

## บทที่ 3

# ทฤษฎีคะแนนจริง

---

### จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายทฤษฎีคะแนนจริงได้
2. สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนได้
3. สามารถอธิบายข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม
4. สามารถอธิบายข้อสรุปที่ได้จากทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิมได้

### เนื้อหา

1. ทฤษฎีคะแนนจริง
2. ความคลาดเคลื่อนในการวัด
3. ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม
4. สรุปทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม

### กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. บรรยาย
2. ซักถามระหว่างบรรยาย

### สื่อการเรียนรู้การสอน

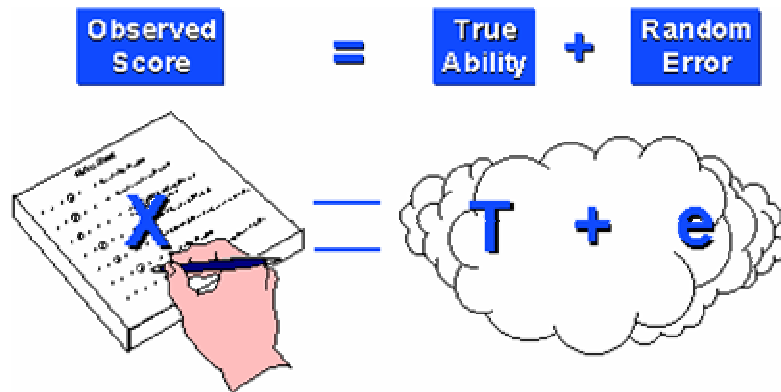
1. แผ่นใส
2. เอกสารประกอบการสอน

### การวัดผล

1. สังเกตความตั้งใจขณะบรรยาย
2. สังเกตการตอบคำถามของผู้เรียน

## ทฤษฎีคะแนนจริง

ตามทฤษฎีคะแนนจริงนั้น การวัดโดยทั่ว ๆ ไปจะประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบคือ ความสามารถแท้จริง (true ability) และความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (random error)



ภาพประกอบ 3.1 คะแนนจากการสอบวัด=ความสามารถแท้จริง+ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม\*

คะแนนสังเกต (Observed Score) ที่ได้จากการวัด หรือก็คือคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบ เช่นคะแนนจากแบบวัดความภาคภูมิใจในตนเอง หรือคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทย เป็นต้น คะแนนที่ได้ของผู้ถูกสอบวัดแต่ละคนจะประกอบไปด้วยค่าทางขวาของสมการ คือ ความสามารถแท้จริง (True Ability) และความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (Random Error) สามารถเขียนเป็นรูปสมการง่าย ๆ ได้ว่า  $X = T + e$  ซึ่งจะเป็นสมการที่คู่ขนานกับสมการความแปรปรวนของการวัด ดังนั้นเราจะได้ว่า

$$\text{Var}(X) = \text{Var}(T) + \text{Var}(e)$$

โดยส่วนใหญ่แล้วความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จะเกิดจากผลรวมของความแปรปรวนที่เนื่องมาจากคะแนนจริงและความแปรปรวนที่เนื่องมาจากคะแนนความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม

ทำไมทฤษฎีคะแนนจริงจึงมีความสำคัญ? ประการแรกก็คือ เป็นโมเดลของการวัด ที่ช่วยเตือนว่า การวัดส่วนใหญ่นั้นจะต้องมีองค์ประกอบของความคลาดเคลื่อนรวมอยู่ด้วย ประการที่สอง ทฤษฎีคะแนนจริงจะเป็นพื้นฐานของทฤษฎีความเชื่อมั่น ในการวัดใด ๆ ก็ตามที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (ทั้งหมดเกิดจากคะแนนจริง) จะเป็นความเชื่อมั่นอย่างสมบูรณ์ ถ้าในการวัดไม่มีคะแนนจริง (ทั้งหมดเกิดจากคะแนนคลาดเคลื่อน) ความเชื่อมั่นจะเป็นศูนย์ ประการที่สาม ทฤษฎีคะแนนจริงสามารถใช้ในการสมมติข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างคะแนนสังเกตด้วยความมั่นใจว่าถูกต้องตามคุณสมบัติของคะแนนที่สังเกตได้

## ความคลาดเคลื่อนในการวัด

ในทฤษฎีคะแนนจริงนั้น คะแนนที่สังเกตเท่ากับคะแนนจริงรวมกับความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม แต่อะไรจะเกิดขึ้นถ้าความคลาดเคลื่อนทั้งหมดไม่ได้เป็นไปอย่างสุ่ม? เป็นไปได้หรือไม่ว่าความคลาดเคลื่อนบางส่วนจะเกิดขึ้นอย่างเป็นระบบสำหรับคนทั้งกลุ่ม วิธีหนึ่งที่จะปรับปรุงแก้ไขโมเดลของคะแนนจริง ด้วยการแบ่งองค์ประกอบของความคลาดเคลื่อนเป็น 2 องค์ประกอบย่อย คือความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (random error) และความคลาดเคลื่อนอย่างมีระบบ (systematic error) เราจะดูความแตกต่างระหว่างความคลาดเคลื่อน 2 ชนิดนี้ และพยายามวินิจฉัยผลของความคลาดเคลื่อนที่มีต่อคะแนน

$$X = T + e$$

Two Components:

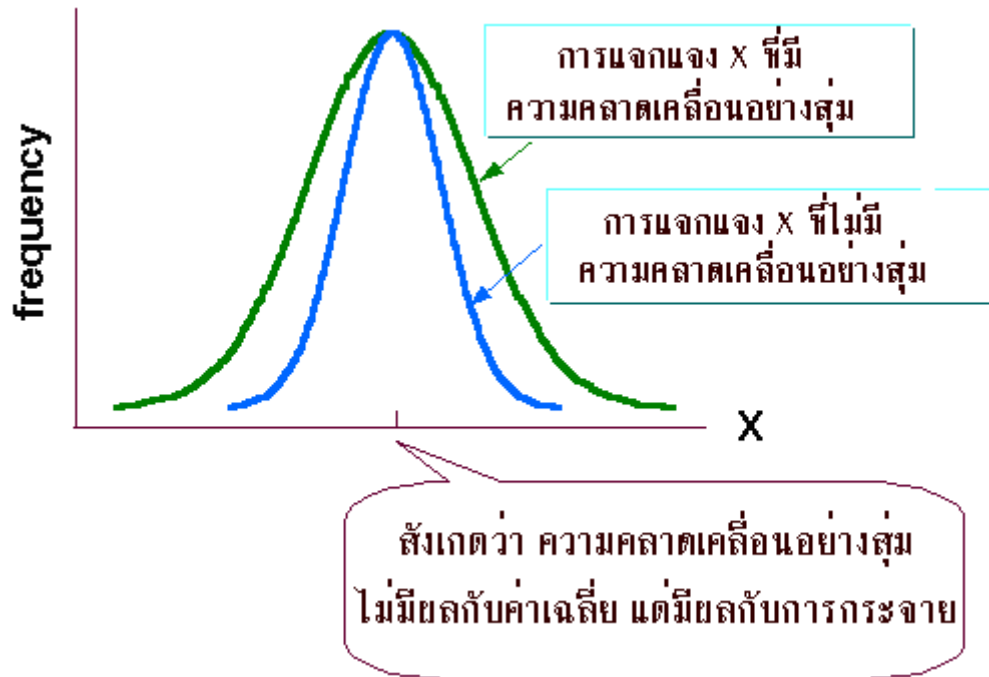
- $e_r$  • Random Error
- $e_s$  • Systematic Error

$$X = T + e_r + e_s$$

ภาพประกอบ 3.2 ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มและความคลาดเคลื่อนอย่างมีระบบ\*

### ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มคืออะไร

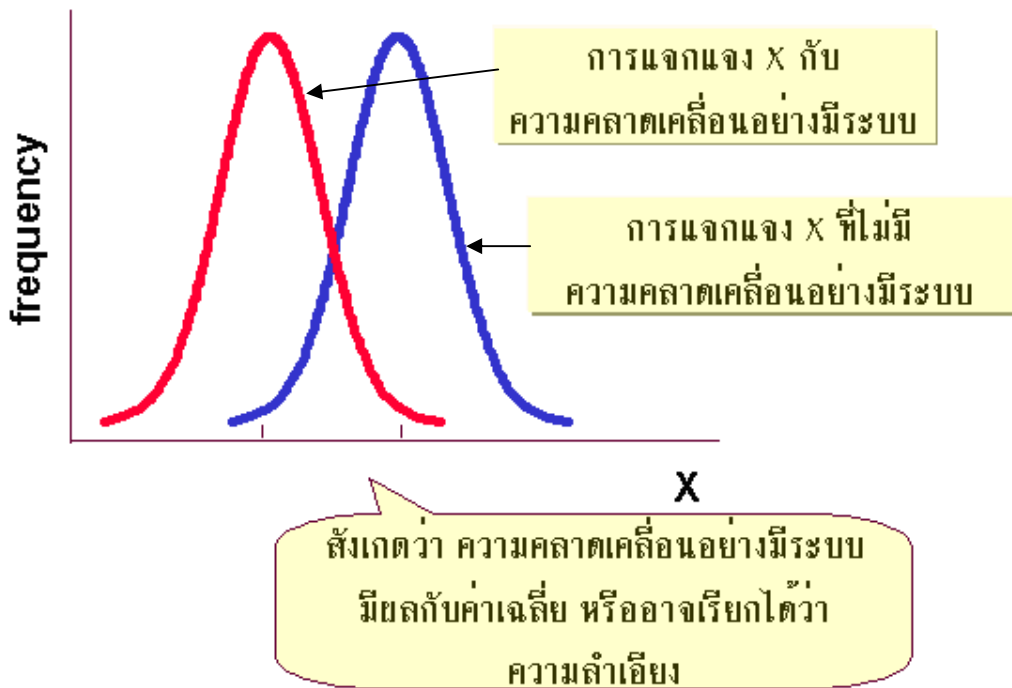
ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากหลายองค์ประกอบที่เกิดจากการวัด เช่น อารมณ์ของแต่ละคนสามารถเพิ่มหรือลดความสามารถในการปฏิบัติของแต่ละคนในแต่ละโอกาส โดยเฉพาะในการสอบ เด็กบางคนอารมณ์ดี แต่บางคนก็อารมณ์ไม่ดี ถ้าเด็กอารมณ์ดีการปฏิบัติงานหรือการสอบของเขาก็อาจจะได้คะแนนสังเกตสูงขึ้นไปกว่าเด็กบางคนที่มีอารมณ์ไม่ดี สิ่งสำคัญเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มคือผลหรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นไม่มีความคงที่ตลอดทั้งกลุ่มผู้สอบ ความคลาดเคลื่อนชนิดนี้จะทำให้คะแนนสังเกตสูงขึ้นไปหรือต่ำลงอย่างสุ่ม หมายความว่า ถ้าความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มมีการกระจาย ผลรวมของความคลาดเคลื่อนจะเป็นศูนย์ เนื่องจากความคลาดเคลื่อนมีค่าทั้งเป็นบวกและเป็นลบ คุณสมบัติที่สำคัญของความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มคือข้อมูลจะมีการกระจายมากขึ้น ซึ่งจะไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของกลุ่ม



ภาพประกอบ 3.3 อิทธิพลของความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม\*

### ความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบคืออะไร

ความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากหลายองค์ประกอบที่มีผลกระทบบต่อการวัดอย่างเป็นระบบของตัวแปรหรือสิ่งที่ต้องการวัดในกลุ่มผู้สอบ เช่น เสียงดังรบกวนจากภายนอกห้องขณะนักเรียนทำข้อสอบ เสียงรบกวนมีผลต่อคะแนนของนักเรียนทุกคน กรณีนี้คะแนนการสอบของทุกคนจะต่ำอย่างมีระบบ ซึ่งจะแตกต่างจากความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม สำหรับความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบมีแนวโน้มจะคงที่ทั้งทางบวกหรือทางลบ คุณสมบัติที่สำคัญของความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบคือจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มเปลี่ยนแปลงไปในทางเพิ่มขึ้นหรือลดลง



ภาพประกอบ 3.4 อิทธิพลของความคลาดเคลื่อนอย่างมีระบบ\*

**ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม**

กระบวนการประเมินหรือตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบโดยส่วนใหญ่จะอยู่บนพื้นฐานของข้อตกลงเบื้องต้น ข้อตกลงเบื้องต้นนี้เรียกว่า “ทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม” (Classical true-score theory) ซึ่งในต่อไปนี้จะเป็นการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม

ทฤษฎีการทดสอบ (test theory) หรือโมเดลการทดสอบ (test model) จะเป็นการนำเสนอองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อคะแนนสอบที่สังเกตได้และอธิบายได้ด้วยข้อตกลงเบื้องต้น ทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิมนั้นง่ายและเป็นโมเดลที่มีประโยชน์ในการอธิบายความคลาดเคลื่อนในการวัดที่มีผลต่อคะแนนสังเกต ต่อไปนี้จะนำเสนอข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม และอธิบายในรายละเอียดปลีกย่อยที่เกี่ยวข้อง

**ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม**

1.  $X = T + E$
2.  $\varepsilon(X) = T$
3.  $\rho_{ET} = 0$
4.  $\rho_{E_1E_2} = 0$
5.  $\rho_{E_1T_2} = 0$

6. ถ้าแบบทดสอบ 2 ฉบับมีคะแนนที่สังเกตได้  $X$  และ  $X'$  แล้วเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นข้อ 1 ถึง 5 ในประชากรผู้สอบทุกคน ซึ่ง  $T = T'$  และ  $\sigma_E^2 = \sigma_{E'}^2$  แล้ว แบบทดสอบทั้งสองฉบับนั้นจะเรียกว่า แบบทดสอบคู่ขนานแบบพาราเรล (parallel tests)

7. ถ้าแบบทดสอบ 2 ฉบับมีคะแนนที่สังเกตได้  $X_1$  และ  $X_2$  แล้วเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นข้อ 1 ถึง 5 สำหรับประชากรผู้สอบทุกคน ซึ่ง  $T_1 = T_2 + c_{12}$  , เมื่อ  $c_{12}$  คือค่าคงที่แล้วแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับนั้นจะเรียกว่า แบบทดสอบคู่ขนานแบบทอ (essentially  $T$ -equivalent tests)

ในข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลคะแนนจริงมาตรฐานเดิมนี  $X$  คือคะแนนที่สังเกตได้ของผู้สอบ **ข้อตกลงเบื้องต้น 1** ที่ว่า  $X = T + E$  คือคะแนนที่สังเกตได้ เกิดจากผลรวมของคะแนนสองส่วนคือ  $T$  หมายถึงคะแนนจริง (true score) และ  $E$  หมายถึงคะแนนคลาดเคลื่อน (error score) หรือความคลาดเคลื่อนในการวัด (error of measurement) ตัวอย่างเช่น ถ้าคะแนนสอบวัด IQ ผู้สอบที่ชื่อโจมีคะแนนจริง 108 คะแนน แต่ผลการสอบวัดได้คะแนน 112 คะแนนแล้ว  $X$  คือ 112,  $T$  คือ 108 และ  $E$  จะเท่ากับ +4 ถ้าโจสอบใหม่อีกครั้งหนึ่ง ได้คะแนน 100 คะแนนแล้ว  $X$  จะกลายเป็น 100,  $T$  ยังคงเป็น 108 และ  $E$  จะเป็น -8 สำหรับผู้สอบทุกคนและทุกแบบทดสอบ  $T$  คือค่าคงที่ ส่วน  $X$  และ  $E$  จะเปลี่ยนแปลงไปตามผู้สอบและแบบทดสอบที่แตกต่างกัน

**ข้อตกลงเบื้องต้น 2**  $E(X) = T$  หมายความว่าค่าคาดหวัง (ค่าเฉลี่ยของประชากร) ของ  $X$  จะเท่ากับ  $T$  ข้อตกลงเบื้องต้นนี้เป็นการนิยามคะแนนจริง  $T$  โดยคะแนนจริง  $T$  ก็คือค่าเฉลี่ยของคะแนน  $X$  ในการสอบซ้ำ ๆ กันอนันต์ครั้ง โดยในแต่ละครั้งที่สอบซ้ำจะเป็นอิสระจากกันโดยผู้สอบคนเดียวกันที่ใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ถ้าผู้สอบชื่อโจ ได้ทำแบบทดสอบฉบับเดียวกันซ้ำ ๆ กันอนันต์ครั้ง ค่าเฉลี่ยของคะแนนสังเกตควรจะเท่ากับ 108 ซึ่งจะเท่ากับคะแนนจริงของผู้สอบที่ชื่อโจ

จากข้อตกลงเบื้องต้น 2 จะสังเกตได้ว่า  $T$  นิยามว่าเป็นค่าคาดหวังของคะแนนสอบที่ควรจะเท่ากับคะแนนจริงของผู้สอบมากกว่าจะแทนความสามารถแท้จริงของผู้สอบ ตัวอย่างในการนำข้อตกลงเบื้องต้นนี้ไปใช้ คือ สมมติว่าในการวัดแบบทดสอบมิติสัมพันธ์และคะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้คือ 10 คะแนน ผู้สอบ 2 คนคือโจและจ๊อก ทำแบบทดสอบนี้ได้คะแนนเต็ม 10 คะแนนแต่ในความเป็นจริงแล้ว โจมีความสามารถทางมิติสัมพันธ์ดีกว่าจ๊อก แต่แบบทดสอบนี้ง่าย และทั้งคู่ก็ทำแบบทดสอบได้คะแนนเต็ม ผลที่ได้นี้จะเรียกว่า ผลการได้คะแนนสูงสุด (ceiling effect) และแบบทดสอบนี้ไม่มีความสามารถในการจำแนกความสามารถของบุคคล แม้ว่าโจจะมีความสามารถสูงกว่า คะแนนจริงของโจในการทำแบบทดสอบจะเท่ากับจ๊อก หรืออีกตัวอย่างหนึ่ง สมมติว่าแบบทดสอบเขาวนั้ปัญญาที่เป็นฉบับภาษาอังกฤษ ซึ่งมาลีไม่สามารถพูดภาษาอังกฤษได้

ทำให้ได้คะแนนต่ำ ถ้ามาลีทำแบบทดสอบเขาวัวปัญหาหลาย ๆ ครั้ง ผลของคะแนนที่สังเกตได้ควรสอดคล้องกันคือได้คะแนนต่ำ และคะแนนจริงของมาลีก็จะต่ำไปด้วย ในทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม คะแนนจริงตามทฤษฎีนี้หมายถึงผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบซ้ำกันอนันต์ครั้ง โดยแต่ละครั้งเป็นอิสระจากกัน

ข้อตกลงเบื้องต้นทั้ง 2 ข้อข้างต้น จะเกี่ยวข้องกับการแจกแจงทางทฤษฎีของคะแนนสังเกตที่สอบซ้ำในโอกาสต่าง ๆ กันโดยผู้สอบคนเดียวและแบบทดสอบฉบับเดียวกัน ข้อตกลงเบื้องต้น 3 ถึง 5 ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเกี่ยวกับคะแนนจริงและคะแนนคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบฉบับเดียวหรือสองฉบับที่มีผู้สอบหลายคนสอบแบบทดสอบเดียวกันในโอกาสต่าง ๆ

**ข้อตกลงเบื้องต้น 3**  $\rho_{ET} = 0$  หมายถึงคะแนนคลาดเคลื่อนและคะแนนจริงที่มาจากประชากรผู้สอบที่ทำแบบทดสอบฉบับเดียวกันจะไม่มีความสัมพันธ์กัน ข้อตกลงเบื้องต้นนี้บอกเป็นนัยว่าผู้สอบที่มีคะแนนจริงต่ำ ย่อมเกิดคะแนนคลาดเคลื่อนในการวัดมากกว่าผู้สอบที่มีคะแนนจริงสูง ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้จะมีโอกาสเป็นทั้งบวกและลบ ข้อตกลงเบื้องต้นนี้อาจจะถูกละเมิด ถ้านักเรียนที่ทำข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัยและมีคะแนนจริงต่ำได้ลอกคำตอบของนักเรียนคนอื่นที่มีคะแนนจริงสูง ในสถานการณ์นี้ควรจะได้ความสัมพันธ์เป็นลบระหว่างคะแนนจริงกับคะแนนคลาดเคลื่อน หรือสมมติว่า ในการสอนของครูนักเรียนที่เก่งมักเป็นนักเรียนที่นั่งอยู่แถวหน้าเพื่อให้แน่ใจว่าเข้าใจคำสอนของครูและทำแบบทดสอบได้ เพราะว่ามีปัญหาเรื่องเสียงของครู นักเรียนที่นั่งอยู่หลังห้องจะมีปัญหาในการได้ยินและไม่เข้าใจคำสอนของครู นักเรียนพวกนี้ก็กลายเป็นพวกไม่เก่งเวลาทำแบบทดสอบ ในสถานการณ์นี้ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจริงและคะแนนคลาดเคลื่อนจะเป็นลบ

**ข้อตกลงเบื้องต้น 4**  $\rho_{E_1E_2} = 0$ ,  $E_1$  คือคะแนนคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบฉบับที่ 1 และ  $E_2$  คือคะแนนคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบฉบับที่ 2 ข้อตกลงเบื้องต้นนี้หมายความว่าคะแนนคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบ 2 ฉบับที่แตกต่างกันจะไม่มีความสัมพันธ์กัน นั่นคือ ถ้าผู้สอบมีคะแนนคลาดเคลื่อนเป็นบวกในแบบทดสอบที่ 1 ผู้สอบคนนั้นอาจจะมีความคลาดเคลื่อนเป็นบวกหรือลบก็ได้ในแบบทดสอบที่ 2 ข้อตกลงเบื้องต้นนี้อาจจะถูกละเมิด ถ้าคะแนนที่ได้จากการสอบนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ความเหนื่อยล้า, การฝึกฝน, อารมณ์ของผู้สอบ หรือองค์ประกอบเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น สมมติว่าแบบทดสอบ 2 ฉบับโดยปกติจะสอบแยกกัน แต่เป็นไปได้ที่จะมีโอกาสนำแบบทดสอบทั้งสองฉบับมาสอบร่วมกันหลังจากผู้สอบได้ทำการสอบแบบทดสอบฉบับอื่นก่อนหน้าแล้ว โดยแบบทดสอบฉบับแรกที่สอบยาวมาก ผู้สอบอาจจะเกิดความเหนื่อยล้าระหว่างทำแบบทดสอบ ผลของคะแนนคลาดเคลื่อนอาจจะเป็นลบในแบบทดสอบทั้งสองฉบับ ผู้สอบอื่น ๆ อาจจะได้รับประโยชน์จากการฝึกฝนด้วยแบบทดสอบที่ทำมาก่อนหน้านี้ ทำให้ผลของการสอบแบบทดสอบสองฉบับนี้มีตัวแปรแทรกซ้อนมากมาย ผลของคะแนนคลาดเคลื่อนในการวัดจะเป็นบวกทั้งสองฉบับ และสถานการณ์เช่นนี้ความสัมพันธ์ของคะแนนคลาดเคลื่อนในการวัดทั้งสองฉบับจะเป็น

บวก ถ้ารู้คะแนนคลาดเคลื่อนในการวัดของแบบทดสอบฉบับหนึ่ง ก็สามารถทำนายคะแนนคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบอีกฉบับหนึ่ง องค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของคะแนนคลาดเคลื่อนในการวัด เช่น ผู้สอบที่มีปัญหาากลุ่มใจในขณะที่ทำแบบทดสอบอาจจะมีคะแนนคลาดเคลื่อนในทั้งสองฉบับเป็นลบ หรือขณะที่ทำแบบทดสอบมีเสียงรบกวนดังเข้ามาในห้อง ผู้สอบบางคนมีแนวโน้มที่คะแนนคลาดเคลื่อนในการวัดทั้งสองฉบับเป็นลบ

ถ้าเราต้องการประยุกต์ใช้ทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิมในการทดสอบนั้น องค์ประกอบที่มีอิทธิพลมากที่สุดก็คือผลของการฝึกฝน, ความเหนื่อยล้า, หรือเงื่อนไขทางภาวะแวดล้อมอื่น ๆ เราควรจะให้แน่ใจว่าอิทธิพลต่าง ๆ เหล่านี้มีผลต่อผู้สอบทุก ๆ คนในทุก ๆ แบบทดสอบ และทุก ๆ ครั้งที่สอบ การควบคุมนี้จะช่วยลดขนาดของความคลาดเคลื่อนในการวัด

**ข้อตกลงเบื้องต้น 5**  $\rho_{E_1 T_2} = 0$  หมายความว่าคะแนนคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบฉบับหนึ่ง ( $E_1$ ) ไม่สัมพันธ์กับคะแนนจริงของแบบทดสอบอีกฉบับหนึ่ง ( $T_2$ ) ข้อตกลงเบื้องต้นนี้จะถูกละเมิดถ้าแบบทดสอบฉบับที่ 2 เป็นการวัดบุคลิกภาพหรือองค์ประกอบของความสามารถภายในตัวบุคคลซึ่งมีอิทธิพลกับความคลาดเคลื่อนในแบบทดสอบฉบับที่ 1 ถ้ามีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้แล้ว ข้อตกลงเบื้องต้น 3 ก็จะถูกละเมิดด้วย

ข้อตกลงเบื้องต้น 1 ถึง 5 เป็นทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิมที่นิยามคะแนนคลาดเคลื่อนในการวัด คะแนนคลาดเคลื่อนในการวัดจะเกิดอย่างไม่เป็นระบบ หรือเกิดขึ้นอย่างสุ่ม ความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบในทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิมจะไม่เรียกว่าความคลาดเคลื่อนในการวัด ตัวอย่างเช่น ในกรณีของมาลี ถ้าคะแนนเขาวนปัญญาของเธอประมาณค่าได้ต่ำกว่าความเป็นจริงคือได้เพียง 20 คะแนนในแบบทดสอบหลาย ๆ ฉบับแล้ว คะแนน 20 คะแนนในแบบทดสอบแต่ละฉบับก็คือความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบและไม่สอดคล้องกับความคลาดเคลื่อนภายในทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม

**ข้อตกลงเบื้องต้น 6** นำเสนอนิยามของแบบทดสอบคู่ขนาน,  $X$  คือคะแนนที่สังเกตได้ของแบบทดสอบฉบับ 1,  $T$  คือคะแนนจริง และ  $\sigma_E^2$  คือความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบฉบับ 1 และ  $X', T'$  และ  $\sigma_{E'}^2$  คือคะแนนสังเกต, คะแนนจริง และความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบฉบับ 2 ข้อตกลงเบื้องต้น 6 นี้หมายความว่า แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับจะคู่ขนานกันถ้า  $T = T'$ , และ  $\sigma_E^2 = \sigma_{E'}^2$ , สำหรับทุก ๆ ประชากรผู้สอบในแบบทดสอบทั้งสองฉบับ แบบทดสอบคู่ขนานนี้จะเรียกว่า parallel test forms หรือ parallel forms สำหรับ  $\sigma_E^2$  ที่เท่ากับ  $\sigma_{E'}^2$ , เป็นเงื่อนไขที่นำไปสู่คะแนนคลาดเคลื่อนของการวัด นั่นคือ อิทธิพลของอารมณ์และสภาพแวดล้อม ต้องเป็นไปทำนองเดียวกันในแบบทดสอบทั้งสองฉบับ นิยามของแบบทดสอบคู่ขนานมีนัยว่า แบบทดสอบคู่ขนานจะมีความเท่ากันในเรื่องของคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบคู่ขนาน มีความเท่ากันในเรื่องของความแปรปรวน และความสัมพันธ์กับคะแนนสังเกตได้ของแบบทดสอบฉบับอื่น ตัวอย่างเช่น แบบทดสอบคู่ขนานของ



แบบวัดความก้าวร้าวที่ยังคงมีความเท่ากันของคะแนนจริง, ความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อน, ความแปรปรวนของคะแนนสังเกต และความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับกับของแบบทดสอบฉบับอื่น

**ข้อตกลงเบื้องต้น 7** หมายความว่า นิยามของแบบทดสอบที่คู่ขนานกันแบบทอ (essentially  $\tau$ -equivalent tests) อักษรกรีก  $\tau$  หมายถึงคะแนนจริง  $T$  แบบทดสอบที่คู่ขนานกันแบบทอจะมีคะแนนจริงของแบบทดสอบฉบับหนึ่งเท่ากับคะแนนจริงของแบบทดสอบอีกฉบับหนึ่งบวกกับค่าคงที่ ( $c_{12}$ ) ตัวอย่างเช่น แบบทดสอบฉบับที่ 1 มีผู้สอบ 4 คน ได้คะแนนจริงคือ 10, 11, 13 และ 18 ถ้าแบบทดสอบฉบับที่ 1 นี้และแบบทดสอบฉบับที่ 2 มีความคู่ขนานกันแบบทอที่มี  $c_{12} = 3$  ผู้สอบควรจะได้คะแนนในแบบทดสอบฉบับที่ 2 เป็น 13, 14, 16 และ 21 จะไม่เหมือนกับแบบทดสอบที่คู่ขนานกันแบบพาราเรล (parallel test) แบบทดสอบที่คู่ขนานกันแบบทอสามารถมีความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันได้ คะแนนจริงที่ถูกวัดจะมีความถูกต้องมากกว่า โดยคะแนนจริงของฉบับหนึ่งจะมากกว่าอีกฉบับหนึ่ง สังเกตว่าแบบทดสอบที่คู่ขนานแบบพาราเรล จะมีความเข้มงวดมากกว่าแบบทดสอบที่คู่ขนานกันแบบทอ ถ้าแบบทดสอบทั้งสองฉบับมีคุณสมบัติของความคู่ขนานแบบพาราเรลกันแล้ว ก็จะมีคุณสมบัติของความคู่ขนานแบบทอด้วย อย่างไรก็ตามถ้าแบบทดสอบสองฉบับมีความคู่ขนานแบบทอก็ไม่จำเป็นว่าจะต้องมีคุณสมบัติของความคู่ขนานแบบพาราเรล (parallel)

### สรุปทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม

ทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิมจะเกี่ยวข้องกับโมเดลเชิงบวก นั่นคือ คะแนนสังเกต  $X$  จะเท่ากับผลรวมของสององค์ประกอบคือ คะแนนจริง  $T$  และคะแนนคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม  $E$  คะแนนคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบจะสมมติว่าไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนจริงบนแบบทดสอบเดียวกันและไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนจริงและคะแนนคลาดเคลื่อนบนแบบทดสอบอื่น ๆ แบบทดสอบคู่ขนานแบบพาราเรลจะมีคะแนนจริงและความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนเหมือนกัน แบบทดสอบคู่ขนานแบบทอจะมีคะแนนจริงที่แตกต่างกันโดยมีการบวกเพิ่มค่าคงที่ ข้อตกลงเบื้องต้นของคะแนนจริงสามารถละเมิดได้ด้วยจำนวนของเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลกับคะแนนสอบ อย่างไรก็ตามเพราะว่าเราไม่ทราบ  $T$  และ  $E$  ทำให้ไม่สามารถปฏิบัติตามข้อตกลงเบื้องต้นได้ แต่เราสามารถคาดเดาว่าเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่

คะแนนจริงและคะแนนคลาดเคลื่อนไม่สามารถสังเกตได้ตามโครงสร้างทฤษฎี ยกเว้นคะแนน  $X$  ที่สังเกตได้ เมื่อพูดถึงคะแนนจริง คะแนนจริงก็คือคะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากการสอบซ้ำหลาย ๆ ครั้งที่เป็นอิสระจากกันโดยใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกัน คะแนนนี้จะไม่ใช่ผลที่สมบูรณ์ของคุณลักษณะจริงที่สนใจวัดเว้นแต่ว่าแบบทดสอบนั้นจะมีความเที่ยงตรง (validity) อย่างสมบูรณ์ นั่นคือแบบทดสอบนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

### สรุปการได้มาของทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิม

ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิมสามารถนำไปสู่ข้อสรุปได้มากมาย ข้อสรุปที่ดึงมาจากทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิมมีดังนี้

$$1. \quad \varepsilon(E) = 0$$

ค่าคาดหวังของคะแนนคลาดเคลื่อนสำหรับผู้สอบแต่ละคนจะเท่ากับ 0 ถ้าผู้สอบถูกสอบซ้ำ ๆ กันด้วยแบบทดสอบชุดเดียวกัน คะแนนคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจะเท่ากับ 0 (สมมติว่าการสอบในแต่ละครั้งเป็นอิสระจากกัน และไม่มีผลต่อการทดสอบอื่น) ความคลาดเคลื่อนที่มีโอกาสเกิดขึ้นทั้งบวกและลบควรจะหมดไปเมื่อมีการสอบซ้ำหลาย ๆ ครั้งและการประมาณค่าคะแนนจริงของผู้สอบจะถูกต้อง

$$2. \quad \varepsilon(ET) = \sigma_{ET} = 0$$

ค่าคาดหวังของผลคูณระหว่างคะแนนคลาดเคลื่อนและคะแนนจริงจะเท่ากับ 0 ความแปรปรวนร่วมระหว่างคะแนนคลาดเคลื่อนและคะแนนจริง ( $\sigma_{ET}$ ) จะเท่ากับ  $\varepsilon(ET) - \varepsilon(E)\varepsilon(T)$  ซึ่งเท่ากับ 0 ในเทอมของ  $\varepsilon(ET)$  และ  $\sigma_{ET}$  ควรจะคำนวณอยู่บนพื้นฐานของคะแนนคลาดเคลื่อนและคะแนนจริงของประชากรผู้สอบทุกคนที่ทำแบบทดสอบฉบับหนึ่ง และค่า  $\varepsilon(ET)$  และ  $\sigma_{ET}$  ของผู้สอบทุกคนควรจะได้ค่าเท่ากับ 0

$$3. \quad \sigma_X^2 = \sigma_T^2 + \sigma_E^2$$

ความแปรปรวนของคะแนนสังเกตจะเท่ากับความแปรปรวนของคะแนนจริงบวกกับความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อน ถ้าคะแนนสังเกต, คะแนนจริง และคะแนนคลาดเคลื่อนสามารถอ้างอิงไปยังผู้สอบทุก ๆ คนในกลุ่มประชากรสำหรับแบบทดสอบฉบับหนึ่ง ความแปรปรวนของคะแนนสังเกตควรเท่ากับผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจริงและความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อน ถ้าการวัดนั้นปราศจากความคลาดเคลื่อน คะแนนความคลาดเคลื่อนทั้งหมดจะเท่ากับ 0 และจะไม่มีค่าความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อน ถ้า  $\sigma_E^2 = 0$  แล้ว  $\sigma_X^2 = \sigma_T^2$  คะแนนสังเกตทั้งหมดจะแตกต่างกันระหว่างผู้สอบแต่ละคนที่มีคะแนนจริงต่างกัน ถ้าการวัดนั้นมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง  $\sigma_E^2$  มากกว่า 0 และคะแนนที่สังเกตได้จะแตกต่างกันไปในผู้สอบแต่ละคนที่มีคะแนนจริงและคะแนนคลาดเคลื่อนต่างกัน ถ้า  $\sigma_E^2$  มีค่ามาก ความเกี่ยวข้องของ  $\sigma_X^2$  หรือ  $\sigma_T^2$  จะเป็นไปในทำนองเดียวกันคือคะแนนสังเกตจะมีค่าต่ำแตกต่างกันระหว่างผู้สอบแต่ละคนที่มีความแตกต่างกันระหว่างคะแนนคลาดเคลื่อนและคะแนนจริง

$$4. \quad \rho_{XT}^2 = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2}$$

กำลังสองของความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสังเกตและคะแนนจริงจะเท่ากับอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนสังเกต ข้อความนี้มีนัยว่า สัดส่วนของความแปรปรวนในคะแนนจริงอธิบายได้ด้วยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับคะแนนสังเกตเท่ากับ  $\frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2}$  คะแนนสังเกตสามารถอธิบายหรือทำนายคะแนนจริงได้อย่างสมบูรณ์เมื่ออัตราส่วนคือ 1.0 นั่นคือเมื่อความแปรปรวนของคะแนนสังเกตเท่ากับความแปรปรวนของคะแนนจริง

$$5. \quad \rho_{XT}^2 = 1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2}$$

กำลังสองของสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสังเกตและคะแนนจริงเท่ากับ 1 ลบด้วยอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนกับความแปรปรวนของคะแนนสังเกต ข้อสรุปนี้จะให้เข้าใจการแปลความหมายของ  $\rho_{XT}^2$  เมื่อความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำ คะแนนที่สังเกตได้จะอธิบายหรือทำนายคะแนนจริงได้มาก เมื่อความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนมีค่าสูง คะแนนที่สังเกตได้จะอธิบายหรือทำนายคะแนนจริงได้น้อย

$$6. \quad \sigma_X^2 = \sigma_{X'}^2$$

ถ้า  $X$  และ  $X'$  คือคะแนนสังเกตของแบบทดสอบคู่ขนานแบบพาราเรล ความแปรปรวนของคะแนนสังเกตจะเท่ากัน ถ้าผู้วิจัยพัฒนาแบบทดสอบคู่ขนานแล้วความแปรปรวนของคะแนนสังเกตไม่เท่ากัน แบบทดสอบนั้นจะไม่คู่ขนานกันแบบพาราเรลจริง

$$7. \quad \rho_{XY} = \rho_{X'Y}$$

ถ้า  $X$  และ  $X'$  คือคะแนนสังเกตได้ของแบบทดสอบคู่ขนานแบบพาราเรล และ  $Y$  คือคะแนนสังเกตได้ของแบบทดสอบอีกฉบับหนึ่ง สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสังเกตได้ของแบบทดสอบคู่ขนานกับ  $Y$  จะเท่ากัน คะแนนของแบบทดสอบคู่ขนานจะมีความสัมพันธ์กับคะแนนของแบบทดสอบอื่น ๆ เท่ากัน ข้อสรุปนี้จะช่วยให้เราได้ตรวจสอบอีกครั้งว่าแบบทดสอบของเราคู่ขนานกันแท้จริงหรือไม่

$$8. \quad \rho_{XX'} = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} = \frac{\sigma_{T'}^2}{\sigma_{X'}^2}$$

สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแบบทดสอบคู่ขนานแบบพาราเรล ( $X$  และ  $X'$ ) จะเท่ากับ อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ของแบบทดสอบคู่ขนาน แบบทดสอบคู่ขนานจะมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ( $\rho_{XX'} = 1.00$ ) เมื่ออัตราส่วนเป็น 1.00 สถานการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อการวัดนั้นปราศจากความคลาดเคลื่อน นั่นคือ เมื่อ  $\sigma_E^2 = 0$  ดังนั้น  $\sigma_T^2 = \sigma_X^2$  และเมื่อ  $\sigma_{E'}^2 = 0$  ดังนั้น  $\sigma_{T'}^2 = \sigma_{X'}^2$

$$9. \quad \rho_{XX'} = 1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2}$$

สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแบบทดสอบคู่ขนานแบบพาราเรลจะเท่ากับ 1 ลบด้วย อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนกับความแปรปรวนของคะแนนสังเกต สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบคู่ขนานเท่ากับ 1.00 เมื่อความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0 สหสัมพันธ์นี้จะเท่ากับ 0.00 เมื่อความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนเท่ากับ ความแปรปรวนของคะแนนสังเกต

$$10. \quad \rho_{XX'} = 1 - \rho_{XE}^2$$

สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแบบทดสอบคู่ขนานแบบพาราเรลจะเท่ากับ 1 ลบด้วย กำลังสองของสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสังเกตและคะแนนคลาดเคลื่อน สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบคู่ขนานจะเท่ากับ 1.00 เมื่อคะแนนสังเกตและคะแนนคลาดเคลื่อนไม่สัมพันธ์กัน และสหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบคู่ขนานจะเท่ากับ 0 เมื่อคะแนนสังเกตและคะแนนคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์

$$11. \quad \rho_{XT}^2 = \rho_{XX'}$$

กำลังสองของสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสังเกตและคะแนนจริงจะเท่ากับสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสังเกตของแบบทดสอบคู่ขนาน ถ้าแบบทดสอบสองฉบับคู่ขนานแบบพาราเรลกันจริงแล้ว  $r_{XX'}$  (สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสังเกตของแบบทดสอบคู่ขนาน) สามารถใช้ประมาณค่า  $\rho_{XT}^2$  ข้อนี้สำคัญมากเพราะว่าคะแนนจริงเราไม่รู้ค่าและสหสัมพันธ์ระหว่าง  $X$  และ  $T$  ไม่สามารถคำนวณได้โดยตรง

$$12. \sigma_T^2 = \sigma_{XX'}$$

ความแปรปรวนของคะแนนจริงเท่ากับความแปรปรวนร่วมระหว่างคะแนนสังเกตได้ของแบบทดสอบคู่ขนาน ดังนั้นความแปรปรวนร่วมระหว่างคะแนนของแบบทดสอบคู่ขนาน ( $s_{XX'}$ ) สามารถใช้ประมาณความแปรปรวนของคะแนนจริง

$$13. \sigma_E^2 = \sigma_X^2(1 - \rho_{XX'})$$

ความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนจะเท่ากับความแปรปรวนของคะแนนสังเกตคูณด้วย 1 ลบสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสังเกตของแบบทดสอบคู่ขนาน รากที่สองของความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อน จะเรียกว่า “ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด” (standard error of measurement : SEmeas) หรือก็คือ  $SE_{meas} = s_E = s_X \sqrt{1 - r_{XX'}}$

$$14. \rho_{T_X T_Z} = \frac{\rho_{XZ}}{\sqrt{\rho_{XX'} \rho_{ZZ'}}$$

สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจริงของแบบทดสอบสองฉบับเท่ากับสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสังเกตของแบบทดสอบสองฉบับหารด้วยรากที่สองของสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบทดสอบคู่ขนานชุด X คูณกับสหสัมพันธ์ของคะแนนแบบทดสอบคู่ขนานชุด Z ซึ่งทั้งสองชุดคู่ขนานกันแบบพาราเรล คะแนน X และ X' คือคะแนนสังเกตของแบบทดสอบคู่ขนาน เมื่อ  $X = T_X + E_X$  และ  $X' = T_X + E_X$  คะแนน Z และ Z' คือคะแนนสังเกตของแบบทดสอบคู่ขนานอีกชุดหนึ่ง เมื่อ  $Z = T_Z + E_Z$  และ  $Z' = T_Z + E_Z$  ดังนั้น  $\sqrt{\rho_{XX'} \rho_{ZZ'}}$  ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.00 เสมอ ส่วน  $\rho_{T_X T_Z}$  ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ  $\rho_{XZ}$  เสมอ หัวข้อนี้จะเรียกได้ว่า correction for attenuation ซึ่งสามารถใช้ในการประมาณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจริงของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ (ฉบับ X และ Z)

$$15. \sigma_{T_X}^2 = N^2 \sigma_{T_Y}^2$$

เมื่อ Y คือแบบทดสอบเดิม และ X คือแบบทดสอบฉบับใหม่ที่มีการเพิ่มความยาวของแบบทดสอบเป็น N เท่าของความยาวเดิม Y ดังนั้นถ้ามีการเพิ่มจำนวนข้อสอบ N เท่าของความยาวเดิมในแบบทดสอบแล้ว ความแปรปรวนของคะแนนจริงของแบบทดสอบที่เพิ่มความยาวจะเป็น  $N^2$  เท่าของความแปรปรวนคะแนนจริงของแบบทดสอบเดิม ผลของข้อนี้จะนำไปสู่การพัฒนาเป็นสูตรของสเปียร์แมนบราวน์ (Spearman-Brown formula)

$$16. \sigma_{E_X}^2 = N\sigma_{E_Y}^2$$

ถ้า  $X$  และ  $Y$  นิยามตามข้อสรุปที่ 15 ความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนในแบบทดสอบฉบับ  $X$  ( $\sigma_{E_X}^2$ ) จะเท่ากับ  $N$  เท่าของความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนในแบบทดสอบฉบับ  $Y$  ( $\sigma_{E_Y}^2$ ) ถ้าเพิ่มข้อสอบลงในแบบทดสอบ  $N$  เท่าของความยาวเดิม สามารถอธิบายได้ว่า ความแปรปรวนของคะแนนจริงจะเพิ่มขึ้นมากกว่าความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนเมื่อแบบทดสอบมีความยาวเพิ่มขึ้น ดังนั้นการที่แบบทดสอบมีความยาวเพิ่มมากขึ้น จะช่วยเพิ่มความถูกต้องในการวัดให้มากขึ้น

$$17. \rho_{XX'} = \frac{N\rho_{YY'}}{1 + (N-1)\rho_{YY'}}$$

นี่คือสูตรสเปียร์แมนบราวน์ เมื่อ  $X$ ,  $Y$  และ  $N$  นิยามเหมือนข้อสรุปที่ 15  $\rho_{YY'}$  คือ สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบฉบับ  $Y$  สองฉบับที่คู่ขนานกัน และ  $\rho_{XX'}$  คือสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบทดสอบฉบับใหม่ที่มีการเพิ่มความยาว  $N$  เท่าในแบบทดสอบฉบับ  $Y$  สูตรนี้จะช่วยให้เราประมาณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบคู่ขนานฉบับใหม่  $X$  ที่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวของแบบทดสอบฉบับเดิม  $Y$

$$18. \text{ ถ้า } \rho_{YY'} \neq 0, \lim_{N \rightarrow \infty} \rho_{XX'} = 1$$

ข้อความนี้อ่านได้ว่า “ถ้า  $\rho_{YY'}$  ไม่เท่ากับ 0 จำกัด  $N$  ถึงอนันต์แล้ว  $\rho_{XX'}$  จะเท่ากับ 1” เมื่อ  $X$ ,  $X'$  และ  $N$  นิยามเหมือนข้อสรุป 15 ข้อความนี้มีนัยว่า แบบทดสอบที่มีความยาวเป็นอนันต์ถูกเพิ่มเข้าไปในแบบทดสอบแล้ว สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบทดสอบคู่ขนานจะเข้าใกล้

1.00 จากข้อสรุป 9  $\rho_{XX'} = 1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2}$  แบบทดสอบที่มีจำนวนข้อเป็นอนันต์ควรมี

ความสามารถในการวัดโดยปราศจากความคลาดเคลื่อน ( $\sigma_E^2 = 0$ )



\* ภาพประกอบทั้งหมดมาจาก <http://trochim.human.cornell.edu/kb/>

### หนังสืออ่านประกอบ

Allen, Mary J. and Yen, Wendy M. *Introduction to Measurement Theory*. California : Brooks/Cole Publishing Company, 1979.

Trochim, William M. K. (1999). *Research Methods Knowledge Base*. (Online)  
Available : <http://trochim.human.cornell.edu/kb/>. Retrieved December, 2000.

### คำถามท้ายบท

1. ทฤษฎีคะแนนจริงคืออะไร
2. ความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละแบบมีความเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร พร้อมยกตัวอย่างความคลาดเคลื่อนแต่ละแบบประกอบ
3. ทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิมมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าอย่างไร
4. ข้อสรุปที่ได้จากทฤษฎีคะแนนจริงมาตรฐานเดิมมีอะไรบ้าง