# บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญในการพัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบ การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนแรกเป็นการพัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบในแบบแผนการตอบข้อกระทง ตอนที่สองเป็นการศึกษาถึงคุณภาพของดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยการเปรียบเทียบคุณภาพกับดัชนีของซาโต้ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ใช้การจำลองสถานการณ์ขึ้นด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล ซิมูเลชั่น (Monte Carlo Simulation) โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และ Scientific Subroutine ภาษาฟอร์แทรน 77 และศึกษากับประชากรที่มีลักษณะการแจกแจงความสามารถแตกต่างกัน 3 ลักษณะคือ ประชากรมีความสามารถปานกลาง ประชากรมีความสามารถต่ำ และประชากรที่มีความสามารถสูง

### ตอนที่ 1 การพัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบในแบบแผนการตอบข้อกระทง

1. ศึกษาแนวคิดและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับแบบแผนการตอบข้อกระทง และดัชนีชี้คุณภาพแบบสอบต่าง ๆ โดยวิเคราะห์ที่มาของดัชนีต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยเน้นที่แบบแผนการตอบตามแนวคิดของกัตแมน และของซาโต้ ดังเนื้อหาแนวคิดและผลการวิจัยตามรายละเอียดปรากฏในบทที่ 2 ตอนที่ 1 และ 2

2. การศึกษานำเพื่อเสนอกรอบความคิดในการพัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบในแบบแผนการตอบข้อกระทง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษานำและได้กรอบความคิดดังนี้

กรอบความคิดได้จากการวิเคราะห์แบบแผนการตอบของกัตแมนและของซาโต้ โดยนำเอาจุดเหมือนและจุดแตกต่างของแบบแผนการตอบทั้งสองแบบมาวิเคราะห์หาลักษณะสำคัญและข้อบกพร่องแล้วจึงพัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบในแบบแผนการตอบของผู้วิจัยขึ้นเพื่อแก้จุดบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งจุดบกพร่องของแบบแผนการตอบของกัตแมนและซาโต้นั้น อยู่ที่การเรียงค่าความยากง่ายของข้อกระทงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีของทั้งสอง แนวคิดนี้เป็นการเรียงข้อ

กระทงตามลำดับ ความยากง่ายของข้อกระทงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมซึ่งต้องใช้คะแนนรวมของแต่ละข้อในกลุ่มเป็นหลักในการเรียงลำดับของข้อกระทงแต่ละข้อจากข้อที่มีผู้ตอบตอบถูกมากไปน้อย ค่าดัชนีของกัตแมนและของซาโต้จึงเกี่ยวข้องกับกลุ่มผู้สอบ เพราะค่าความยากที่นำมาเรียงลำดับในเมตริกซ์เป็นความยากที่เกิดจากกลุ่มผู้สอบ เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้นจึงขอเสนอให้พิจารณาภาพที่ 12 โดยสมมุติว่ามีนักเรียน 18 คน สอบข้อสอบจำนวน 5 ข้อ นำผลที่ได้จากการสอบมาจัดเป็นเมตริกซ์ ดังนี้

ภาพประกอบที่ 12 แผนภูมิเอส จำนวนนักเรียน 18 คน ข้อสอบจำนวน 5 ข้อ และดัชนีของซาโต้

| ผู้สอบ(i) | ข้อกระทง (j) 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | คะแนนรวมของผู้สอบ | ดัชนีของซาโต้ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4 | .00 (.00) |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 | .65 (.33)* |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | .00 (.00) |
| 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | .16 (.20) |
| 5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | .65 (.40)* |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 1.13 (1.00) |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 (1) | 2 (3) | .00 (.40) |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | .00 (.00) |
| 9 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | .44 (.50) |
| 10 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | .59 (.66) |
| 11 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | .74 (.83) |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | .88 (1.00) |
| 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 (1) | 1 (2) | .00 (.83)* |
| 14 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | .00 (.00) |
| 15 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | .45 (.50) |
| 16 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1.14 (1.25) |
| 17 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1.36 (1.50) |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1.36 (1.50) |
| จำนวนผู้ตอบถูก(Y.j) ในแต่ละข้อ | 12 | 10 | 7 | 6 | 3 (5) | | |

จากภาพที่ 12 จะเห็นว่าการเรียงลำดับข้อกระทงจะเรียงจากข้อที่ง่ายไปหาข้อที่ยาก โดยเรียงจากซ้ายไปขวา ซึ่งข้อสอบที่ง่ายหมายถึงข้อสอบที่ผู้สอบทำถูกจำนวนมากจากจำนวนผู้สอบทั้งหมด และการคำนวณดัชนีของซาโต้นั้นคำนวณจากค่าผลต่างของ 1 กับอัตราส่วนความแปรปรวนร่วมของเวคเตอร์ของการตอบข้อกระทงของผู้สอบ 2 ประเภทคือ ความแปรปรวนร่วมของเวคเตอร์ของคะแนนที่ได้จากการตอบข้อสอบ (Observed score) ของแต่ละข้อกับจำนวนผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูกเป็นตัวเศษ และความแปรปรวนร่วมของคะแนนของผู้สอบเมื่อข้อสอบเป็นไปตามเมตริกซ์ของกัตแมนที่สมบูรณ์ (Guttman 1941) กับจำนวนผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูกเป็นตัวส่วน เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$C_{(si)} = 1 - \frac{COV(X_{ij}, Y_j)}{COV(U_{ij}, Y_j)}$$

เมื่อ $X_{ij}$ คือ คะแนน (0,1)ของผู้สอบ ข้อที่ j คนที่ i

$Y_j$ คือ ความถี่หรือจำนวนผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อที่ j ถูก

$U_{ij}$ คือ คะแนนในอุดมคติเมื่อข้อสอบเป็นไปตามเมตริกซ์ของกัตแมน ($U_{ij}$ จะเท่ากับ 1 เมื่อค่า j ซึ่งเป็นลำดับที่ของข้อนั้นที่เรียงตามความยากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับคะแนนรวมของคนที่ i และ $U_{ij}$ จะเท่ากับ 0 เมื่อค่า j ซึ่งเป็นลำดับที่ของข้อนั้นที่เรียงตามความยากมีค่ามากกว่าคะแนนรวมของคนที่ i)

$C_{(si)}$ คือ ดัชนีชี้เตือนผู้สอบของซาโต้ ของผู้สอบคนที่ i

ส่วนดัชนีบ่งชี้ข้อสอบของซาโต้ของข้อสอบข้อที่ j ก็มีสูตรในลักษณะเดียวกันซึ่งสูตรของซาโต้นี้มีแนวคิดมาจากอัตราส่วนของดัชนีอำนาจจำแนกแบบดั้งเดิม (Traditional - Discrimination Index) คือ $r_j$ เป็นความสัมพันธ์ของข้อกระทงข้อที่ j กับคะแนนรวมของทุก ๆ คน (Item-total Correlation) ต่อดัชนีอำนาจจำแนกมาตราฐาน (Standardized Discriminating Index ) คือ $r^{*}_j$ สำหรับข้อ j นั่นคือ

$$\frac{cov_j(X_{ij}, X_{i.})}{cov_j(U_{ij}, X_{i.})} = \frac{\dfrac{cov_j(X_{ij}, X_{i.})}{\sigma(X_{ij})\,\sigma(X_{i.})}}{\dfrac{cov_j(U_{ij}, X_{i.})}{\sigma(U_{ij})\,\sigma(X_{i.})}} = \frac{r_j}{r^{*}_j}$$

ค่า $\sigma(X_{ij}) = \sigma(U_{ij})$ เพราะจำนวนเลข 1 ในสดมภ์ j นั้นไม่แปรเปลี่ยน (Invariant) จึงทำให้จำนวนเลข 1 ในสดมภ์ j ของเวคเตอร์ $X_{ij}$ และ $U_{ij}$ เท่ากัน เพราะฉะนั้นส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของทั้งสองตัวจึงเท่ากัน

ถ้าวิเคราะห์ดูจากภาพที่ 12 และสูตรการหาค่าดัชนีของซาโต้แล้วจะเห็นว่าดัชนีของซาโต้จะขึ้นอยู่กับกลุ่ม เพราะว่าถ้าในแต่ละข้อมีจำนวนผู้ตอบถูกเปลี่ยนไปค่าดัชนีของซาโต้ก็จะเปลี่ยนไปด้วย เช่น คนที่ 2 มีค่าดัชนีของซาโต้เท่ากับ .65 แสดงว่ามีความบกพร่องในการตอบข้อสอบ แต่ถ้าจำนวนผู้ตอบถูกของข้อที่ 5 เปลี่ยนจาก 3 เป็น 5 ค่าดัชนีของซาโต้ของคนที่ 2 จะเปลี่ยนเป็น .33 ซึ่งเป็นผู้สอบที่ไม่บกพร่องในการตอบข้อสอบทั้ง ๆที่แบบแผนการตอบของคนที่ 2 ยังคงเดิมอยู่ ก็แสดงให้เห็นว่าคนที่ 2 จะบกพร่องในการตอบข้อสอบหรือไม่ขึ้นอยู่กับคนอื่น ๆ ในกลุ่ม ซึ่งตามสภาพที่เป็นจริงแล้ว ความบกพร่องในการตอบของคนที่ 2 จะมากหรือน้อยเพียงใดนั้นไม่ควรจะขึ้นอยู่กับคนอื่น ๆ ในกลุ่ม จากข้อบกพร่องเหล่านี้ผู้วิจัยจึงพัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบในแบบแผนการตอบข้อกระทง โดยเสนอแนวคิดในการจัดเรียงข้อกระทงตามความยากของข้อกระทง (b) และเรียงผู้สอบตามความสามารถที่แท้จริงของแต่ละบุคคล (θ) ที่ไม่เกี่ยวข้องกับคะแนนรวมของกลุ่มแต่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของข้อกระทงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อกระทง และผู้วิจัยได้พัฒนาสูตรมาจากข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่า ผู้สอบที่ตอบคำถามที่ยากได้ก็ควรจะตอบคำถามข้อที่ง่ายทั้งหมดได้ และผู้สอบควรจะตอบคำถามข้อที่มีโอกาสมากในการตอบข้อสอบข้อนั้นถูกได้ และตอบคำถามข้อที่มีโอกาสน้อยในการตอบข้อสอบข้อนั้นถูกไม่ได้ และผู้สอบที่มีคะแนนรวมของผลการสอบเท่ากันควรตอบข้อคำถามได้เหมือนกัน เกณฑ์ในการแบ่งเขตระหว่างคะแนน 1 กับคะแนน 0 ใช้คะแนนรวมของแต่ละบุคคลเป็นเกณฑ์ในการแบ่งเขตคะแนน 1 กับคะแนน 0 ซึ่งในอุดมคติเมื่อข้อสอบเป็นไปตามเมตริกซ์ของกัตแมนข้อกระทงที่ถูกจัดเรียงจากข้อง่ายไปหาข้อยาก ข้อกระทงข้อที่ลำดับความยากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับคะแนนรวมของแต่ละบุคคลควรจะเป็น 1 และข้อกระทงข้อที่ลำดับความยากมีค่ามากกว่าคะแนนรวมของแต่ละบุคคลควรจะเป็น 0 ซึ่งเป็นเกณฑ์เดียวกับแนวคิดในการพัฒนาดัชนีของซาโต้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดที่ผู้วิจัยเสนอไว้ข้างต้นมาประยุกต์ร่วมกับสูตรการหาดัชนีของซาโต้ ผู้วิจัยได้เสนอสูตรการหาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบ จากค่าผลต่างของ 1 กับอัตราส่วนของความแปรปรวนร่วมของเวคเตอร์ของคะแนนที่ได้จากการตอบข้อสอบ (Observed score) แต่ละข้อกับโอกาสในการตอบข้อสอบข้อนั้นถูกเป็นตัวเศษ และความแปรปรวนร่วมของคะแนนของผู้สอบเมื่อข้อสอบเป็นไปตามเมตริกซ์ของกัตแมนที่สมบูรณ์กับโอกาสในการตอบข้อสอบข้อนั้นถูกเป็นตัวส่วน เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

สูตรการหาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

$$DFC1 = 1 - \frac{COV(X_{ij}, P_{ij})}{COV(U_{ij}, P_{ij})}$$

เมื่อ $X_{ij}$ คือ คะแนน (0,1) ของผู้สอบข้อที่ j คนที่ i

$U_{ij}$ คือ คะแนนในอุดมคติ เมื่อข้อสอบเป็นไปตามเมตริกซ์ของกัตแมน ($U_{ij}$ จะเท่ากับ 1 เมื่อค่า j ซึ่งเป็นลำดับที่ของข้อนั้นที่เรียงตามความยากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับคะแนนรวมของคนที่ i และ $U_{ij}$ จะเท่ากับ 0 เมื่อค่า j ซึ่งเป็นลำดับที่ของข้อนั้นที่เรียงตามความยากมีค่ามากกว่าคะแนนรวมของคนที่ i)

DFC1 คือ ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบคนที่ i

$P_{ij}$ คือ โอกาสการตอบข้อที่ j ถูกของคนที่ i ซึ่งคำนวณจากสูตร

$$P_{ij} = \frac{EXP\ (\Theta_i - b_j)}{1 + EXP\ (\Theta_i - b_j)}$$

$b_j$ คือ ค่าความยากของข้อที่ j

$\Theta_i$ คือ ความสามารถที่แท้จริงของคนที่ i

จากการศึกษานำของผู้วิจัยพบว่า สูตรที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับกลุ่มของผู้ตอบข้อสอบ เพราะว่าค่าของดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบ จะขึ้นอยู่กับโอกาสการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้องของผู้สอบแต่ละคน ซึ่งโอกาสการตอบข้อสอบถูกของแต่ละคนจะขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคลกับความยากของข้อสอบข้อนั้น ตามสูตรที่คำนวณหา $P_{ij}$ ที่เสนอไว้ข้างบนนี้ เพราะฉะนั้นไม่ว่าจำนวนผู้ตอบถูกของข้อสอบแต่ละข้อจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ค่าดัชนีชี้ความบกพร่องของแต่ละบุคคลจะไม่ขึ้นแก่กัน

รายละเอียดของสูตร DFC1 เพื่อให้เห็นที่มาของสูตรที่สะดวกในการนำไปใช้คำนวณ

$$COV\ (X_{ij}, P_{ij}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} (X_{ij} - \frac{X_{i.}}{n})\ (P_{ij} - \mu')$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} (X_{ij}P_{ij} - X_{ij}\mu' - \frac{X_{i.}}{n}P_{ij} + \frac{X_{i.}}{n}\mu')$$

$$= \frac{1}{n} (\sum_{j=1}^{n} X_{ij}P_{ij} - X_{i.}\mu' - X_{i.}\mu' + X_{i.}\mu')$$

$$= \frac{1}{n} (\sum_{j=1}^{n} X_{ij}P_{ij} - X_{i.}\mu')$$

$$COV\ (U_{ij}, P_{ij}) = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{j=1}^{X_{i.}} (1 - \frac{X_{i.}}{n})(P_{ij} - \mu') + \sum_{j=X_{i.}+1}^{n} (0 - \frac{X_{i.}}{n})(P_{ij} - \mu') \right\}$$

$$= \frac{1}{n} (\sum_{j=1}^{X_{i.}} P_{ij} - X_{i.}\mu' - X_{i.}\mu' + X_{i.}\mu')$$

$$= \frac{1}{n} (\sum_{j=1}^{X_{i.}} P_{ij} - X_{i.}\mu')$$

เมื่อ $\mu'$ คือ ค่าเฉลี่ยของโอกาสการตอบข้อสอบถูกทั้งฉบับของคนที่ i

$$\mu' = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} P_{ij}$$

ดังนั้น

$$DFC1 = \frac{1 - \frac{1}{n}\left(\sum_{j=1}^{n} X_{ij}P_{ij} - X_{i.}\mu'\right)}{\frac{1}{n}\left(\sum_{j=1}^{X_{i.}} P_{ij} - X_{i.}\mu'\right)}$$

$$= \frac{\sum_{j=1}^{X_{i.}} (1 - X_{ij})P_{ij} - \sum_{j=X_{i.}+1}^{n} X_{ij}P_{ij}}{\sum_{j=1}^{X_{i.}} P_{ij} - X_{i.}\mu'}$$

เพื่อให้สะดวกในการนำไปใช้คำนวณมากขึ้น และสะดวกในการไปใช้คำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงเสนอสูตร DFC1 ดังนี้

$$DFC1 = \frac{\sum_{j=1}^{n_{i.}} (1 - X_{ij})P_{ij} - \sum_{j=n_{i.}+1}^{n} X_{ij}P_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_{i.}} P_{ij} - n_{i.}\left[\frac{\sum_{j=1}^{n} P_{ij}}{n}\right]}$$

เมื่อ $i$ คือ ผู้สอบคนที่ 1, 2, 3, ..........N

$j$ คือ ข้อสอบข้อที่ 1, 2, 3 ..........n

$X_{ij}$ คือ $\begin{cases} 1 & \text{คะแนนถ้าผู้สอบคนที่ } i \text{ ตอบคำถามข้อที่ } j \text{ ได้ถูกต้อง} \\ 0 & \text{คะแนนถ้าผู้สอบคนที่ } i \text{ ตอบคำถามข้อที่ } j \text{ ผิด} \end{cases}$

$n_{i.}$ คือ คะแนนรวมของผู้สอบคนที่ $i$

$P_{ij}$ คือ โอกาสการตอบข้อที่ $j$ ถูกของคนที่ $i$

DFC1 คือ ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบคนที่ $i$ สูตรที่ 1

นอกจากสูตรที่ผู้วิจัยเสนอไว้ข้างต้นซึ่งคิดว่าน่าจะเป็นดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบได้ดี ผู้วิจัยได้เสนอสูตรอื่น ๆ อีกจากแนวคิดข้างต้น เพื่อเป็นทางเลือกในการพิจารณาเลือกสูตรที่มีคุณภาพมากที่สุดมาใช้ ได้แก่สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3

สูตรที่ 2

$$DFC2 = 1 - \frac{COV(X_{ij}, G_j)}{COV(U_{ij}, G_j)}$$

สูตรที่ 3

$$DFC3 = 1 - \frac{COV(X_{ij}, G_j)\, \delta P_{ij}}{COV(P_{ij}, G_j)\, \delta X_{ij}}$$

เมื่อ $X_{ij}$ คือ คะแนน (0,1) ของผู้สอบข้อที่ j คนที่ i

$U_{ij}$ คือ คะแนนในอุดมคติเมื่อข้อสอบเป็นไปตามเมตริกซ์ของกัตแมน ($U_{ij}$ จะเท่ากับ 1 เมื่อค่า j ซึ่งเป็นลำดับที่ของข้อนั้นที่เรียงตามความยากมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับคะแนนรวมของคนที่ i และ $U_{ij}$ จะเท่ากับ 0 เมื่อค่า j ซึ่งเป็นลำดับที่ของข้อนั้นที่เรียงตามความยากมีค่ามากกว่าคะแนนรวมของคนที่ i)

$G_j$ คือ ค่าเฉลี่ยของโอกาสการตอบข้อที่ j ถูก

$$( G_j = 1/N \sum_{i=1}^{N} P_{ij} \,,\; i = 1,2,3 \,......N$$

N = จำนวนผู้สอบข้อสอบ)

$P_{ij}$ คือ โอกาสการตอบข้อที่ j ถูกของคนที่ i ซึ่งคำนวณจากสูตร

$$P_{ij} = \frac{EXP(\Theta_i - b_j)}{1 + EXP(\Theta_i - b_j)}$$

$b_j$ คือ ค่าความยากของข้อที่ j

$\Theta_i$ คือ ความสามารถที่แท้จริงของคนที่ i

$DFC_i$ คือ ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบคนที่ i

รายละเอียดของสูตร DFC2 เพื่อความสะดวกในการคำนวณ มีวิธีหาเช่นเดียวกับสูตร DFC1

$$DFC2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_{i.}} (1 - X_{ij})G_j - \sum_{j=n_{i.}+1}^{n} X_{ij}G_j}{\sum_{j=1}^{n_{i.}} G_j - n_{i.} \left[ \frac{\sum_{j=1}^{n} G_j}{n} \right]}$$

เมื่อ i คือ ผู้สอบคนที่ 1,2,3 .......N

j คือ ข้อสอบข้อที่ 1,2,3 .....n

$X_{ij}$ คือ $\begin{cases} 1 & \text{คะแนนถ้าผู้สอบคนที่ i ตอบคำถามข้อที่ j ได้ถูกต้อง} \\ 0 & \text{คะแนนถ้าผู้สอบคนที่ i ตอบคำถามข้อที่ j ผิด} \end{cases}$

$n_{i.}$ คือ คะแนนรวมของคนที่ i

$G_j$ คือ ค่าเฉลี่ยของโอกาสที่ผู้สอบตอบข้อที่ j ถูก

DFC2 คือ ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบคนที่ i สูตรที่ 2

รายละเอียดของสูตร DFC3 เพื่อความสะดวกในการคำนวณ

$$DFC3 = 1 - \frac{COV\ (X_{ij}, G_j)\ \ \sigma_{P_{ij}}}{COV\ (P_{ij}, G_j)\ \ \sigma_{X_{ij}}}$$

เนื่องจาก

$$\frac{r_{x_{ij}G_j}}{r_{P_{ij}G_j}} = \frac{\dfrac{\mathrm{COV}\,(X_{ij},G_j)}{\sigma_{(x_{ij})}\,\sigma_{(G_j)}}}{\dfrac{\mathrm{COV}\,(P_{ij},G_j)}{\sigma_{(P_{ij})}\,\sigma_{(G_j)}}}$$

$$= \frac{\mathrm{COV}(X_{ij}, G_j).\sigma_{(P_{ij})}}{\mathrm{COV}(P_{ij}, G_j).\sigma_{(x_{ij})}}$$

$$\mathrm{DFC3} = 1 - \frac{\mathrm{COV}(X_{ij},G_j).\sigma_{(P_{ij})}}{\mathrm{COV}(P_{ij},G_j).\sigma_{(x_{ij})}}$$

$$= 1 - \frac{n\sum_{j=1}^{n} X_{ij}G_j - \sum_{j=1}^{n} X_{ij}\sum_{j=1}^{n} G_j}{n\sum_{j=1}^{n} P_{ij}G_j - \sum_{j=1}^{n} P_{ij}\sum_{j=1}^{n} G_j} \cdot \sqrt{\frac{n\sum_{j=1}^{n} P_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^{n} P_{ij})^2}{n\sum_{j=1}^{n} X_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^{n} X_{ij})^2}}$$

เมื่อ $i$ คือ ผู้สอบคนที่ 1,2,3 ........N

$j$ คือ ข้อสอบข้อที่ 1,2,3,. .....n

$X_{ij}$ คือ $\begin{cases} 1 \text{ คะแนนถ้าผู้สอบคนที่ } i \text{ ตอบคำถามข้อที่ } j \text{ ได้ถูกต้อง} \\ 0 \text{ คะแนนถ้าผู้สอบคนที่ } i \text{ ตอบคำถามข้อที่ } j \text{ ผิด} \end{cases}$

$n$ คือ จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ

$P_{ij}$ คือ โอกาสการตอบข้อที่ j ถูกของคนที่ i

$G_j$ คือ ค่าเฉลี่ยของโอกาสที่ผู้สอบตอบข้อที่ j ถูก

DFC3 คือ ดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบคนที่ i สูตรที่ 3

สำหรับค่าของดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้นเมื่อพิจารณาในเชิงทฤษฎีแล้วค่าของดัชนีชี้ความบกพร่องทั้ง 3 สูตร (DFC1,DFC2,DFC3) จะมีค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด โดยพิจารณาได้จากที่มาของสูตรที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้น มาจากผลต่างของ 1 กับอัตราส่วนของความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากการตอบข้อสอบแต่ละข้อกับโอกาสในการตอบข้อสอบข้อนั้นถูก เป็นตัวเศษ และความสัมพันธ์ของคะแนนของผู้สอบเมื่อข้อสอบเป็นไปตามเมตริกซ์ของกัตแมนที่สมบูรณ์กับโอกาสในการตอบข้อสอบข้อนั้นถูก เป็นตัวส่วน นั่นคือ

$$DFC1 = 1 - \frac{COV(X_{ij},P_{ij})}{COV(U_{ij},P_{ij})}$$

$$= 1 - \frac{\dfrac{COV(X_{ij},P_{ij})}{\sigma(X_{ij})\sigma(P_{ij})}}{\dfrac{COV(U_{ij},P_{ij})}{\sigma(U_{ij})\sigma(P_{ij})}}$$

แต่ค่า $\sigma^2_{(Xij)} = \sigma^2_{(Uij)}$ เพราะจำนวนเลข 1 ในสดมภ์ j นั้นไม่แปรเปลี่ยนจึงทำให้จำนวนเลข 1 ในสดมภ์ j ของเวคเตอร์ $X_{ij}$ และ $U_{ij}$ เท่ากัน เพราะฉะนั้นความแปรปรวนของทั้งสองตัวจึงเท่ากัน

ดังนั้น $$DFC1 = 1 - \frac{r_{X_{ij}P_{ij}}}{r_{U_{ij}P_{ij}}}$$

เพราะฉะนั้น DFC1 จะมีค่าสูงสุดเมื่อ $r_{X_{ij}P_{ij}}$ มีค่าเท่ากับ +1 และ $r_{U_{ij}P_{ij}}$ มีค่าเข้าใกล้ 0 ในทางลบ หรือเมื่อ $r_{X_{ij}P_{ij}}$ มีค่าเท่ากับ -1 และ $r_{U_{ij}P_{ij}}$ มีค่าเข้าใกล้ 0 ในทางบวก จะทำให้ DFC1 มีค่าสูงสุดเข้าใกล้ $+\infty$ ในทำนองเดียวกัน DFC1 จะมีค่าต่ำสุดเมื่อ $r_{X_{ij}P_{ij}}$ มีค่าเท่ากับ +1 และ $r_{U_{ij}P_{ij}}$ มีค่าเข้าใกล้ 0 ในทางบวก หรือเมื่อ $r_{X_{ij}P_{ij}}$ มีค่าเท่ากับ -1 และ $r_{U_{ij}P_{ij}}$ มีค่าเข้าใกล้ 0 ในทางลบ จะทำให้ DFC1 มีค่า

ต่ำสุดเข้าใกล้ $-\infty$

แต่เมื่อแบบแผนการตอบเป็นไปตามแบบแผนการตอบแบบสมบูรณ์ตามแนวคิดของกัตแมน ซึ่งเป็นแบบแผนการตอบที่ไม่มีความบกพร่องในการตอบ ค่าของดัชนี DFC1 จะเท่ากับ 0 เพราะว่าแบบแผนการตอบในเชิงปฏิบัติกับแบบแผนการตอบในเชิงทฤษฎีจะเหมือนกันจึงทำให้ $r_{x_{ij}p_{ij}} = r_{u_{ij}p_{ij}}$

การหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของดัชนี DFC2 และ DFC3 ก็สามารถหาได้ในทำนองเดียวกับดัชนี DFC1 ดัชนี DFC2 และดัชนี DFC3 มีค่าสูงสุดที่ $+\infty$ และมีค่าต่ำสุดที่ $-\infty$ ค่าของดัชนี DFC2 เมื่อแบบแผนการตอบเป็นไปตามแบบแผนการตอบแบบสมบูรณ์ตามแนวคิดของกัตแมน จะมีค่าเท่ากับ 0 แต่ค่าของดัชนี DFC3 เมื่อแบบแผนการตอบเป็นไปตามแบบแผนการตอบแบบสมบูรณ์ตามแนวคิดของกัตแมนซึ่งเป็นแบบแผนการตอบที่ไม่มีความบกพร่องในการตอบจะมีค่าไม่แน่นอน ดังนั้นในเชิงทฤษฎีแล้วสูตรดัชนี DFC3 จึงไม่มีความตรงในการวินิจฉัยความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบ เพราะค่าของดัชนีไม่มีความคงที่เมื่อผู้ตอบแบบทดสอบไม่มีความบกพร่อง ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าดัชนี DFC3 เมื่อผู้สอบไม่มีความบกพร่อง แสดงไว้ในภาคผนวก ก

เพื่อให้เห็นค่าของดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นที่คำนวณจากแบบแผนการตอบต่าง ๆ กัน ขอให้พิจารณาจากผลการสอบต่อไปนี้ โดยสมมุติว่ามีนักเรียน 18 คน สอบข้อสอบจำนวน 5 ข้อกระทง นำผลที่ได้จากการสอบมาจัดเป็นเมตริกซ์ดังแสดงไว้ในหน้าถัดไป

| ผู้สอบ (i) | ความสามารถ (θ) | ข้อกระทง (j) 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | $C_i$ | DFC1 | DFC2 | DFC3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ค่าความยาก(b) | | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | | | | |
| 1 | 1.8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | .00 | .00 | .00 | .26 |
| 2 | 1.6 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | .65 | .75 | .43 | .61 |
| 3 | 1.4 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | .00 | .00 | .00 | .09 |
| 4 | 1.2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | .16 | .38 | .34 | .42 |
| 5 | 1.0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | .65 | .79 | .63 | .69 |
| 6 | .8 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1.13 | 1.05 | .98 | 1.01 |
| 7 | .6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | .00 | .00 | .00 | .12 |
| 8 | .4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | .00 | .00 | .00 | .12 |
| 9 | .2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | .44 | .35 | .35 | .43 |
| 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | .59 | .75 | .70 | .75 |
| 11 | -.2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | .74 | .64 | .61 | .67 |
| 12 | -.4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | .88 | 1.01 | .96 | .98 |
| 13 | -.6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | .00 | .00 | .00 | .32 |
| 14 | -.8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | .00 | .00 | .00 | .31 |
| 15 | -1.0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | .45 | .57 | .41 | .60 |
| 16 | -1.2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1.14 | 1.15 | .97 | .99 |
| 17 | -1.4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1.36 | 1.47 | 1.52 | 1.38 |
| 18 | -1.6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1.36 | 1.47 | 1.52 | 1.39 |
| จำนวนผู้ตอบถูก($Y_{.j}$) ในแต่ละข้อ | | 12 | 10 | 7 | 6 | 3 | | | | |
| ค่าเฉลี่ยของโอกาสการตอบข้อ j ถูก($G_j$) | | .84 | .70 | .51 | .32 | .16 | | | | |

**ตอนที่ 2** การศึกษาคุณภาพของดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบในแบบแผนการตอบข้อกระทง โดยการเปรียบเทียบคุณภาพกับดัชนีของซาโต้

**ลักษณะข้อมูลที่อยู่ในสถานการณ์จำลอง**

ลักษณะข้อมูลที่อยู่ในสถานการณ์จำลองที่ใช้ในการศึกษาเป็นลักษณะข้อมูลที่ได้จากการสร้างลักษณะการแจกแจงความสามารถโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ และ Scientific Subroutine ประชากรแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. ประชากรที่มีความสามารถต่ำ ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ลักษณะการแจกแจงของตัวเลขสุ่มเป็นแบบเบ้บวกแทน กำหนดให้มีค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง คือ มัชฌิมเลขคณิต มีค่าเท่ากับ -2 ความแปรปรวน $\sigma^2$ มีค่าเท่ากับ 1 ความเบ้มีค่าเท่ากับ 1 และความโด่งมีค่าเท่ากับ 3

2. ประชากรที่มีความสามารถปานกลาง ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ลักษณะการแจกแจงของตัวเลขสุ่มเป็นแบบปกติแทน กำหนดให้มีค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเมื่อมัชฌิมเลขคณิต $\mu$ มีค่าเท่ากับ 0 ความแปรปรวน $\sigma^2$ มีค่าเท่ากับ 1 ความเบ้มีค่าเท่ากับ 0 และมีความโด่งเท่ากับ 3

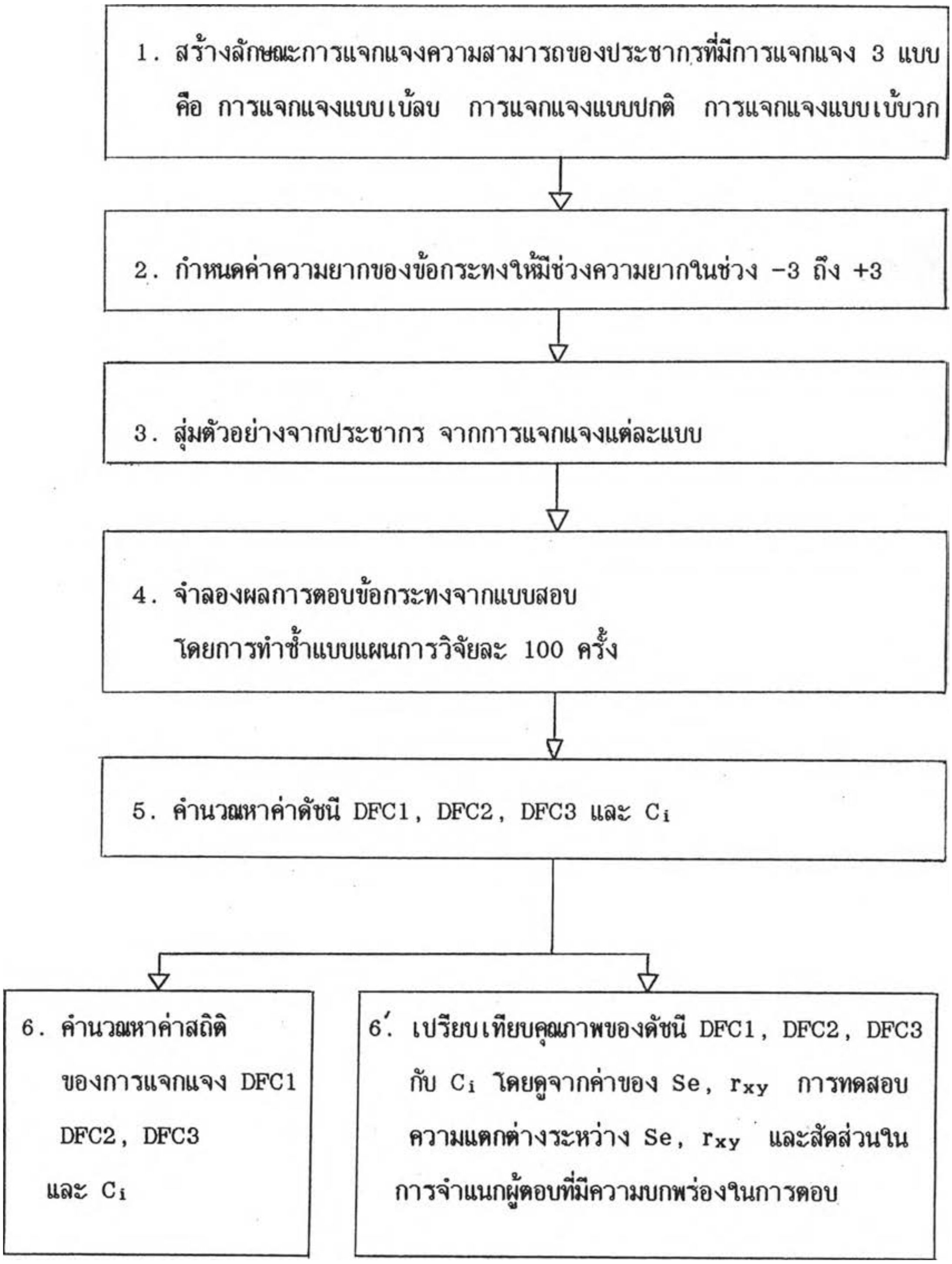
3. ประชากรที่มีความสามารถสูงในการวิจัยครั้งนี้ใช้ลักษณะการแจกแจงของตัวเลขสุ่มเป็นแบบเบ้ลบแทน กำหนดให้มีค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง คือ มัชฌิมเลขคณิต $\mu$ มีค่าเท่ากับ 2 ความแปรปรวน $\sigma^2$ มีค่าเท่ากับ 1 ความเบ้มีค่าเท่ากับ -1 และมีความโด่งเท่ากับ 3

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการสุ่มประชากรที่สร้างลักษณะการแจกแจงตามที่กำหนดขึ้น โดยสุ่มมากลุ่มละ 3 ขนาด คือ จำนวน 35 คน 50 คน และ 200 คน กับการแจกแจงความสามารถของประชากร 3 ลักษณะคือ ประชากรมีความสามารถปานกลาง ประชากรมีความสามารถต่ำ และประชากรที่มีความสามารถสูง และศึกษากับข้อกระทงที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง -3 ถึง +3 ซึ่งมีจำนวนของข้อกระทงของแบบสอบแต่ละฉบับเท่ากับ 30 ข้อ 60 ข้อ 90 ข้อ และ 120 ข้อ จำนวนผู้สอบ จำนวนข้อกระทง และค่าความยากของข้อกระทงอิงสภาพปกติของการสอบในระบบโรงเรียนในปัจจุบัน

**วิธีดำเนินการทดลอง**

การสร้างและจำลองการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการดำเนินการทดลอง โดยดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอนสรุปได้ตามแผนผัง ดังต่อไปนี้

ภาพประกอบที่ 13 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการทดลอง



จากแผนผังการดำเนินการทดลองดังกล่าว ผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนการดำเนินการทดลองโดยละเอียด ซึ่งจะอธิบายในลักษณะการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ตามขั้นตอนดังนี้

1. การสร้างลักษณะการแจกแจงความสามารถของประชากรที่มีการแจกแจง 3 แบบ

เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาฟอร์แทรน 77 เพื่อสร้างการแจกแจงของประชากรใน 3 ลักษณะ ตามแผนการทดลองในขั้นแรกต้องใช้โปรแกรมสัปรูทีนที่มีชื่อว่า RANDOM ซึ่งมีลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ในการสร้างข้อมูลตามวิธีการของมอนติคาร์โลซิมูเลชั่น จากนั้นจึงแปลงข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติด้วยโปรแกรมย่อยสัปรูทีนที่มีชื่อว่า GAUSS1 การแจกแจงแบบเบ้ลบและการแจกแจงแบบเบ้บวก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 โปรแกรมย่อยสัปรูทีน RANDOM (Shannon 1975: 353-354) เป็น Scientific subroutine ที่ใช้สร้างตัวเลขสุ่ม (random number) ด้วยวิธี congruential generation method ซึ่งจะให้ตัวเลขสุ่มต่อเนื่องไม่ซ้ำกันได้ถึง $2^{29}$ หรือ 536,870,912 จำนวนก่อนที่จะเกิดการซ้ำของชุดตัวเลขสุ่ม และได้เลือกค่า 65539 เป็นค่าเริ่มต้น ทั้งนี้ Maclaren และ Marsaglia (JACM 12:83 - 89) ได้ให้คำแนะนำว่าค่าเริ่มต้น 65539 เป็นค่าที่จะให้ชุดของตัวเลขสุ่มยาวมากและมีลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 โปรแกรมนี้จะทำงานด้วยคำสั่ง CALL RANDOM (IX, IY, RN) โดยที่ IX คือ ค่าเริ่มต้นซึ่งจะต้องกำหนดขึ้นก่อนใช้คำสั่งนี้ และจากการใช้คำสั่งนี้ 1 ครั้ง จะได้เลขสุ่ม 1 จำนวนคือ RN ตัวอย่างของโปรแกรมย่อยสัปรูทีน RANDOM อยู่ในภาคผนวก ค

1.2 สร้างลักษณะของประชากรที่มีการแจกแจงความสามารถแบบปกติโดยใช้โปรแกรมสัปรูทีน GAUSS1 ใช้คำสั่ง CALL RANDOM (IX, IY, RN) เรียกตัวเลขสุ่มจากโปรแกรมสัปรูทีน RANDOM มาสร้างลักษณะการแจกแจงแบบปกติในโปรแกรมสัปรูทีน GAUSS1 โปรแกรมสัปรูทีน GAUSS1 จะทำงานด้วยคำสั่ง CALL GAUSS1 (IA, EX, STD, AY) เมื่อ IA คือ ค่าเริ่มต้น EX คือ ค่ามัชฌิมเลขคณิตของการแจกแจงแบบปกติ STD คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ AY คือ ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ เมื่อใช้คำสั่ง CALL GAUSS1 (IA, EX, STD, AY) 1 ครั้ง จะได้ตัวเลขสุ่มจากโปรแกรมสัปรูทีน GAUSS1 1 ตัว ตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของตัวเลขสุ่ม โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ความแปรปรวน ($S^2$) ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) โดยใช้โปรแกรมสัปรูทีน VAR, SKEW และ KURTO เพื่อให้ได้ค่าสถิติต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 8 โปรแกรมสัปรูทีน GAUSS1 แสดงไว้ในภาคผนวก ค

1.3 สร้างลักษณะของประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบ้ลบ วิธีสร้างจะใช้วิธีสร้างให้ประชากรมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติก่อน แล้วจึงทำให้มีการแจกแจงแบบเบ้ลบ มีวิธีการดังนี้คือ

ใช้คำสั่ง CALL RANDOM (IX, IY, RN) เรียกตัวเลขสุ่มจากสับรูทีน RANDOM มาสร้างลักษณะการแจกแจงแบบปกติในโปรแกรมสับรูทีน GAUSS1 จากนั้นใช้คำสั่ง CALL GAUSS1 (IA, EX, STD, AY) เรียกตัวเลขสุ่มจากโปรแกรมสับรูทีน GAUSS1 ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติไปสร้างลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ลบ ในโปรแกรมหลักตามวิธีของ Allen I. Fleishman(1978) โดยนำตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาแทนค่าในสมการ

$$Y = 2.345+1.1605091X-0.2710708X^2-0.092819X^3$$

X คือ ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติจากโปรแกรมสับรูทีน GAUSS1

Y คือ ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเบ้ลบ

ตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของ Y โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{y}$) ความแปรปรวน ($S^2$) ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) โดยใช้โปรแกรมสับรูทีน VAR, SKEW และ KURTO เพื่อให้ได้ค่าสถิติต่าง ๆ ตามที่กำหนดในการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 8 โปรแกรมนี้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

1.4 สร้างลักษณะการแจกแจงของประชากรที่มีการแจกแจงแบบเบ้บวก วิธีสร้างใช้วิธีสร้างลักษณะการแจกแจงแบบปกติในโปรแกรมสับรูทีน GAUSS1 ก่อน แล้วจึงมาสร้างลักษณะการแจกแจงแบบเบ้บวกมีวิธีการดังนี้คือ

ใช้คำสั่ง CALL RANDOM (IX, IY, RN) เรียกตัวเลขสุ่มจากโปรแกรมสับรูทีน RANDOM มาสร้างลักษณะการแจกแจงแบบปกติในโปรแกรมสับรูทีน GAUSS1 จากนั้นใช้คำสั่ง CALL GAUSS1 (IA, EX, STD, AY) เรียกตัวเลขสุ่มจากโปรแกรมสับรูทีน GAUSS1 ไปสร้างลักษณะการแจกแจงแบบเบ้บวกในโปรแกรมหลักตามวิธีของ Allen I. Fleishman (1978) โดยนำตัวเลขสุ่มมาแทนค่าในสมการ

$$Y = -2.3268 + 1.16050961X + 0.2909708X^2 - 0.0886191X^3$$

X คือ ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติจากโปรแกรมสับรูทีน GAUSS1

Y คือ ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเบ้บวก

ตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของ y โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{y}$) ความแปรปรวน ($S^2$) ความเบ้ (Skewness) และความโด่ง (Kurtosis) โดยใช้โปรแกรมสับรูทีน VAR, SKEW และ KURTO เพื่อให้ได้ค่าสถิติต่าง ๆ ตามที่กำหนดในการทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 8 โปรแกรมนี้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงของประชากรตามทฤษฎีและจากการปฏิบัติ เมื่อกลุ่มตัวอย่าง 10,000 ตัว

| การแจกแจง | ค่าเฉลี่ย | | ความแปรปรวน | | ความเบ้ | | ความโด่ง | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ทฤษฎี | ปฏิบัติ | ทฤษฎี | ปฏิบัติ | ทฤษฎี | ปฏิบัติ | ทฤษฎี | ปฏิบัติ |
| แบบปกติ | 0 | 0.002 | 1 | 1.001 | 0 | -0.005 | 3 | 2.987 |
| แบบเบ้บวก | -2 | -2.007 | 1 | 1.014 | 1 | 0.981 | 3 | 3.230 |
| แบบเบ้ลบ | 2 | 1.997 | 1 | 0.994 | -1 | -0.883 | 3 | 3.006 |

2. กำหนดค่าความยากของข้อกระทงของแบบสอบทั้ง 4 ฉบับ จำนวนข้อสอบแต่ละฉบับเท่ากับ 30 ข้อ 60 ข้อ 90 ข้อ และ 120 ข้อ ตามลำดับ ให้มีค่าความยากตั้งแต่ -3 ถึง +3 โดยให้มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม ซึ่งแสดงค่าความยาก (b) ของแบบสอบที่กำหนดขึ้นในภาคผนวก ก ค่าความยากที่จำลองขึ้นนั้นคล้ายกับการสร้างแบบสอบจำนวน 30 ข้อ 60 ข้อ 90 ข้อ และ 120 ข้อ ตามลำดับ ที่มีความยากแตกต่างกัน จาก -3 ถึง +3

3. จำลองผลการตอบจากแบบสอบเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.1 หาโอกาสการตอบถูกของแต่ละคนในแต่ละข้อ ของแต่ละลักษณะการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 หาโอกาสของการตอบถูกของกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถปานกลาง โดยคำสั่ง CALL GAUSS1 (IA, EX, STD, AY) เรียกตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งถือเป็นความสามารถของผู้ตอบจำนวน 35 คน 50 คน และ 200 คน ตามลำดับ และค่า

ความยากของข้อกระทงที่กำหนดค่าความยากขึ้น 30 ข้อ 60 ข้อ 90 ข้อ และ 120 ข้อ โดยจัดหมู่ได้ 12 แบบวิจัย ซึ่งผู้วิจัยจะยกตัวอย่างในการจำลองผลการตอบเพียง 1 แบบวิจัย คือ แบบวิจัยที่มีผู้สอบ 35 คน กับข้อสอบจำนวน 30 ข้อ มาแทนค่าในฟังก์ชั่นของราสช์โมเดล ซึ่งมีฟังก์ชั่นคือ

$$P_{ij} = \frac{\mathrm{EXP}\ (\theta_i - b_j)}{1 + \mathrm{EXP}\ (\theta_i - b_j)}$$

เมื่อ i มีค่า 1, 2, 3,.......35 แต่ละค่าจะได้ $\theta_1, \theta_2, \theta_3 \ldots \theta_{35}$ และ j มีค่า 1, 2, 3,.....,30 แต่ละค่าจะได้ $b_1, b_2, b_3 \ldots b_{30}$ การแทนค่าจะแทนค่า $\theta$ 1 ค่า ต่อค่า b ทั้ง 30 ค่า แทนค่า $\theta$ จนครบ 35 ค่า เปรียบเสมือนผู้สอบ 35 คน ทำแบบสอบที่มีข้อทดสอบจำนวน 30 ข้อ จะได้โอกาสของการตอบถูก $P_{ij}$ ดังแสดงในตารางที่ 9

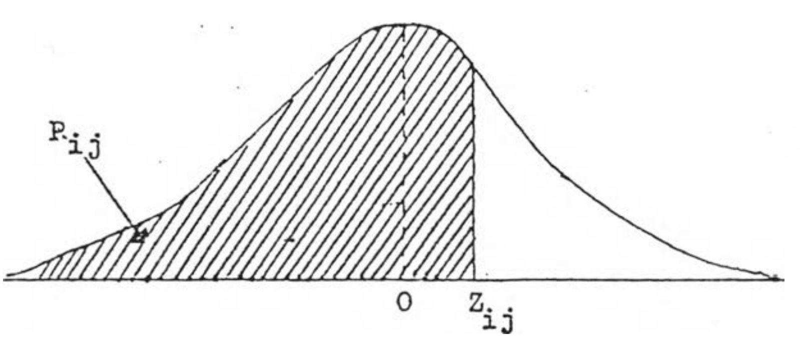
ตารางที่ 9 ค่าโอกาสของการตอบถูกของแต่ละคนในแต่ละข้อ

| | | ข้อที่ j | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | - | - | - | - | - | 30 |
| | 1 | $P_{11}$ | $P_{12}$ | $P_{13}$ | - | - | - | - | - | $P_{1,30}$ |
| | 2 | $P_{21}$ | $P_{22}$ | $P_{23}$ | - | - | - | - | - | $P_{2,30}$ |
| | 3 | $P_{31}$ | $P_{32}$ | $P_{33}$ | - | - | - | - | - | $P_{3,30}$ |
| คนที่ i | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 35 | $P_{35,1}$ | - | - | - | - | - | - | - | $P_{35,30}$ |

3.1.2 หาโอกาสของการตอบถูก เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถต่ำ นำตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเบ้บวก ซึ่งถือเป็นความสามารถของผู้สอบในกลุ่มอ่อน จำนวน 35 คน, 50 คน และ 200 คน ตามลำดับ และค่าความยากของข้อกระทงที่กำหนดค่าความยากขึ้น 30 ข้อ 60 ข้อ 90 ข้อ และ 120 ข้อ โดยจัดหมู่ได้ 12 แบบวิจัย นำค่าความสามารถของผู้สอบกับค่าความยากของข้อกระทงมาแทนค่าในฟังก์ชั่นของราสช์โมเดลเช่นเดียวกับเมื่อผู้สอบมีความสามารถปกติ จะได้โอกาสของการตอบถูก $P_{ij}$ มีลักษณะเช่นเดียวกับที่เสนอไว้ในตารางที่ 9

3.1.3 หาโอกาสของการตอบถูก เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถสูง นำตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเบ้ลบ ซึ่งถือเป็นความสามารถของผู้สอบในกลุ่มเก่งจำนวน 35 คน, 50 คน และ 200 คน ตามลำดับ และค่าความยากของข้อกระทงที่กำหนดค่าความยากขึ้น 30 ข้อ 60 ข้อ 90 ข้อ และ 120 ข้อ โดยจัดหมู่ได้ 12 แบบวิจัย นำค่าความสามารถของผู้สอบกับค่าความยากของข้อกระทง มาแทนค่าในฟังก์ชั่นของราสช์โมเดลเช่นเดียวกับเมื่อผู้สอบมีความสามารถปกติ และความสามารถต่ำ จะได้โอกาสของการตอบถูก $P_{ij}$ ทั้งหมดเหมือนในตารางที่ 9

3.2 หาจุดที่แสดงขอบเขตพื้นที่ของค่า $P_{ij}$ แต่ละค่าในการแจกแจงปกติมาตรฐาน โดยใช้คำสั่ง CALL NDTRI (P,X,D,IE) เรียกค่าซี (Z-Score) ซึ่งเป็นจุดที่แสดงเขตพื้นที่ของ $P_{ij}$ แต่ละตัว ตัวอย่าง ถ้าค่า $P_{12}$ มีค่าเท่ากับ .50 ก็จะได้ค่า $Z_{12}$ เท่ากับ 0 ซึ่งเป็นจุดที่แสดงเขตพื้นที่ของค่า $P_{12}$ ค่า $P_{ij}$ แต่ละค่าจะได้จุดที่แสดงขอบเขตคือ $Z_{ij}$ แต่ละค่าดังแสดงในตารางที่ 10

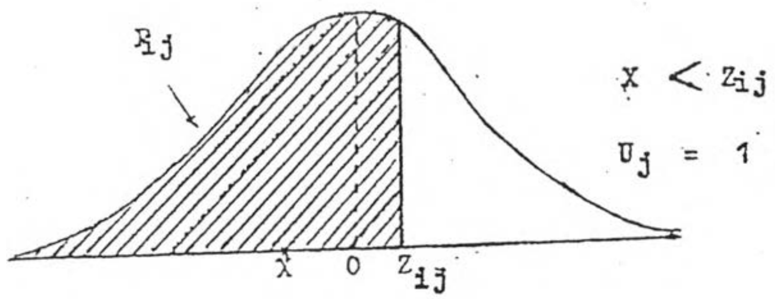


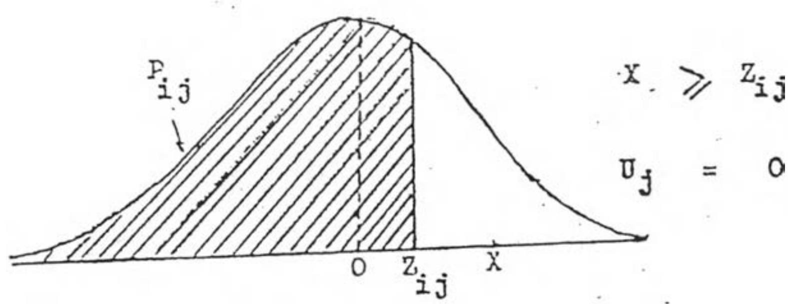

ภาพประกอบที่ 14 การแจกแจงปกติมาตรฐาน แสดงพื้นที่และจุดที่แสดงเขตพื้นที่ของ $P_{ij}$ $Z_{ij}$ คือจุดที่แสดงขอบเขตพื้นที่ของค่า $P_{ij}$ แต่ละค่า

ตารางที่ 10 ค่าคะแนนมาตรฐานซีที่เป็นเขตสูงสุดของ $P_{ij}$ แต่ละค่า

| | | ข้อที่ j | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | - | - | - | - | - | 30 |
| | 1 | $Z_{11}$ | $Z_{12}$ | $Z_{13}$ | - | - | - | - | - | $Z_{1,30}$ |
| | 2 | $Z_{21}$ | $Z_{22}$ | $Z_{23}$ | - | - | - | - | - | $Z_{2,30}$ |
| | 3 | $Z_{31}$ | $Z_{32}$ | $Z_{33}$ | - | - | - | - | - | $Z_{3,30}$ |
| คนที่ i | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 35 | $Z_{35,1}$ | - | - | - | - | - | - | - | $Z_{35,30}$ |

3.3 หาผลการตอบของแต่ละคนในแต่ละข้อโดยเรียกตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติมาทีละค่าเปรียบเทียบกับค่า $Z_{ij}$ ถ้าค่าน้อยกว่าค่า $Z_{ij}$ ถือว่าตอบถูก เพราะตกอยู่ในพื้นที่ใต้โค้งปกติของค่า $P_{ij}$ ให้ผลการตอบ $U_j = 1$ ถ้าค่าตัวเลขสุ่มมีค่ามากกว่า $Z_{ij}$ ถือว่าตอบผิด เพราะตกอยู่นอกพื้นที่ใต้โค้งปกติของค่า $P_{ij}$ ให้ผลตอบ $U_j = 0$ ตัวอย่าง ถ้าค่า $Z_{12}$ มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเรียกตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาปรากฏว่าได้เท่ากับ 2 ก็จะทำให้ผลการตอบ $U_2 = 0$ เพราะว่า 2 มากกว่า 1 จึงทำให้ค่าของตัวเลขสุ่มตกอยู่นอกพื้นที่ใต้โค้งปกติของค่า $P_{12}$ การหาผลการตอบของแต่ละคนในแต่ละข้อโดยวิธีการเปรียบเทียบตัวเลขสุ่ม 1 ค่า ต่อค่า $Z_{ij}$ 1 ตัว แล้วจึงเรียกตัวเลขสุ่มตัวต่อไปมาเปรียบเทียบกับค่า $Z_{ij}$ ตัวต่อไปโดยเริ่มจากค่า $Z_{11}$, $Z_{12}$, $Z_{13}$ จนครบทุกค่าจึงถือว่าเป็นการสอบ 1 ครั้ง ทำเช่นนี้จนครบ 100 ครั้ง ก็จะได้ผลการสอบของผู้สอบ 35 คน ทำข้อสอบจำนวน 30 ข้อกระทง ซ้ำ ๆ กัน 100 ครั้ง




ภาพประกอบที่ 15 การแจกแจงปกติมาตรฐานแสดงผลการตอบในการทำซ้ำแต่ละครั้ง

จากภาพประกอบที่ 15 แสดงผลการตอบในแต่ละครั้ง เมื่อ X เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ รูปแรกเมื่อ $(X < Z_{ij})$ ผลการตอบ $U_j = 1$ รูปที่สองเมื่อ $(X >= Z_{ij})$ ผลการตอบ $U_j = 0$ เมื่อเปรียบเทียบครบ 100 ครั้ง ในการตอบของแต่ละคนในแต่ละข้อ แล้วจะได้ผลการตอบของแต่ละข้อเป็น 1 จำนวน P X 100 ค่า และเป็น 0 จำนวน (1-P) X 100 ค่า มีลักษณะเป็นไปโดยสุ่ม เมื่อหาผลการตอบทุกค่าของ $P_{ij}$ ของทั้ง 3 ลักษณะการแจกแจงความสามารถแล้วซึ่งมีทั้งหมด 36 แบบวิจัย จะได้เมตริกซ์ผลการตอบแต่ละลักษณะการแจกแจงชุดนี้ซ้ำ 100 ครั้ง

4. นำผลการตอบซ้ำแต่ละกลุ่มผู้สอบไปคำนวณหาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทั้ง 3 สูตร และดัชนีของซาโต้ จากนั้นนำค่าดัชนีทั้ง 3 ไปหาคุณภาพโดยเปรียบเทียบกับค่าดัชนีของซาโต้

การดำเนินงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไปนี้ เป็นการอธิบายให้เห็นภาพการทำงานตามขั้นตอนของโปรแกรมในการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง ซึ่งตัวอย่างของโปรแกรมอยู่ในภาคผนวก ค

**โปรแกรมที่ 1** เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองสถานการณ์เมื่อผู้สอบมีความสามารถปานกลางที่มีขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน 50 คน และ 200 คน ตามลำดับ และค่าความยากของข้อกระทงที่กำหนดค่าความยากขึ้น 30 ข้อ 60 ข้อ 90 ข้อ และ 120 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยจะยกตัวอย่างในการจำลองผลการตอบเฉพาะที่มีผู้สอบจำนวน 35 คน กับข้อสอบจำนวน 30 ข้อ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1** สร้างลักษณะการแจกแจงความสามารถของประชากรแบบปกติ โดยเรียกตัวเลขสุ่ม 35 ค่า จากโปรแกรมสับรูทีน GAUSS1 และ RANDOM ซึ่งถือเป็นความสามารถของผู้สอบที่มีความสามารถปานกลาง

**ขั้นตอนที่ 2** หาค่าโอกาสของการตอบถูก $P_{ij}$ ของผู้สอบที่มีความสามารถปานกลาง โดยนำตัวเลขสุ่มจำนวน 35 ค่า ซึ่งถือว่าเป็นความสามารถของผู้สอบที่มีความสามารถปกติ และค่าความยาก b ของข้อทดสอบที่กำหนดค่าความยากขึ้น 30 ค่า ไปแทนค่าในฟังก์ชั่นของราสช์โมเดลในโปรแกรมสับรูทีน POB1 ทำงานด้วยคำสั่ง CALL POB1 (XETA, AB, AP) จะได้โอกาสของการตอบถูก $P_{ij}$ ของผู้สอบ 35 คน ที่ทำข้อทดสอบ 30 ข้อ

**ขั้นตอนที่ 3** เป็นขั้นตอนหาผลการตอบซ้ำ 100 ครั้ง ของแต่ละคนในแต่ละข้อ ซึ่งจำลองมาจากสถานการณ์การสอบของผู้สอบ 35 คน ทำข้อสอบ 30 ข้อกระทงซ้ำ 100 ครั้ง ในการสอบแต่ละครั้งจะเกิดความบกพร่องในการตอบขึ้นเสมอ ความบกพร่องของผู้สอบอาจเกิดจากการตอบข้อสอบด้วยการเดา ความสะเพรา ในระหว่างการสอบมีความวิตกกังวล ซึ่งความบกพร่องของผู้สอบนั้นจะเป็นไปอย่างสุ่ม คือมีความบกพร่องมากบ้างน้อยบ้างในการสอบแต่ละครั้ง ในการจำลองผลการสอบนี้ใช้ตัวเลขสุ่มแทนความบกพร่องของผู้สอบในสถาพการสอบจริงๆ การจำลองสภาพการสอบจึงทำโดยใช้คำสั่งCALL NDTRI (P,X,D,IE) เรียกค่า $Z_{ij}$ ที่เป็นค่าแสดงเขตพื้นที่ของค่า $P_{ij}$ ในการแจกแจงปกติมาตรฐาน เรียกตัวเลขสุ่มจากโปรแกรมสับรูทีน NORMAL มาทีละค่า มาเปรียบเทียบกับค่า $Z_{ij}$ แต่ละค่าถ้าตัวเลขสุ่มจากสับรูทีน NORMAL แต่ละค่าตกอยู่ในเขตพื้นที่ของค่า $P_{ij}$ ในการแจกแจงปกติมาตรฐาน ถือว่าตอบถูกให้ $U_j = 1$ แต่ถ้าตัวเลขสุ่มตกอยู่นอกเขตพื้นที่ $P_{ij}$ ถือว่าตอบผิดให้ $U_j = 0$ โดยเริ่มต้นเปรียบเทียบตัวเลขสุ่มกับค่า $Z_{ij}$ จาก $Z_{11}, Z_{12}, Z_{13} \ldots Z_{35,30}$ จนครบทุกค่าในการสอบแต่ละครั้ง วิธีการโดยสุ่มตัวเลขสุ่มมา 1

ค่า แล้วเปรียบเทียบกับค่า $Z_{11}$ แล้วจึงไปเรียกเลขสุ่มตัวต่อไปมาเปรียบเทียบกับค่า $Z_{12}$ ทำเช่นนี้จนครบทุกตัวจึงถือว่าเป็นการสอบ 1 ครั้ง ทำเช่นนี้จนครบ 100 ครั้ง ก็จะได้ผลการตอบถูกและตอบผิด 100 ครั้งของแต่ละคนในแต่ละข้อเป็นไปอย่างสุ่มคือ เดาบ้างตั้งใจสอบบ้าง บันทึกผลการตอบซ้ำแต่ละครั้งของผู้สอบ 35 คน ทำข้อสอบ 30 ข้อ ในรูปเมตริกซ์ 35 X 30 ซึ่งจะมีทั้งหมด 100 เมตริกซ์

**ขั้นตอนที่ 4** เป็นขั้นตอนที่นำเมตริกซ์ผลการตอบซึ่งแต่ละครั้งไปคำนวณหาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทั้ง 3 สูตร และดัชนีของซาโต้โดยใช้คำสั่ง SAIND1 SAIND2 SAIND3 และ SBIND จากนั้นจึงนำข้อมูลทั้งหมดจากขั้นที่ 3 และ 4 บันทึกลงในเทป

**ขั้นตอนที่ 5** วิเคราะห์คุณภาพของดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทั้ง 3 สูตร โดยเปรียบเทียบกับค่าดัชนีของซาโต้ ซึ่งวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSSX

**โปรแกรมที่** 2 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองสถานการณ์ เมื่อผู้สอบมีความสามารถสูงที่มีขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน 50 คน และ 200 คน ตามลำดับ และค่าความยากของข้อกระทงที่กำหนดค่าความยากขึ้น 30 ข้อ 60 ข้อ 90 ข้อ และ 120 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยจะยกตัวอย่างในการจำลองผลการตอบเฉพาะที่มีผู้สอบจำนวน 35 คน กับข้อสอบจำนวน 30 ข้อ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

**ขั้นตอนที่** 1 สร้างลักษณะการแจกแจงความสามารถของกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถสูงโดยเรียกตัวเลขสุ่ม 35 ค่า จากโปรแกรมสับรูทีน GAUSS1 และ RANDOM ซึ่งมีการแจกแจงปกติไปทำให้มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ลบ โดยนำตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ X ไปแทนค่าในฟังก์ชั่น

$$Y = 2.345 + 1.1605091X - 0.2710708X^2 - 0.092819X^3$$

จะได้ค่า Y จำนวน 35 ค่า มีการแจกแจงแบบเบ้ลบ ซึ่งถือเป็นความสามารถของผู้ตอบ 35 คน ที่มีความสามารถสูง

**ขั้นตอนที่** 2, 3, 4 และ 5 มีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเหมือนการทำงานของโปรแกรมที่ 1 เมื่อผู้สอบมีความสามารถปกติ

**โปรแกรมที่** 3 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองสถานการณ์เมื่อผู้สอบมีความสามารถต่ำ มีขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน 50 คน และ 200 คน ตามลำดับ และค่าความยากของข้อกระทงที่กำหนดค่าความยากขึ้น 30 ข้อ 60 ข้อ 90 ข้อ และ 120 ข้อ

ซึ่งผู้วิจัยจะยกตัวอย่างในการจำลองผลการตอบเฉพาะที่มีผู้สอบจำนวน 35 คน กับข้อสอบจำนวน 30 ข้อ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

**ขั้นตอนที่** 1 สร้างลักษณะการแจกแจงความสามารถของกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถต่ำ โดยเรียกตัวเลขสุ่ม 35 ค่า จากโปรแกรมสับรูทีน GAUSS1 และ RANDOM ซึ่งมีการแจกแจงปกติไปทำให้มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้บวก โดยนำตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ X ไปแทนค่าในฟังก์ชั่น

$$Y = -2.3268 + 1.16050961X + 0.2909708X^2 - 0.0886191X^3$$

จะได้ค่า Y จำนวน 35 ค่า มีการแจกแจงแบบเบ้บวก ซึ่งถือเป็นความสามารถของผู้ตอบ 35 คน ที่มีความสามารถต่ำ

**ขั้นตอนที่** 2, 3, 4 และ 5 มีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเหมือนการทำงานของโปรแกรมที่ 1 และโปรแกรมที่ 2

## <u>การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้</u>

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ศึกษามีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. หาค่าสถิติพื้นฐานของค่าดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบ และค่าดัชนีของซาโต้ ได้แก่ การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ($\bar{X}$, Mdn, Mo ) การวัดการกระจาย และลักษณะการแจกแจงความถี่ของข้อมูล (ความเบ้, ความโด่ง)

2. หาค่าดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบโดยใช้สูตรที่พัฒนาขึ้นทั้ง 3 สูตร และหาค่าดัชนีของซาโต้ที่ชี้ข้อบกพร่องของผู้สอบ

ดัชนีของซาโต้ (Harnisch and Linn 1981: 135) สำหรับผู้สอบคนที่ i

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_{i\bullet}} (1 - U_{ij})\, n_{\bullet j} - \sum_{j=n_{i\bullet}+1}^{J} U_{ij} n_{\bullet j}}{\sum_{j=1}^{n_{i\bullet}} n_{\bullet j} - n_{i\bullet} \left[ \frac{\sum_{j=1}^{J} n_{\bullet j}}{J} \right]}$$

เมื่อ $i$ = 1,2 ........I หมายถึง ผู้สอบ

$j$ = 1,2, .......J หมายถึง ข้อสอบ

$$U_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{ถ้าผู้สอบคนที่ } i \text{ ตอบข้อ } j \text{ ได้ถูกต้อง} \\ 0 & \text{ถ้าผู้สอบคนที่ } i \text{ ตอบข้อ } j \text{ ผิด} \end{cases}$$

$n_{i.}$ = จำนวนข้อที่คนที่ $i$ ตอบถูก

$n_{.j}$ = จำนวนคนที่ตอบข้อที่ $j$ ถูก

$C_i$ = ดัชนีของซาโต้ของผู้สอบคนที่ $i$

3. หาคุณภาพของดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยพิจารณาจากเกณฑ์ต่อไปนี้

3.1 ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องแสดงความตรงในการจำแนกผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่อง คือ เมื่อเราใช้ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาคัดเลือกผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่องในการตอบออกก่อนทำการวิเคราะห์หาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด ก็จะทำให้ผลการวัดความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบสอบนั้นมีค่าต่ำลง

3.1.1 หาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด โดยใช้สูตรแบบทางอ้อม (Allen and Yen 1979: 89)

$$S_e = S_x \sqrt{1 - r_{xx}}$$

$S_e$ คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

$S_x$ คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$r_{xx}$ คือ ค่าความเที่ยงของแบบสอบ

3.1.2 เปรียบเทียบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบสอบระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดที่คำนวณมาจากผู้สอบทั้งหมดกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดที่คัดเลือกผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่องในการตอบออกก่อนทำการวิเคราะห์ โดยการใช้สถิติอัตราส่วน F

3.2 ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องมีความสามารถวัดได้สอดคล้องกับดัชนีอื่นที่ชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบทดสอบได้ดี นั่นคือ ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องมีความสัมพันธ์กับดัชนีของซาโต้

หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับดัชนีของซาโต้ โดยใช้สูตรของเพียร์สัน โพรดักโมเมนต์ (Pearson Product Moment) คำนวณโดยใช้สูตร (Guilford and Fruchter 1978: 83)

$$r_{xy} = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left[n\sum X^2 - (\sum X)^2\right]\left[n\sum Y^2 - (\sum Y)^2\right]}}$$

3.3 ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องมีความไว (Sensitivity) ในการจำแนกผู้ตอบที่มีความบกพร่องได้สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีของซาโต้ ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.3.1 เปรียบเทียบความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบสอบที่คำนวณจากกลุ่มที่ได้คัดเลือกผู้ตอบที่มีความบกพร่องในการตอบออกโดยใช้ดัชนีของซาโต้ และกลุ่มที่คัดเลือกผู้ตอบที่มีความบกพร่องในการตอบออกโดยใช้ดัชนีของผู้วิจัย โดยการใช้สถิติอัตราส่วน F

3.3.2 ทดสอบความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของจำนวนผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่องในการตอบ ที่จำแนกโดยใช้ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และดัชนีของซาโต้ โดยใช้สูตร Z-Correlated Proportion (Ferguson 1981: 189)

$$Z = \frac{D - A}{\sqrt{A + D}}$$

โดยที่ค่าของ A และ D มาจากตารางการณ์จรต่อไปนี้

| | | ดัชนีของซาโต้ บกพร่อง | ดัชนีของซาโต้ ไม่บกพร่อง |
|---|---|---|---|
| ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น | ไม่บกพร่อง | A | B |
| | บกพร่อง | C | D |

A แทนจำนวนผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่องในการตอบที่จำแนกโดยใช้ดัชนีของซาโต้ แต่ไม่มีความบกพร่องในการตอบที่จำแนกโดยใช้ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

D แทนจำนวนผู้ตอบแบบทดสอบที่มีความบกพร่องในการตอบที่จำแนกโดยใช้ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น แต่ไม่มีความบกพร่องในการตอบที่จำแนกโดยใช้ดัชนีของซาโต้

3.4 ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต้องมีคุณสมบัติที่ดีตามเกณฑ์ของแฮนิสมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีของซาโต้ นั่นคือ ดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความสัมพันธ์กับคะแนนรวมของแต่ละบุคคลน้อยกว่า ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีของซาโต้กับคะแนนรวมของแต่ละบุคคล

3.4.1 หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมกับดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและดัชนีของซาโต้ โดยใช้สูตรของเพียร์สัน โพรดักโมเมนต์ (Pearson Product Moment)

3.4.2 ทดสอบความแตกต่างระหว่างสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนรวมและดัชนีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น กับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนรวมและดัชนีของซาโต้ โดยใช้สูตรของฮอทเทลลิ่ง (Guildford 1965: 190; citing Hotelling: 1940)

$$td_r = (r_{12} - r_{13}) \sqrt{\frac{(N-3)(1+r_{23})}{2(1-r^2_{23} - r^2_{12} - r^2_{13} + 2r_{23}r_{12}r_{13})}}$$

เมื่อ $r_{12}$ แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมกับดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้สอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

$r_{13}$ แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมกับดัชนีของซาโต้

$r_{23}$ แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้สอบกับดัชนีของซาโต้

N แทน จำนวนผู้สอบของกลุ่มตัวอย่าง