได้ ข้อสอบประเภทนี้จึงเป็นข้อสอบที่ไม่สามารถนำมาใช้ในการจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามระดับความสามารถของเขา

สัดส่วนความยากง่ายของข้อสอบที่ใช้ในการประเมินผลรวม ควรเป็น ดังนี้

ระดับความยาก (p)	จำนวนข้อ
.61 – .80	25%
.41 – .60	50%
.20 – .40	25%

2. ข้อสอบที่ใช้ในการประเมินผลย่อย เป็นข้อสอบที่ใช้เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน ข้อสอบแบบนี้จะใช้เมื่อครูสอนจบบทเรียน แต่ละบทไปแล้ว เป็นการทดสอบดูว่านักเรียนคนใดเกิดการเรียนรู้หรือยัง และเนื้อหาตอนใดที่นักเรียนยังไม่เกิดการเรียนรู้ข้อสอบที่ใช้ในการประเมินผลย่อยนี้ จะต้องวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาที่สอนและถามวัดได้ตรงตามพฤติกรรม ที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์ของการสอน ดังนั้นข้อสอบประเภทนี้จะมีค่า r ใกล้ 0 (แต่ไม่ติดลบ) ซึ่งแสดงว่านักเรียนทุกคนมีความรู้ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และทุกคนมีความรู้ใกล้เคียงกันมาก แต่ถ้าสอบแล้ววิเคราะห์ออกมา r มีค่าสูง (ตั้งแต่ .2 ขึ้นไป) แสดงว่านักเรียนบางคนไม่เกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาบางตอน ครูต้องปรับปรุงการสอนของตนหรือทำการช่วยเหลือนักเรียนเป็นรายบุคคลให้เขาเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาตอนนั้น ๆ ให้ได้ สำหรับค่า p นั้นให้เลือกข้อสอบที่มีค่า p ตั้งแต่ .80 ขึ้นไปจนถึง 1.00 เพราะข้อสอบที่มีค่า p ตั้งแต่ .80 ขึ้นไป จัดเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย นักเรียนส่วนใหญ่ทำได้เพราะเกิดการเรียนรู้จึงมีความสามารถในการแก้ปัญหาหรือตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่ถ้าข้อใดมีค่า p ต่ำกว่า .80 แล้ว แสดงว่านักเรียนจำนวนมากที่ไม่เกิดการเรียนรู้ จึงทำข้อสอบไม่ได้ ดังนั้นครูจะต้องปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีคุณภาพดีขึ้น เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหา นั้น ๆ ให้ได้ ฉะนั้นข้อสอบที่นำมาใช้เพื่อจุดประสงค์ของการประเมินผลย่อย จึงควรเป็นข้อสอบที่อยู่ในบริเวณ 5

3. ข้อสอบที่ใช้ในการสอบคัดเลือก การสอบคัดเลือกยังมีความจำเป็นมากสำหรับการศึกษาระดับสูงของเมืองไทย เนื่องจากสถานที่เรียนมีจำกัด ในการคัดคนเข้ามาเรียนเพื่อให้สามารถเรียนได้สำเร็จตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนั้นข้อสอบที่ใช้ในการสอบคัดเลือกจึงควรเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก ค่า p ควรจะมีค่าระหว่าง .05 ถึง .60 และ r ควรมีค่าตั้งแต่ .20 ขึ้นไป สัดส่วนความยากง่ายของข้อสอบที่ใช้ในการสอบคัดเลือกควรเป็น ดังนี้

ระดับความยาก (p)	จำนวนข้อ
.41 – .60	20%
.21 – .40	30%
.05 – .20	50%

10.5 ประโยชน์ของการวิเคราะห์ข้อสอบ

1. ทำให้รู้จักว่าข้อสอบแต่ละข้อมีคุณภาพอย่างไร ซึ่งจะช่วยให้นักครูสามารถปรับปรุงข้อสอบได้ตรงจุด ผลจากการวิเคราะห์ข้อสอบจะบ่งบอกว่า ข้อสอบข้อนั้นมีจุดอ่อนที่ตรงไหน
2. ช่วยเป็นแนวทางให้นักครูเขียนข้อสอบเก่งขึ้น การวิเคราะห์ข้อสอบ จะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า องค์ประกอบของข้อสอบส่วนไหน จะเป็นตัวทำให้ข้อสอบมีคุณภาพดีหรือด้วยตัวเลขที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบ จะช่วยให้นักครูระมัดระวังเรื่องภาษาที่ใช้ในการเขียนตัวเลือกทั้งที่เป็นตัวถูกและตัวลวง
3. ช่วยประหยัดเวลาและแรงงานในการออกข้อสอบในระยะยาว เพราะครูสามารถเก็บข้อสอบที่ดี ๆ ไว้ใช้ในโอกาสต่อไป
4. เป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างข้อสอบคู่ขนาน (parallel test)
5. เป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างธนาคารข้อสอบ (Item Bank)
6. เป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างข้อสอบมาตรฐาน เพื่อใช้ในกลุ่มโรงเรียนที่ใกล้เคียงกัน หรืออาจจะปรับปรุงเป็นข้อสอบมาตรฐานระดับท้องถิ่น หรือระดับภาคการศึกษาได้

10.6 ธนาคารข้อสอบ (Item Bank)

คุณประโยชน์ที่สำคัญยิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบคือ การสร้างธนาคารข้อสอบ (Item bank) ธนาคารนี้คือที่รวมข้อคำถามดี ๆ ที่เราคัดเลือกแล้วจากการวิเคราะห์

10.6.1 การสร้างบัตรข้อสอบ

วิธีการสร้างบัตรข้อสอบนั้นทำได้โดยหากระดาษแข็งมาตัดเป็น “บัตรข้อสอบ” (Item card) ให้มีขนาดกว้างประมาณ 5 นิ้ว ยาวประมาณ 7 นิ้ว ครูควรเตรียมบัตรนี้ไว้มาก ๆ เพราะจะต้องใช้บัตร 1 แผ่นสำหรับคำถาม 1 ข้อ ถ้าเป็นไปได้ควรใช้กระดาษหลาย ๆ สี เพราะจะได้สังเกตเห็นได้ง่ายว่าสีใดเป็นของวิชาใด ข้อสอบที่เก็บไว้ในธนาคารควรจะแยกเป็นรายวิชาเพื่อให้สะดวกต่อการใช้ แบบฟอร์มของบัตรข้อสอบนี้ อาจดัดแปลงให้เหมาะสมกับความต้องการของเราได้ แต่ควรจะมีสิ่งต่าง ๆ ข้างล่างนี้อยู่ด้วย ดังนี้

ในด้านหน้าของบัตร ควรประกอบไปด้วย

1. เลขที่ ควรใส่เลขที่คำถามที่เราคัดเลือกแล้ว โดยเริ่มเรียงตั้งแต่ 1 เป็นต้นไปตามลำดับ เพื่อสะดวกในการค้นหา
2. วิชา - ชั้น ควรระบุให้ชัดว่าวิชาใด ใช้กับชั้นใด
3. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (B.O.)
4. ตัวข้อสอบ พิมพ์ข้อสอบลงไปพร้อมกับกาเครื่องหมายดอกจันไว้ที่ตัวถูก
5. ความหมาย ควรระบุไว้ด้วยว่าข้อสอบข้อนั้นใช้สำหรับวัดพฤติกรรมอะไร

ตัวอย่างด้านหน้าของบัตรข้อสอบ

วิชา คณิตศาสตร์ (ค.101) ชั้น ม.1

B.O. “สามารถหาความสัมพันธ์ แบบเป็นสับเซตได้”

1. ถ้า $A = \{1,2,3,4,8\}$ แล้ว เซตใดไม่ใช่สับเซตของ A

1) $\{ \}$

2) $\{1,3\}$

* 3) $\{2,4,6\}$

4) $\{1,2,4,8\}$

5) $\{1,2,3,4,8\}$

วัตถุประสงค์ด้าน การนำไปใช้

ด้านหลังของบัตร ควรประกอบไปด้วย

- ใช้ครั้งที่เท่าไร เมื่อไร ควรบันทึกไว้ว่าข้อสอบนี้เคยใช้มากี่ครั้งแล้ว และใช้เพื่อสอบประจำภาค หรือสอบคัดเลือก ฯลฯ
- ค่าวิเคราะห์ ให้ป่งค่าวิเคราะห์ p และ r ของการใช้ข้อสอบแต่ละครั้งทั้งตัวลง และตัวถูก

ตัวอย่าง ด้านหลังของบัตรข้อสอบ

ใช้ครั้งที่ วันที่ ชั้น จำนวนนักเรียน เพื่อ	1		2		3		4	
	20 สิงหาคม 24							
	ม. 1							
	50							
	ทดสอบย่อย							
ตัวเลือก	P	r	P	r	P	r	P	r
1	.05	.26						
2	.11	.49						
3*	.72	.57						
4	.05	.41						
5	.07	.36						

10.6.2 การคัดเลือกข้อสอบเพื่อเก็บไว้ในธนาคารข้อสอบ

1. โดยปกติแล้วถ้าเราต้องการเก็บข้อสอบเพื่อไว้ใช้ในการทดสอบเมื่อสิ้นภาคเรียน หรือเมื่อสอนจบกระบวนการวิชาแล้วนั้นควรจะคัดเลือกเก็บข้อสอบที่มีค่า r ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ส่วน P นั้น ควรมีค่าอยู่ระหว่าง .20 ถึง .80 เอาไว้ในธนาคาร

2. เนื่องจากในบางครั้งเราอาจจะต้องการเลือกข้อคำถามจากธนาคารเอาไปใช้ในการสอบคัดเลือก ซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะคัดเอาเฉพาะคนเก่งจริง ๆ ดังนั้น ข้อสอบที่จัดว่าเป็นข้อสอบที่ดีสำหรับเก็บไว้ในธนาคารเพื่อนำมาใช้ในการสอบคัดเลือกในคราวต่อไป ควรมีค่า P ตั้งแต่ .05 ถึง .60 ส่วนค่า r ก็ควรมีค่า r ตั้งแต่ .20 หรือใกล้เคียงกับ .20 ขึ้นไป

3. ในบางครั้งเราต้องการคัดเลือกข้อสอบเพื่อนำไปทดสอบหลังจากที่สอนจบหน่วยเรียน (หรือบทเรียน) ย่อย ๆ แล้ว การวัดแบบนี้เป็นการวัดดูว่านักเรียนมีความรู้ในสิ่งที่ครูสอนไปหรือไม่ ถ้าการสอนได้ผล นักเรียนจะต้องเปลี่ยนพฤติกรรมจาก “ไม่รู้” เป็น “รู้” นั่นก็คือ นักเรียนทุกคนควรจะได้คะแนนเต็มหรือใกล้เคียงเต็ม การวัดแบบนี้เป็นการวัดแบบอิงเกณฑ์นั่นเอง ฉะนั้น เราก็ควรมีข้อสอบที่ค่อนข้างจะง่าย ซึ่งวัดเนื้อหาพฤติกรรม ตามที่ต้องการเก็บไว้ในธนาคารข้อสอบด้วย เพื่อจะได้ทุนเวลาของครูในการออกข้อสอบใหม่ ดังนั้นเราจึงควรคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า P ระหว่าง .70 ถึง .95 เก็บไว้ในธนาคารข้อสอบด้วย ข้อสอบประเภทนี้ค่า r จะต่ำเนื่องจากเป็นข้อสอบที่ไม่มีประสิทธิภาพในการจำแนกเด็กเก่งออกจากเด็กอ่อน ซึ่งก็ตรงกับจุดมุ่งหมายของการวัดแบบอิงเกณฑ์ ที่ไม่ต้องการแบ่งเด็กออกเป็นกลุ่ม เก่ง - อ่อน แต่ต้องการจะทดสอบดูแต่เพียงว่าเขารู้เรื่องที่สอนไปหรือไม่

4. จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า ในการคัดเลือกข้อสอบเพื่อเก็บไว้ในธนาคารข้อสอบนั้น ควรจะคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า p ตั้งแต่ .05 ถึง .95 (หรือ 1.00) ส่วนค่า r นั้นพิจารณาโดยยึดหลัก ดังนี้

1) ถ้า P มีค่าระหว่าง .05 - .70 ค่า r ควรมีค่าตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (เก็บเอาไว้สำหรับการสอบรวมและสอบคัดเลือก)

2) ถ้า P มีค่ามากกว่า .70, r อาจมีค่าต่ำกว่า .20 ได้แต่ต้องไม่ติดลบ (เก็บไว้สำหรับการสอบย่อย)

การใช้หลักการคัดเลือกข้อสอบ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะทำให้ครูมีข้อสอบสำรองเก็บไว้ในธนาคาร เพื่อการนำมาใช้ในจุดประสงค์ต่าง ๆ กัน อนึ่งถ้าเราเก็บคำถามดี ๆ ของวิชาใดไว้ได้ เป็นจำนวนมากแล้ว เราก็สามารถรวบรวมคำถามนั้นเข้าเป็นข้อสอบที่ดีทั้งฉบับได้ และก็อาจทำการปรับปรุงให้เป็นข้อสอบมาตรฐานของโรงเรียน หรือของท้องถิ่นที่โรงเรียนของท่านตั้งอยู่ได้

10.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีเส้นโค้งเอส-พี

10.7.1 ความหมายของทฤษฎีเส้นโค้งเอส-พี

ทฤษฎีเส้นโค้งเอส-พี (S-P Curve Theory) เป็นทฤษฎีที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แบบแผนการตอบข้อสอบของนักเรียน และใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ โดยใช้หลักการหาความสัมพันธ์ของเส้นโค้งเอส (S-Curve หรือ Student-Curve) และเส้นโค้งพี (P-Curve หรือ Problem-Curve) ซึ่งเส้นโค้งทั้ง 2 เส้นนี้ทำได้โดยการนำแบบแผนการตอบข้อสอบของนักเรียนเป็นรายบุคคลมากำหนดเป็นตาราง 2 ทาง (binary data matrix) ว่า ข้อสอบข้อใดนักเรียนแต่ละคนตอบถูกหรือตอบผิด และเขาได้คะแนนรวมเท่าใด ซึ่งในการสร้างเส้นโค้งเอส-พีนั้น การให้คะแนนการสอบเป็นการให้คะแนนแบบ 0, 1 นั่นคือถ้านักเรียนตอบข้อสอบถูก 1 ข้อ จะได้คะแนน 1 คะแนน ถ้าตอบผิด 1 ข้อ จะได้ 0 คะแนน ในการสร้างเส้นโค้งเอส-พี จะกำหนดให้

แนวนอน (row) แทนนักเรียนแต่ละคน เรียงจากคนที่ได้คะแนนมากลงไปหาคนที่ได้คะแนนน้อยตามลำดับ โดยกำหนดให้นักเรียนคนที่ได้คะแนนรวมมากที่สุดอยู่แถวบนสุด และนักเรียนคนที่ได้คะแนนน้อยที่สุดจะอยู่แถวล่างสุด

แนวดิ่ง (column) แทนข้อสอบแต่ละข้อเรียงจากข้อที่ง่ายไปหาข้อที่ยาก โดยเรียงจากซ้ายไปขวา ข้อสอบข้อที่ง่ายหมายถึงข้อสอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบถูก

เส้นโค้งเอส (S-Curve หรือ Student-Curve) เป็นเส้นแสดงการได้คะแนนรวมของนักเรียนแต่ละคน (ดูภาพประกอบ 1) เช่นจากภาพประกอบ 1 มีนักเรียนเข้าสอบ 18 คน นักเรียนคนที่ 1 ได้คะแนนรวม 4 คะแนน นักเรียนคนที่ 18 ได้คะแนนรวม 1 คะแนน

เส้นโค้งพี (P-Curve หรือ Problem-Curve) เป็นเส้นแสดงจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นๆ ถูกต้อง จากภาพประกอบ 1 แสดงให้เห็นว่าข้อสอบข้อที่ 1 มีนักเรียนตอบถูก 12 คน ส่วนข้อสอบข้อที่ 5 มีนักเรียนตอบถูก 3 คน เป็นต้น

วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบ และแบบแผนการตอบข้อสอบของนักเรียน โดยใช้ทฤษฎีเส้นโค้งเอส-พีได้ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย ดร.ทากาฮิโร ซาโต้ (Takahiro Sato 1980) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1963 ในปัจจุบันทฤษฎีเส้นโค้งเอส-พีได้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศญี่ปุ่น และประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีวิธีการคิดที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และกราฟที่เสนอผลการวิเคราะห์ก็สามารถเข้าใจง่าย ทั้งยังสามารถนำผลมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ และใช้วินิจฉัยความสามารถและข้อบกพร่องในการตอบข้อสอบของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภาพประกอบ 1 แสดงแผนภูมิเอส-พีของนักเรียน 18 คน จากข้อสอบ 5 ข้อ

Examinee i	Item j					Examinee Total n_i	
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	0	4	เส้นโค้งเอส
2	1	1	1	0	1	4	
3	1	1	1	0	0	3	
4	1	1	0	1	0	3	
5	1	1	0	0	1	3	เส้นโค้งพี
6	1	0	1	0	1	3	
7	1	1	0	0	0	2	
8	1	1	0	0	0	2	
9	1	0	1	0	0	2	
10	1	0	0	1	0	2	
11	0	1	1	0	0	2	
12	0	1	0	1	0	2	
13	1	0	0	0	0	1	
14	1	0	0	0	0	1	
15	0	1	0	0	0	1	
16	0	0	1	0	0	1	
17	0	0	0	1	0	1	
18	0	0	0	1	0	1	
Item Total n_j	12	10	7	6	3		

10.7.2 แบบแผนการตอบข้อสอบของนักเรียน

แบบแผนการตอบข้อสอบ หมายถึง ลักษณะการตอบข้อสอบเป็นรายข้อของนักเรียนแต่ละคน โดยมีความคาดหวังว่านักเรียนจะตอบข้อสอบข้อที่ง่ายถูก แต่จะตอบข้อสอบข้อที่ยากกว่าความสามารถผิด จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบข้อที่ยากถูกจะมีจำนวนน้อย ส่วนข้อสอบข้อที่ง่ายจะมีนักเรียนตอบถูกเป็นจำนวนมาก

แบบแผนการตอบข้อสอบที่บกพร่อง แบบแผนการตอบข้อสอบที่บกพร่องของนักเรียน หมายถึงการที่นักเรียนตอบข้อสอบข้อที่ง่ายผิด แต่ตอบข้อสอบข้อที่ยากบางข้อถูก สาเหตุที่ทำให้นักเรียนตอบข้อสอบข้อที่ยากถูก อาจเกิดจากการเดาของนักเรียน ส่วนสาเหตุที่ทำให้นักเรียนตอบข้อสอบข้อที่ง่ายผิดอาจเกิดจากความสะเพร่า ความวิตกกังวล หรือความผิดพลาดบางอย่างในขณะที่นักเรียนทำข้อสอบ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากตัวนักเรียน หรือสิ่งแวดล้อมในห้องสอบก็เป็นได้

10.7.3 การสร้างแผนภูมิเอส-พี (S-P Chart)

การสร้างแผนภูมิเอส-พี มีลำดับขั้นตอนในการสร้างโดยสรุป ดังนี้

1. ทำแบบทดสอบไปสอบนักเรียน และให้คะแนนระบบ 1, 0 โดยให้คะแนนเป็นรายข้อ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน และรวมคะแนนเป็นรายบุคคลด้วย
2. นำคะแนนการสอบของนักเรียนมาบันทึกในตาราง 2 ทาง (binary data matrix) (ดูตาราง 1 ประกอบ) ให้แนวนอน แทนนักเรียนแต่ละคน (S_j) ในการบันทึกผลการตอบ ถ้าข้อใดตอบถูกให้บันทึกเลข 1 ถ้าตอบผิดให้บันทึกเลข 0 แล้วหาคะแนนรวมของนักเรียนแต่ละคน ส่วนแนวตั้ง ให้แทนข้อสอบแต่ละข้อ (P_i) เรียงจากข้อ 1 ถึงข้อสุดท้าย จากซ้ายไปขวา แล้วรวมจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบแต่ละข้อถูก
3. สร้างตาราง 2 ทางใหม่ (ดูตาราง 2) โดยเรียงอันดับที่ของนักเรียนจากคนที่ได้คะแนนสูงสุดไปหาคะแนนต่ำสุด จากแถวบนไปล่าง และเรียงข้อสอบข้อที่มีคนตอบถูกมากที่สุดไว้เป็นข้อแรก และข้อสอบข้อที่มีคนตอบถูกน้อยที่สุดจะถูกเรียงไว้เป็นอันดับสุดท้าย โดยเรียงจากซ้ายไปขวา (ดูตาราง 3)
4. ลากเส้นโค้งเอส โดยเริ่มจากมุมล่างซ้ายของแผนภูมิให้ดูว่านักเรียนที่ได้คะแนนน้อยที่สุดคือใคร (นักเรียนคนที่ 12 ซึ่งได้คะแนนรวม 1 คะแนน) และได้คะแนนรวมเท่าใด ก็ให้นับจำนวนช่อง (column) จากซ้ายมือสุดมาเท่ากับจำนวนคะแนนรวม แล้วลากเส้นแนวตั้งทางริมขวามือของช่อง (column) นั้น ให้ทำเช่นนี้ไปจนถึงนักเรียนคนที่ได้คะแนนรวมสูงสุด เป็นคนสุดท้าย

ตัวอย่าง เช่น นักเรียนคนที่ 12 ซึ่งได้คะแนนรวมน้อยที่สุด คือ 1 คะแนน ให้นับจากซ้ายมือมา 1 ช่อง แล้วขีดเส้นตั้งทางขวามือหลังช่องนั้น

นักเรียนคนที่ 5 ได้คะแนนรวม 9 คะแนน ก็ให้นับจากช่องซ้ายมือมา 9 ช่อง แล้วขีดเส้นตั้งทางขวามือหลังช่องที่ 9

เมื่อลากเส้นแสดงคะแนนรวมของนักเรียนครบทุกคนแล้ว ให้ลากเส้นเชื่อมโยงเส้นแนวตั้งเหล่านั้น ก็จะได้เส้นโค้งเอส (ดูตาราง 4)

5. ลากเส้นโค้งพี โดยเริ่มจากมุมบนขวาของแผนภูมิ ให้ดูว่าข้อสอบข้อที่ยากที่สุด ซึ่งอยู่ช่องสุดท้ายทางขวามือ (ข้อสอบข้อ 8, P_8) มีนักเรียนตอบถูกกี่คน ก็ให้นับจำนวนแถวจากแถบบนสุดลงมาเป็นจำนวนเท่ากับจำนวนคนทำข้อสอบข้อนั้นถูก แล้วลากเส้นนอนใต้แถวนั้น ตัวอย่างเช่น

ข้อสอบข้อ 8 มีนักเรียนตอบถูก 4 คน ก็ให้นับจากแถบบนสุดลงมา 4 แถว แล้วขีดเส้นใต้แถวที่ 4 โดยขีดเฉพาะช่อง P_8 เท่านั้น

ข้อสอบข้อ 10 มีนักเรียนตอบถูก 5 คน ก็ให้นับจากแถบบนสุดลงมา 5 แถว แล้วขีดเส้นใต้แถวที่ 5 โดยขีดเฉพาะช่อง P_{10} เท่านั้น

เมื่อลากเส้นแสดงจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบแต่ละข้อถูกครบทุกข้อแล้ว ให้ลากเส้นเชื่อมโยงเส้นนอนเหล่านั้นก็จะได้เส้นโค้งพี (ดูตาราง 4)

Student number	$\begin{matrix} P \\ S \end{matrix}$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Text scores
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1			0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	5
2			0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	6
3			0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3
4			1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	7
5			1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
6			1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	5
7			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
8			1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
9			0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	8
10			0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	6
11			1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	4
12			0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
13			0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	5
14			1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	5
15			1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	4
			8	12	11	9	6	7	10	4	8	5	

ตาราง 1 การเรียงข้อสอบตามลำดับข้อ และการเรียงนักเรียนตามเลขที่

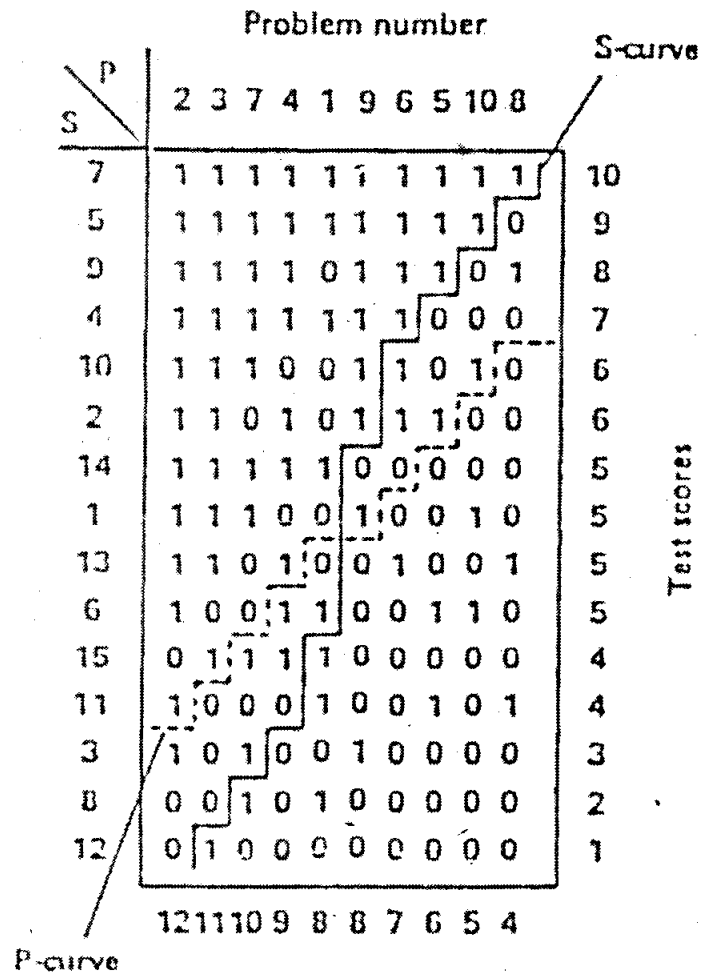
S \ P											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	8
4	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	7
10	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	6
2	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	6
14	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	5
1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	5
13	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	5
6	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	5
15	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	4
11	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	4
3	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3
8	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
											8 12 11 9 6 7 10 4 8 5

ตาราง 2 การเรียงคะแนนรวมจากคนที่ได้คะแนนมาก ไปหาคนที่ได้น้อย

S \ P											
	2	3	7	4	1	9	6	5	10	8	
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
9	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8
4	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	7
10	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	6
2	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	6
14	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	5
13	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	5
6	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	5
15	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	4
11	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	4
3	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3
8	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

1211109 8 8 7 6 5 4

ตาราง 3 การเรียงข้อสอบจากข้อที่ง่ายไปยาก



ตาราง 4 แสดงแผนภูมิเอส-พี

10.7.4 เส้นโค้งเอส-พือดมคติ

เนื่องจากเส้นโค้งเอส เป็นเส้นแสดงถึงการตอบข้อสอบของนักเรียน ตามคะแนนรวมที่นักเรียนแต่ละคนทำได้ การลากเส้นโค้งเอสจะลากตามจำนวนคะแนนรวมของข้อสอบที่เรียงตามลำดับความยากแล้วถ้าเป็นไปตามทฤษฎีที่ว่าคนที่มีความสามารถเท่ากันควรจะ มีแบบแผนการตอบข้อสอบเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันข้อต่อข้อ ดังนั้นทางซ้ายของเส้นโค้งเอส นักเรียนควรตอบถูกทุกข้อ นั่นคือจะได้คะแนน 1 ในแต่ละข้อ ส่วนทางขวามือของเส้นโค้งเอส นั้น นักเรียนควรจะได้คะแนน 0 คะแนนทุกข้อเช่นกัน เส้นโค้งเอสลักษณะนี้เราเรียกว่า **เส้นโค้งเอสอุดมคติ** (ดูภาพประกอบ 2)

ส่วนเส้นโค้งพี เป็นเส้นที่แสดงถึงจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้อง และถ้าเป็นไปตามทฤษฎีที่ว่า ข้อสอบข้อที่ง่าย นักเรียนควรตอบถูกเป็นจำนวนมาก และ ข้อสอบข้อที่ยากนักเรียนควรตอบถูกเป็นจำนวนน้อย ดังนั้นทางซ้ายของเส้นโค้งพี นักเรียนควร จะตอบข้อสอบถูกทุกข้อ และได้คะแนน 1 คะแนนทุกข้อ ส่วนทางขวาของเส้นโค้งพี นักเรียนควร จะตอบข้อสอบผิดทุกข้อและได้คะแนน 0 คะแนนทุกข้อเช่นกัน เส้นโค้งพีลักษณะนี้เรียกว่า **เส้นโค้งพือดมคติ** (ดูภาพประกอบ 3)

Subject i	Item j										y_{ij}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
6	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	7
7	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6
8	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6
9	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
10	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σy_{ij}	13	11	10	9	8	8	6	5	5	4	79

ภาพประกอบ 2 แสดงเส้นโค้งเอสอุดมคติ (Perfect s-Curve)

Subject i	Item j										Σ _i
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	8
4	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6
5	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6
6	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6
7	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5
8	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5
9	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5
10	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5
11	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
12	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
13	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
14	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Σ _j	15	14	13	12	10	6	3	3	2	1	79

ภาพประกอบ 3 แสดงเส้นโค้งพื้อมคคติ (Perfect P-Curve)

จากความสัมพันธ์ของเส้นโค้งเอสและเส้นโค้งพีจะทำให้ทราบว่าข้อสอบหรือแบบทดสอบกับนักเรียนมีความเหมาะสมกันมากน้อยเพียงใด ซึ่งโดยทฤษฎีแล้ว ถ้าข้อสอบฉบับนั้นมีความเหมาะสมกับนักเรียนกลุ่มนั้น เส้นโค้งเอสกับเส้นโค้งพีจะต้องทับกันสนิท แต่ถ้าเส้นโค้งเอสและเส้นโค้งพีห่างกันมากเท่าใด ก็จะแสดงถึงความไม่สอดคล้องระหว่างแบบทดสอบชุดนั้นกับนักเรียนผู้ทำแบบทดสอบชุดนั้น ซึ่งหมายความว่าแบบทดสอบชุดนั้นไม่เหมาะสมที่จะนำมาวัดกับเด็กกลุ่มนั้น เพราะแบบแผนการตอบข้อสอบของนักเรียนแตกต่างกันมาก ซาโต้ (Sato) เรียกความไม่สอดคล้องนี้ว่า “สัมประสิทธิ์ความไม่สอดคล้อง (Disparity Coefficient : D^*)” ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่สอดคล้อง (D^*) ของแบบทดสอบกับกลุ่มผู้เข้าสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความไม่สอดคล้องจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเป็นทวิพันธ์ (Heterogeneous) ของเส้นโค้งเอสและเส้นโค้งพี (เส้นโค้งเอสและพีไม่ซ้อนทับกัน) ถ้าเส้นโค้งเอสและเส้นโค้งพีอยู่ห่างกันมาก ค่า D^* จะเป็นบวก ถ้าเส้นโค้งเอสและเส้นโค้งพีทับกัน ค่า D^* จะมีค่าเป็นศูนย์ (0) แบบทดสอบที่ดีควรมีค่า D^* ไม่เกิน 0.6 จึงจะถือว่าเป็นแบบทดสอบที่เหมาะสมที่จะนำมาวัดกับเด็กกลุ่มนั้น

สรุปสาระสำคัญ

สาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อสอบสามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. เทคนิค 27% เป็นเพียงวิธีการหนึ่งที่เรานิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อสอบเท่านั้น ครูอาจใช้เทคนิควิธีการแบบอื่น ๆ ในการวิเคราะห์ข้อสอบตามความเหมาะสม
2. ระดับความยากของข้อคำถามใด (p) หมายถึงจำนวนเปอร์เซ็นต์หรือสัดส่วนของนักเรียนที่เลือกตอบตัวเลือกนั้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับจำนวนนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด
3. ข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .40 ถึง .60 จัดเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะ
4. ข้อสอบข้อใดที่นักเรียนกลุ่มเก่งทำถูกหมด แต่นักเรียนกลุ่มอ่อนทำผิดหมด จะมีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 1.00
5. ในการคัดเลือกข้อสอบนั้น เราจะคัดเลือกโดยพิจารณาจากค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของตัวเลือกที่เป็นตัวถูก ซึ่งถือเป็นค่าวิเคราะห์ของข้อสอบแต่ละข้อ สำหรับค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของตัวเลือกที่เป็นตัวลวงนั้น เราจะนำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น
6. การหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบ point biserial correlation นั้นมีข้อจำกัดว่า ค่าความยากง่ายของข้อสอบจะต้องเท่ากับ .50 ส่วนการหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบ biserial correlation นั้น เป็นอิสระจากค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ นั่นคือข้อสอบแต่ละข้อไม่จำเป็นต้องมีความยากง่ายปานกลาง
7. ในการพิจารณาคัดเลือกข้อสอบที่ทำการวิเคราะห์แบบอิงเกณฑ์สำหรับตัวเลือกที่เป็นตัวถูกนั้นให้คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความไว (s) ตั้งแต่ .30 ขึ้นไปเอาไว้ใช้ในการสอบครั้งต่อไป
8. สำหรับตัวลวงของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์นั้น ถ้าตัวลวงใดนักเรียนไม่เลือกตอบเลยในการสอบหลังจากที่สอนไปแล้วถือว่าเป็นตัวลวงที่ใช้ได้ แต่ถ้าตัวลวงใดมีค่าความไวของข้อสอบ (S) ต่ำลง แสดงว่าเป็นตัวลวงที่ไม่ดี ต้องปรับปรุงแก้ไข
9. ข้อสอบแต่ละข้อจะมีประสิทธิภาพเพียงใด สามารถดูได้จากค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบ
10. ธนาการข้อสอบคือที่สำหรับเก็บข้อคำถามดี ๆ ที่เราคัดเลือกแล้วจากการวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกมาใช้ในการคราวต่อ ๆ ไป

คำถามท้ายบทที่ 10

1. การวิเคราะห์ข้อสอบมีประโยชน์อย่างไร จงอธิบาย
2. การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่มยึดหลักการใดที่แตกต่างจากการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ จงอธิบาย
3. ถ้าอ่านจําแนกของข้อสอบข้อหนึ่งมีค่าตัดสินทั้งตัวถูกและตัวลวง หมายความว่าอย่างไร
4. ถ้าท่านมีหน้าที่ต้องทำการคัดเลือกข้อสอบเข้าเป็นฉบับเพื่อใช้ในจุดประสงค์ต่าง ๆ ข้างล่างนี้ ท่านจะมีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบแต่ละข้ออย่างไร
 - ก. ใช้ในการประเมินผลรวม
 - ข. ใช้ในการประเมินผลย่อย
 - ค. ใช้ในการสอบคัดเลือก
5. ธนาคารข้อสอบคืออะไร และมีประโยชน์อย่างไรต่อตัวครูและผู้บริหารโรงเรียน

บรรณานุกรม

- ชวาล แพรัตกุล. เทคนิคการวัดผล วัฒนาพานิช 2516.
- Gronlund, N.E. **Preparing Criterion - Referenced Tests for Classroom Instruction.** The Macmillan Company, New York, 1973.
- Jackson, R. "Developing Criterion - Referenced Test," **ERIC Clearinghouse on Tests, Measurement, and Evaluation**, 1970.
- Popham, W. J., **Criterion - referenced measurement**, Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, 1978.
- Sato, Takahiro. "The S-P Chart and Caution Index." Tokyo, Nippon Electric, 1980.
- Sato, Takahiro. "The S-P Chart Analysis". Handout Prepared for Presentation at Seminar on "The S-P Chart and the Caution Index," Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 1992.