

ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบบางประการของแบบทดสอบรูปไอรามิต
กับความสามารถทางการเรียน ในวิชาคณิตศาสตร์

ปริญญานิพนธ์

ของ

จิราพร ไกรสรทิวเวท

26 ส.ค. 2529

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

มิถุนายน 2529

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

161506

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและคณะกรรมการสอบ ให้พิจารณาปริญญานิพนธ์
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

..... ประธาน
..... กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน
..... กรรมการ
..... กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ ให้ข้อคิดเห็น ทัศนะ
คำแนะนำต่าง ๆ อย่างดียิ่ง จาก รองศาสตราจารย์ อังศวาท สายยศ และ ดร. ชูศักดิ์
ชัยภักดิ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ส. วาสนา ประวาสพุกษ์
ดร. พงษ์จิต อิมขสุวรรณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวัฒน์ กลไกสุขุม ที่กรุณาให้ความรู้
และแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณ ดร. ชูศักดิ์ ชัยภักดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวัฒน์ สุขมลสันต์
ดร. ภาวดี ศรีสุขวัฒนาภักดิ์ ที่ได้ให้ความรู้และแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่อง
คอมพิวเตอร์ โปรแกรมโลจิส และอาจารย์ชัยชัย เผ่าพงศ์ ที่กรุณาในการแก้ไขปรับปรุง
โปรแกรมภาษาเบสิกในการประมาณค่าและเขียนกราฟด้วยฟอร์เมตของแบบทดสอบ

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ อาจารย์ใหญ่ ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ และ
คณะครูของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง และขอขอบใจนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือใน
การเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ นักวัดผลรุ่นพี่ เพื่อนวัดผลรุ่น 20 และน้องวัดผลรุ่น 21 ทุก ๆ คน
ที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของ บิดา - มารดา ครู - อาจารย์
คุณไพโรจน์ และคุณทัศนีย์ เรื่องชัยคิวเวท คุณสุวัช และคุณรัชดา ไกรสรคิวเวท และ
ญาติพี่น้อง ที่ได้อบรมสั่งสอนให้การศึกษามาตั้งแต่ชั้นประถมถึงมัธยมศึกษา และกำลังตั้งใจแก่
ผู้วิจัยตลอดมา

จิราพร ไกรสรคิวเวท

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากทุนงบประมาณแผ่นดิน
ซึ่งมอบให้แก่บัณฑิตในการทำวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกทราบบ้างในพระคุณยิ่ง

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	5
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	5
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	6
	นิยามศัพท์เฉพาะ	7
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
	ความเป็นมาของทฤษฎีการตอบคำถาม	10
	หลักการของทฤษฎีการตอบคำถาม	11
	ลักษณะเด่นของทฤษฎีการตอบคำถาม	11
	ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบคำถาม	12
	พิสัยของค่าพารามิเตอร์ในทฤษฎีการตอบคำถาม	12
	โมเดลต่าง ๆ ในทฤษฎีการตอบคำถาม	13
	คุณภาพของแบบทดสอบ	17
	ชนิดของแบบทดสอบรูปปริมาตร	20
	วิธีการให้คะแนนในแบบทดสอบรูปปริมาตร	39
	ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปปริมาตร	44
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบรูปปริมาตร	46
	สมมุติฐานในการวิจัย	57

3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	60
	ประชากร	60
	กลุ่มตัวอย่าง	60
	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	62
	วิธีดำเนินการสร้างแบบทดสอบรูปปริมาตรและแบบทดสอบดั้งเดิม	63
	ลักษณะของแบบทดสอบในการวิจัย	71
	คุณภาพของแบบทดสอบ	74
	วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล	81
	การจัดกระทำข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	81
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	84
	สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	84
	การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	85
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	86
5	สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	97
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	97
	กลุ่มตัวอย่าง	97
	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	97
	วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล	98
	การวิเคราะห์ข้อมูล	99
	สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล	99
	อภิปราย	102
	ข้อเสนอแนะ	107
	บรรณานุกรม	109
	ภาคผนวก	112

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือและในการวิจัย จำแนกตามโรงเรียน	61
2	พิสัยค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยาก (b) และค่าสัมประสิทธิ์ การเดา (c) ของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และ แบบทดสอบดั้งเดิม	75
3	พิสัยค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของข้อสอบและพิสัยของระดับความสามารถ ของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม	77
4	ค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และ แบบทดสอบดั้งเดิม	78
5	ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ จำแนกตามวิธี การตรวจให้คะแนน	87
6	ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถทางการเรียน (๑)	88
7	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ กับความสามารถ ทางการเรียน	89
8	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะของแบบทดสอบรูปปริมาตร	91
9	เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบ รูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ กับความสามารถทางการเรียน จำแนกตาม วิธีการตรวจให้คะแนน	96
10	เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่าง วิธีการตรวจให้คะแนน 3 วิธี จำแนกตามลักษณะของแบบทดสอบ รูปปริมาตร	95

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงโมเดลโลจิสต์ที่มีพารามิเตอร์สองตัว	14
2 แสดงโมเดลโลจิสต์ที่มีพารามิเตอร์สามตัว	15
3 แสดงโมเดลโลจิสต์ที่มีพารามิเตอร์ตัวเดียว	16
4 แสดงไค์อินฟอร์เมชันของข้อสอบ 5 ข้อ และไค์อินฟอร์เมชันของ แบบทดสอบ	19
5 แสดงโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปิรามิดแบบที่ใช้ ขนาดชั้นคงที่ โดยใช้กฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1/ลด 1	22
6 แสดงโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปิรามิดแบบที่ใช้ ขนาดชั้นคงที่ โดยใช้กฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1/ลด 2	24
7 แสดงโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปิรามิดแบบที่ใช้ ขนาดชั้นแปรผัน	27
8 แสดงโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปิรามิด แบบโรบิน - มอนโร	29
9 แสดงโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปิรามิด แบบข้างคัต	32
10 แสดงโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปิรามิด แบบใช้ข้อสอบ จำนวน 3 ข้อ ในแต่ละชั้น	35
11 แสดงโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปิรามิด แบบใช้กำหนดน้ำหนักแก้ตัวเลือกเพื่อแยกทาง	37
12 แสดงโครงสร้างของการให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบต่อจาก ข้อสุดท้ายที่ทำ และการให้คะแนนตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้าย	41
13 แสดงโครงสร้างของแบบทดสอบรูปปิรามิด ฉบับที่ 1	65

14	แสดงโครงสร้างของแบบทดสอบรูปปริมาตร ฉบับที่ 2	66
15	แสดงโครงสร้างของแบบทดสอบรูปปริมาตร ฉบับที่ 3	67
16	แสดงกระดาษคำตอบแบบทดสอบรูปปริมาตรแผ่นบน	69
17	แสดงกระดาษคำตอบแบบทดสอบรูปปริมาตรแผ่นล่าง	70
18	แสดงไถ่ลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากต่ำและมีค่าอำนาจจำแนก ต่ำ ปานกลาง และสูง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่	76
19	แสดงไถ่อินฟอร์เมชันของข้อสอบที่มีค่าความยากต่ำ และมีค่าอำนาจจำแนก ต่ำ ปานกลาง และสูง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ ..	79
20	แสดงไถ่อินฟอร์เมชันของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และ แบบทดสอบดั้งเดิม	80

ภูมิหลัง

การวัดผลทางการศึกษาและจิตวิทยาเน้น สิ่งที่เราต้องการจะวัดและตรวจสอบ มักเป็นคุณลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นคุณลักษณะภายในที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง (Latent Traits) เช่น ความสามารถในการคำนวณเลข ทักษะในการอ่านจับใจความ เป็นต้น ข้อสอบจะเป็นสิ่งเร้าอย่างหนึ่งที่กระตุ้นให้ผู้ทดสอบแสดงพฤติกรรมภายนอกสนองตอบข้อสอบ (Item Response) เหล่านี้แล้วเราก็พิจารณาว่าบุคคลนั้นทำข้อสอบได้ถูกต้องกี่ข้อ ต่อจากนั้นเราก็อนุมานจากพฤติกรรมการตอบซึ่งใช้จำนวนข้อสอบที่ทำถูกหรือผิดโยงไปหาความสามารถที่แท้จริง ซึ่งเป็นคุณสมบัติภายในของเขาเอง (สลับ ลักษณะ 2525 : 47)

ทฤษฎีการวัดผลที่เคยใช้ในการทำนาย หรืออธิบายความสามารถที่แท้จริงที่ผ่านมา นั้นคือทฤษฎีคลาสสิกอล (The Classical Test Theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีดั้งเดิมที่เน้นการประมาณค่าคะแนนจริง หรือความสามารถแท้จริง โดยนำคะแนนของกลุ่มผู้สอบมาใช้ในการประมาณค่า ซึ่งถูกมองว่าเป็นทฤษฎีที่ไม่เพียงพอต่อการประมาณค่าความสามารถที่แท้จริง และไม่สามารถแก้ปัญหามากหลายประการของการวัดผลในปัจจุบัน ดังนั้นนักวัดผลจึงได้พยายามเสนอแนวความคิดใหม่หรือทฤษฎีใหม่ ทฤษฎีที่พัฒนาในระยะปัจจุบันที่น่าสนใจ คือ ทฤษฎีที่ใช้โมเดล (Model) ทางคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถที่แท้จริง (θ) กับพฤติกรรมการตอบข้อสอบของแต่ละบุคคล (Performance) ทฤษฎีนี้คือ ทฤษฎีประมาณคุณลักษณะภายใน (Latent Trait Theory) หรือทฤษฎีการตอบข้อคำถาม (Item Response Theory) หรือทฤษฎีโค้งลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curve Theory) (ผจงจิต อินทสุวรรณ 2525 : 54)

ทฤษฎีการตอบข้อคำถามได้ประโยชน์อย่างมากแก่การทดสอบโดยเฉพาะในการตอบคำถามที่สำคัญบางอย่าง ซึ่งไม่สามารถกระทำได้ด้วยทฤษฎีคลาสสิกอล ปัญหาหนึ่งที่ไม่สามารถตอบได้โดยทฤษฎีคลาสสิกอลก็คือปัญหาการจัดข้อสอบให้สอดคล้องกับความสามารถของบุคคล

กล่าวคือแบบทดสอบดั้งเดิมนั้นจะใช้ได้อย่างเหมาะสมในกรณีที่ผู้สอบมีความสามารถในระดับกลาง หรือในช่วงใกล้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มผู้สอบ ดังนั้นผู้สอบที่มีความสามารถสูงหรือต่ำกว่าระดับเฉลี่ยของกลุ่มมาก ๆ จะให้รายละเอียดเกี่ยวกับตัวผู้สอบต่ำ (Vale and Weiss. 1975 :

6) ในกรณีเช่นนี้ถ้าผู้สอบได้ตอบข้อสอบที่มีระดับความยากสูงกว่าระดับความสามารถของตนเองแล้ว ผู้สอบมีแนวโน้มจะตอบข้อสอบด้วยพฤติกรรมอื่น ๆ นอกเหนือไปจากความรู้ความสามารถที่มีอยู่ เช่นการอาศัยพฤติกรรมการเกา และถ้าผู้สอบคนใดได้ตอบข้อสอบที่มีระดับความยากต่ำกว่าระดับความสามารถของตนเองแล้ว ข้อสอบนั้นจะไม่ช่วยให้ผู้สอบได้ใช้ความสามารถในระดับสูงสุด ซึ่งมีผลให้ความเชื่อมั่นของคะแนนผลการสอบจากผู้สอบทั้งสองกลุ่มต่ำกว่าที่ควรจะเป็น (Weiss. 1974 : 1) ปัญหานี้แก้ไขได้อย่างเหมาะสมโดยการทดสอบแบบเทเลอร์ (Tailored Testing) ซึ่งเป็นตัวอย่างอันหนึ่งของกาประยุกตใช้ทฤษฎีการตอบข้อคำถามอย่างได้ผล (Rudner. 1983 : 951)

การทดสอบแบบเทเลอร์มุ่งที่จะเลือกข้อสอบที่มีระดับความยากเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้สอบแต่ละคน การสอบครั้งหนึ่ง ๆ ผู้สอบแต่ละคนอาจไม่จำเป็นต้องตอบข้อสอบเหมือนกันทุกข้อทั้งฉบับ แต่ขึ้นอยู่กับผลการตอบข้อสอบในแบบทดสอบของแต่ละคน (Weiss and Kingsbury. 1984 : 361) โดยทั่วไปจะเริ่มจากข้อสอบที่มีความยากระดับปานกลาง ถ้าผู้สอบตอบข้อสอบข้อแรกถูกต้องข้อสอบข้อต่อไปก็จะยากขึ้น แต่ถ้าตอบข้อสอบผิดข้อต่อไปก็จะง่ายลง การทำข้อสอบข้อต่อไปจะปฏิบัติเช่นเดียวกันจนสิ้นสุดการสอบ (Green and Others. 1984 : 347) และจากการศึกษาของเบทซ์ และไวส์ (Larkin and Weiss. 1975 : 1 citing Betz and Weiss. 1973) พบว่า การทดสอบแบบเทเลอร์จะใช้ข้อสอบน้อยกว่าการทดสอบแบบดั้งเดิม จึงใช้เวลาในการทำแบบทดสอบน้อยลง ในขณะที่ความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงคงเดิม นอกจากนี้การทดสอบแบบเทเลอร์ยังมีประโยชน์ คือ (Urry. 1977 : 194)

1. การดำเนินการสอบมีมาตรฐาน ขจัดอคติที่อาจเกิดจากผู้ดำเนินการสอบ
2. เกี่ยวข้องข้อครหาต่ำกว่าเพราะข้อสอบไม่มีการพิมพ์ และผู้สอบแต่ละคนก็สอบ

ด้วยข้อคำถามต่างกัน

3. ช่วยปรับปรุงการวางโปรแกรมการสอบสำหรับผู้สมัครเป็นจำนวนมาก

4. ช่วยปรับปรุงความเชื่อถือได้ของการวัด

การทดสอบแบบเทเลอมีมีวิธีการในการสร้างและการดำเนินการสอบ 2 ยุทธวิธี
ใหญ่ ๆ คือ (Weiss. 1974 : 3) ยุทธวิธีสองชั้น (Two - Stage Strategies)
และยุทธวิธีหลายชั้น (Multi - Stage Strategies) ยุทธวิธีหลายชั้นประกอบด้วย
แบบจำลอง 2 รูปแบบ คือ แบบจำลองการแยกทางคงที่ (Fixed - Branching Models)
และแบบจำลองการแยกทางแปรผัน (Variable Branching Models) สำหรับแบบ
จำลองการแยกทางคงที่จำแนกเป็น 3 ชนิดคือ แบบทดสอบรูปปิรามิด (Pyramidal
Test) แบบทดสอบเพิลิกซ์เลเวล (Flexilevel Test) และแบบทดสอบปรับระดับชั้น
(Stradaptive Test) ส่วนแบบจำลองการแยกทางแปรผันแบ่งออกเป็น 2 ยุทธวิธีคือ
ยุทธวิธีของเบส์ (Bayesian Strategies) และยุทธวิธีความเป็นไปได้สูงสุด
(Maximum Likelihood Strategies)

แบบจำลองรูปปิรามิดเป็นรูปแบบหนึ่งของการทดสอบแบบเทเลอมี เป็นแบบจำลอง
แบบแรกของการทดสอบแบบเทเลอมีที่ได้มีการศึกษาและก่อให้เกิดการวิจัยอย่างกว้างขวาง
ในต่างประเทศ แบบจำลองรูปปิรามิดจำแนกออกเป็น 5 แบบ คือ (Weiss. 1974 :
12 - 36)

1. แบบจำลองที่ใช้ขนาดชั้นคงที่
2. แบบจำลองที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน
3. แบบจำลองรูปปิรามิดข้างตัด
4. แบบจำลองรูปปิรามิดที่ใช้ข้อสอบหลายข้อในแต่ละชั้น
5. แบบจำลองที่ใช้การให้ค่าน้ำหนักแก่ตัวเลือกของข้อสอบเพื่อแยกทาง

แบบจำลองแบบต่าง ๆ นี้จะใช้เป็นโครงสร้างในการจัดรูปแบบของแบบทดสอบรูป
ปิรามิดต่อไป แบบจำลองรูปปิรามิดสามารถให้คะแนนได้หลายวิธี แต่ละวิธีขึ้นอยู่กับแนวทาง
เห็นในการแยกทางเพื่อตอบข้อสอบในขั้นถัดไป และขึ้นอยู่กับความยากของข้อสอบที่ผู้สอบได้ตอบ
ดังนั้นจึงมีข้อควรระวังว่ากลุ่มข้อสอบที่จะนำมาสร้างแบบทดสอบรูปปิรามิดนั้นจะต้องวัดในมิติเดียว

และมาตราวัดระดับความยากกับมาตราวัดระดับความสามารถของผู้สอบจะต้องแสดงอยู่ใน
มาตราเดียวกัน (Weiss. 1974 : 30) วิธีการให้คะแนนแบบทดสอบรูปปริมาตรสามารถ
สรุปได้ 7 วิธี คือ

1. ให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบข้อสุดท้ายที่ทำ
2. ให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบต่อจากข้อสุดท้ายที่ทำ
3. ให้คะแนนตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้าย
4. ให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ
5. ให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก
6. ให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ
7. ให้คะแนนตามจำนวนข้อที่ตอบถูก

และจากการศึกษาของลาร์กิน และไวส์ (Larkin and Weiss. 1974 : 42)
พบว่า ความเชื่อมั่นคงที่ภายในของแบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้คะแนนวิธีที่ 6 จะมีค่าสูงสุดถึง
.99 และการให้คะแนนวิธีที่ 6 ยังมีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบดั้งเดิมสูงกว่าวิธีการให้คะแนน
โดยวิธีอื่น ๆ โดยที่การให้คะแนนวิธีที่ 2 และ 7 จะมีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบดั้งเดิม
ต่ำสุด เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากการให้คะแนนวิธีต่าง ๆ พบว่า การให้
คะแนนโดยวิธีที่ 4 มีความสัมพันธ์กันสูงมากกับวิธีที่ 6 คะแนนที่ได้โดยวิธีที่ 2 จะมีความ
สัมพันธ์สมบูรณ์ (1.00) กับคะแนนที่ได้โดยวิธีที่ 7 และคะแนนที่ได้โดยวิธีที่ 6 จะมีความ
สัมพันธ์สูงกับคะแนนที่ได้โดยวิธีอื่น ๆ และสูงมากกว่าความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้โดยวิธีอื่น ๆ

เนื่องจากแบบทดสอบรูปปริมาตร และการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
ยังเป็นเรื่องใหม่ซึ่งยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายในประเทศไทย และจากการศึกษาการจัดเรียง
ข้อสอบตามแบบจำลองรูปปริมาตรซึ่งเป็นแบบทดสอบที่มีการจัดเรียงข้อสอบและวิธีการดำเนินการ
การสอบ ตลอดจนวิธีการตรวจให้คะแนนแตกต่างจากแบบทดสอบดั้งเดิม ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะ
ศึกษาว่าแบบทดสอบที่มีการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปริมาตร 3 แบบ คือ แบบการใช้
ขนาดชั้นคงที่ แบบการใช้ขนาดชั้นแปรผัน และแบบปริมาตรข้างตัด วิธีการให้คะแนน 3 วิธีคือ
วิธีที่ให้ตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ (วิธีที่ 4) วิธีที่ให้ตามค่าความยากเฉลี่ยของ

ข้อสอบที่ตอบถูก (วิธีที่ 5) และวิธีให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ (วิธีที่ 6) แบบใดหรือวิธีการใดจึงจะเหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน ผลการศึกษานี้จะช่วยเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการสร้างและวิธีดำเนินการทดสอบที่มีประสิทธิภาพต่อไป

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบบางประการของแบบทดสอบรูปปริมาตรกับความสามารถทางการเรียน ในวิชาคณิตศาสตร์
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบรูปปริมาตรในแต่ละรูปแบบ
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบบางประการของแบบทดสอบรูปปริมาตรกับความสามารถทางการเรียน ในวิชาคณิตศาสตร์
4. เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบรูปปริมาตรในแต่ละรูปแบบ

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำให้ทราบถึงรูปแบบของแบบทดสอบรูปปริมาตร และวิธีการตรวจให้คะแนนที่เหมาะสมกับระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคน เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านความเที่ยงตรงในการวัดและประหยัดเวลาในการดำเนินการสอบ กล่าวคือ นักเรียนจะทำข้อสอบเพียงจำนวนน้อยข้อ แต่สามารถวัดได้ตรงกับระดับความสามารถของเขา และยังช่วยลดความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากตัวผู้สอบกับข้อสอบที่แตกต่างกันมาก ถ้าผู้สอบได้ตอบข้อสอบที่มีระดับความยากสูงกว่าระดับความสามารถของตนเองหรือได้ตอบข้อสอบที่มีระดับความยากต่ำกว่าระดับความสามารถของตนเอง นอกจากนั้นยังอาจเป็นแนวทางในการวิจัย เพื่อพัฒนาการสร้างแบบทดสอบที่มีโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปริมาตรอื่น ๆ ตลอดจนวิธีดำเนินการสอบที่มีประสิทธิภาพต่อไป

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา ในจังหวัดกำแพงเพชร จากจำนวน 74 ห้องเรียน จำนวน 2,964 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 ของโรงเรียนสังกัดมัธยมศึกษา ในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 45 ห้องเรียน จำนวน 1,740 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มแบบธรรมดา (Simple Random Sampling) กลุ่มตัวอย่างจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้
 - 2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพ จำนวน 36 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 1,392 คน
 - 2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 9 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 348 คน
3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา คือ
 - 3.1 แบบทดสอบรูปปริมาตรที่มีโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปริมาตร 3 ชั้น คือ แบบทดสอบฉบับรูปปริมาตรที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ แบบทดสอบฉบับรูปปริมาตรที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน และแบบทดสอบฉบับรูปปริมาตรข้างคั่น
 - 3.2 วิธีการตรวจให้คะแนน 3 วิธี คือ วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อที่หำ วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อที่ตอบถูก และวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ
 - 3.3 ความสามารถทางการเรียน (e)
4. วิธีดำเนินการสอบมีข้อจำกัด คือ ใช้วิธีการสอบแบบเขียนตอบ (Paper pencil) แทนการสอบโดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (Micro Computer) ซึ่งผู้สอบจะไม่สามารถเห็นข้อสอบทุกข้อในปริมาตรได้

5. การประมาณค่าระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคน ไม่สามารถประมาณค่าได้ในทันทีที่นักเรียนตอบข้อสอบถูกหรือผิดในแต่ละข้อ ในการวิจัยครั้งนี้ จึงมีข้อจำกัดในการประมาณค่าระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคน โดยการนำคะแนนที่สอบได้จากการตอบในแบบทดสอบดั้งเดิม จำนวน 30 ข้อ ไปประมาณค่าระดับความสามารถภายหลังจากสิ้นสุดการดำเนินการสอบ

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบทดสอบรูปปิรามิด (Pyramidal Test) หมายถึง แบบทดสอบที่จัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปิรามิด ซึ่งยึดถือค่าความยากของข้อสอบตามโครงสร้างพื้นฐานและระดับชั้นของรูปปิรามิด แบ่งออกเป็น 3 ฉบับ คือ

1.1 แบบทดสอบฉบับรูปปิรามิดชนิด 8 ชั้น ที่ใช้ขนาดขั้นลงที่ และกำหนดแนวทางการตอบแบบเพิ่ม 1/ลด 1 (Fixed Step Size, up-one/down-one branching rule) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามแบบจำลองที่มีจำนวนข้อสอบในแต่ละชั้นเท่ากับลำดับที่ของชั้น คือ ในชั้นที่ 1 จะมีข้อสอบ 1 ข้อ ในชั้นที่ 8 จะมีข้อสอบ 8 ข้อ ดังนั้นแบบทดสอบฉบับนี้จึงมีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 36 ข้อ และค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันจะมีความแตกต่างระหว่างค่าความยากเท่ากันหรือคงที่ นักเรียนต้องตอบข้อสอบฉบับนี้ขึ้นละ 1 ข้อ รวมจำนวนข้อที่นักเรียนจะต้องตอบ 8 ข้อ

1.2 แบบทดสอบฉบับรูปปิรามิดชนิด 8 ชั้น ที่ใช้ขนาดขั้นแปรผัน และกำหนดแนวทางในการตอบแบบเพิ่ม 1/ลด 1 (Decreasing Step Size, up-one/down-one branching rule) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามแบบจำลองที่มีจำนวนข้อสอบในแต่ละชั้นเท่ากับลำดับที่ของชั้น คือ ในชั้นที่ 1 จะมีข้อสอบ 1 ข้อ ในชั้นที่ 8 จะมีข้อสอบ 8 ข้อ ดังนั้นแบบทดสอบฉบับนี้จึงมีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 36 ข้อ และค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันจะมีความแตกต่างระหว่างค่าความยากไม่เท่ากัน กล่าวคือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันจะลดลงเร็วมากเมื่อข้อสอบนั้นอยู่ใกล้ ๆ กับ

ค่าความยากสูงสุดหรือต่ำสุดในแบบทดสอบฉบับนั้น และลดลงเร็วกว่าข้อสอบที่อยู่ใกล้ ๆ กับค่าความยากตรงกลาง ๆ นักเรียนจะต้องตอบข้อสอบฉบับนี้ขึ้นละ 1 ข้อ รวมจำนวนข้อที่นักเรียนต้องตอบ 8 ข้อ

1.3 แบบทดสอบฉบับรูปปิรามิด 8 ชั้น แบบข้างตัดที่ใช้วิธีการสะท้อนกลับ และกำหนดแนวทางการตอบแบบเพิ่ม 1/ลด 1 (Truncated Pyramids Reflecting Barriers, up-one/down-one branching rule) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามแบบจำลองที่มีจำนวนข้อสอบและกระบวนการแยกทางยังคงดำเนินไปตามปกติใน 4 ชั้นแรก เช่นเดียวกัน 2 ฉบับแรก แต่ในชั้นที่ 5 ถึง 8 จะตัดข้อสอบที่มีระดับความยากบริเวณสูงสุดหรือต่ำสุดทิ้งไป ในวิธีสะท้อนการสะท้อนกลับ (Reflecting Barriers) จะมีข้อสอบ ๗ จุดสะท้อนเป็นข้อสอบที่สมมุติว่าไม่มีความแตกต่างในการแยกทาง จำนวนข้อสอบฉบับนี้มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 24 ข้อ นักเรียนจะต้องตอบข้อสอบฉบับนี้ ขึ้นละ 1 ข้อ แต่จำนวนข้อที่นักเรียนจะต้องตอบอาจไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับเส้นทางแนวทางการตอบ

2. แบบทดสอบดั้งเดิม (Conventional Test) หมายถึง แบบทดสอบที่จัดเรียงข้อสอบตามลำดับเนื้อหาวิชา และในแต่ละเนื้อหาวิชาเรียงข้อสอบจากง่ายไปยาก ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่มีช่วงระดับความยากของข้อสอบเท่ากับช่วงระดับความยากข้อสอบในแบบทดสอบรูปปิรามิดในฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 และมีโค้งอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ (Test Information Curve) ใกล้เคียงกับแบบทดสอบรูปปิรามิดทั้ง 3 ฉบับ

3. แบบทดสอบที่มีมิติเดียว (Unidimension Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถหรือคุณลักษณะเดียว หรือมีความเป็นเอกพันธ์กันสูงระหว่างข้อสอบในแบบทดสอบนั้น การวิจัยนี้หาโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS-X

4. ความยากของข้อสอบ หมายถึง ค่าความสามารถตรงจุดเปลี่ยนโค้งคุณลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อ (Item Characteristic Curve) ซึ่งเป็นระดับความสามารถที่จะตอบข้อสอบนี้ได้ถูกต้องด้วยค่าความน่าจะเป็น .50 เมื่อไม่มีการเดา (พจนานุกรม 2528 : 16) การวิจัยครั้งนี้หาโดยทฤษฎีการตอบข้อคำถามที่ใช้พารามิเตอร์ 3 ตัว ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโลจิส 5 และคัดเลือกข้อสอบข้อที่มีค่าความยากระหว่าง -2.00 ถึง $+2.00$

5. อำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ค่าที่เป็นสัดส่วนแปรผันกับความชันของโค้ง หรือความชันของความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีระดับความสามารถ 0 จะตอบข้อสอบข้อนั้นถูก ณ จุดเปลี่ยนโค้ง (ผจงจิต อินทสุวรรณ 2528 : 16) การวิจัยครั้งนี้ประมาณค่าตาม ทฤษฎีการตอบข้อคำถามที่ใช้พารามิเตอร์ 3 ตัว ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโลจิส 5 และ คัดเลือกข้อสอบข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกมากกว่า .30 ขึ้นไป

6. สัมประสิทธิ์การคาดหมาย หมายถึง ความน่าจะเป็นที่บุคคลหนึ่งซึ่งปราศจาก ความสามารถ จะตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้อง การวิจัยครั้งนี้ประมาณค่าตามทฤษฎีการตอบ ข้อคำถามที่ใช้พารามิเตอร์ 3 ตัว ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโลจิส 5 และคัดเลือกข้อสอบข้อ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การเดาต่ำกว่า .30

7. ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบ (Item Information Function) หมายถึง ค่าที่เป็นสัดส่วนกับกำลังสองของช่วงแห่งความเชื่อมั่นที่เป็นเอซิมโทติก (symtotic confidence interval) ในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ จากผลการตอบของเขา (ผจงจิต อินทสุวรรณ 2528 : 97) การวิจัยครั้งนี้ประมาณ ค่าด้วยโปรแกรมภาษาเบสิก ซึ่งดัดแปลงโดย ชัชชัย เผ่าพงศ์

8. ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ (Test Information Function) หมายถึง ผลรวมของฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบ การวิจัยครั้งนี้ประมาณค่าด้วยโปรแกรม ภาษาเบสิก ซึ่งดัดแปลงโดย ชัชชัย เผ่าพงศ์

9. ความสามารถทางการเรียน (6) หมายถึง ค่าประมาณระดับความสามารถ ทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้จากการนำผลการตอบแบบทดสอบดั้งเดิมของนักเรียนแต่ละคน ไปประมาณค่าตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ที่ใช้พารามิเตอร์ 3 ตัว ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โลจิส 5

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาต่าง ๆ

ดังนี้

1. ความเป็นมาของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
2. หลักการของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
 - 2.1 ลักษณะเด่นของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
 - 2.2 ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
 - 2.3 พิสัยของค่าพารามิเตอร์ในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
 - 2.4 โมเดลต่าง ๆ ในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
 - 2.5 คุณภาพของแบบทดสอบ
3. ชนิดของแบบทดสอบรูปปรามิค
4. วิธีการให้คะแนนในแบบทดสอบรูปปรามิค
5. ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปปรามิค
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบรูปปรามิค

ความเป็นมาของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

ผู้ที่ได้รับเกียรติยกย่องว่าเป็นผู้ริเริ่มให้แนวคิดและหลักการเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม คือ เฟอร์กูสัน และลอฟเลย์ (Lord and Novick. 1968 : 369 citing Ferguson and Lawley. 1942, 1943) ต่อมาในปี ค.ศ. 1952 ลอร์ด (Lord) ได้เสนอทฤษฎีในรูปโค้งลักษณะของข้อสอบ (Item Characteristic Curve : ICC) ของแต่ละข้อ ลอร์ดกล่าวว่า พฤติกรรมการตอบสนองข้อสอบแต่ละข้อของผู้สอบสามารถอธิบายได้ด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่เราคุ้นเคยกันเป็นอย่างดี คือ โค้งลักษณะข้อสอบของแต่ละข้อมีลักษณะเป็นโค้งปกติสะสม หรือที่เรียกว่าโมเดลโค้งปกติสะสม (Normal Ogive Model)

ซึ่งโมเดลนี้จะกล่าวถึงพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก แต่เนื่องจากโมเดลนี้มีการคำนวณยุ่งยาก และขาดแคลนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้วิเคราะห์ข้อมูลตามทฤษฎี ดังนั้นจึงทำให้ลอร์ดใช้เวลาในการพิสูจน์ความเหมาะสมและนำไปใช้ของทฤษฎีดังกล่าวชั่วระยะเวลาหนึ่ง

ในปี ค.ศ. 1960 ราสซ (Rasch) ได้ศึกษาและเสนอแนวความคิดในรูปแบบพารามิเตอร์ตัวเดียว ก็คือค่าความยากหรือที่เรียกกันว่า ราสซโมเดล (Rasch Model) และในปี ค.ศ. 1965 ลอร์ดได้กลับมาสนใจทฤษฎีนี้ใหม่ (Warm. 1979 : 19)

ในปี ค.ศ. 1968 เบิร์นบอม (Birnbaum) ได้เสนอโมเดลโลจิสติก (Logistic Model) ที่ใช้พารามิเตอร์ 2 ตัว คือค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ซึ่งเป็นโมเดลที่ง่ายกว่าของลอร์ด จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายและมีการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ จนสามารถดัดแปลงใช้ได้กับพารามิเตอร์ตัวเดียว และพารามิเตอร์สามตัว (Warm. 1979 : 19 - 21)

หลักการของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

1. ลักษณะเด่นของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

สำเริง บุญเรืองรัตน์ (สำเริง บุญเรืองรัตน์ 2525 : 2) กล่าวถึงใจความสำคัญของทฤษฎีการตอบข้อคำถามคือ ผลการสอบของผู้สอบจากแบบทดสอบใด ๆ นั้นขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้สอบ หรือคะแนนของผู้สอบจากแบบทดสอบใด ๆ นั้น สามารถพยากรณ์หรืออธิบายได้จากความสามารถของคนที่นั้น

สงบ ลักษณะ (สงบ ลักษณะ 2525 : 49) กล่าวถึงใจความสำคัญของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม คือ มุ่งหาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถที่แท้จริงกับการตอบข้อสอบ ซึ่งความสามารถที่แท้จริงคือคุณลักษณะที่วัดได้ด้วยแบบทดสอบ เช่น ความรู้ ความเข้าใจ ทักษะในด้านต่าง ๆ ส่วนการตอบข้อสอบหมายถึง ข้อสอบที่ทำให้คะแนนแบบตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน

นอกจากนี้ ยังสังเกตว่า ถ้าข้อตกลงเบื้องต้นของการสอบตรงตามที่
ทฤษฎีต้องการ และเราสามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ได้เหมาะสมกับโมเดลแล้วผลลัพธ์ที่ได้รับคือ

1. ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ คือ ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และ
ค่าสัมประสิทธิ์การเดา จะเป็นค่าที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มผู้สอบ ไม่ว่าจะนำไปสอบกับ
ผู้ใดก็ตาม

2. เมื่อทราบลักษณะการตอบข้อสอบแต่ละข้อของผู้สอบคนใด เราจะสามารถ
คำนวณหาความสามารถที่แท้จริงของบุคคลนั้นได้ ถ้าความสามารถที่แท้จริงนี้มีความสัมพันธ์
โดยตรงกับคะแนนจริง การคำนวณหาความสามารถที่แท้จริงนั้นอาจใช้ข้อสอบข้อใดก็ได้ที่วัด
สิ่งเดียวกัน ลักษณะเช่นนี้ถือว่าเป็นลักษณะของความเป็นอิสระของข้อสอบ

2. ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

1. แบบทดสอบที่มีมิติเดียว (Unidimension Test) หมายความว่า
ข้อสอบแต่ละข้อในแบบทดสอบจะต้องวัดความสามารถหรือคุณลักษณะเดียวกัน หรือมีความเป็น
เอกพันธ์กัน

2. ข้อสอบแต่ละข้อจะต้องเป็นอิสระจากกัน หมายความว่า การตอบข้อสอบ
ข้อใดข้อหนึ่งจะไม่มีผลต่อการตอบข้อสอบข้ออื่น ๆ

3. โอกาสที่ผู้สอบจะตอบข้อสอบถูกขึ้นอยู่กับปัจจัยลักษณะข้อสอบของแต่ละ
โมเดลที่ใช้ ไม่ขึ้นกับการแจกแจงความสามารถของกลุ่มตัวอย่าง (Lord and Novick,
1968 : 359)

3. พิสัยของค่าพารามิเตอร์

ค่าพารามิเตอร์ในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม แบ่งออกเป็นค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ
(Item Parameter) ได้แก่ ค่าความยาก (b_u) ค่าอำนาจจำแนก (a_u) ค่าสัมประสิทธิ์
การเดา (c_u) และค่าพารามิเตอร์ของผู้สอบ (Examinee Parameter) ได้แก่ ระดับ
ความสามารถของผู้สอบ (θ) พิสัยของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ มีดังนี้ (Hambleton
and Cook, 1977 : 81)

b_g มีค่าตั้งแต่ $-\infty$ ถึง $+\infty$ แต่ในทางปฏิบัติจะมีค่าอยู่ระหว่าง -2 ถึง $+2$
 ค่า -2 แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่ายมาก และค่า $+2$ แสดงว่าข้อสอบนั้นยากมาก
 a_g มีค่าตั้งแต่ $-\infty$ ถึง $+\infty$ แต่ในทางปฏิบัติ a_g มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง $+2$ เพราะ
 ค่า a_g ที่เป็นลบแสดงว่าข้อสอบไม่พึงใช้ไม่ได้จึงตัดข้อสอบข้อนั้นทิ้งไป ค่า 0 แสดงว่า
 ข้อสอบไม่มีอำนาจจำแนก หรือมีค่าอำนาจจำแนกค่า $+2$ แสดงว่าข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนก
 สูง

θ มีค่าอยู่ระหว่าง -3 ถึง $+3$ ค่า -3 แสดงว่ามีความสามารถต่ำ และค่า $+3$
 แสดงว่ามีความสามารถสูง

4. โมเดลต่าง ๆ ในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

ทฤษฎีการตอบข้อคำถามได้มีการพัฒนาในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้เกิดเป็นโมเดลเฉพาะขึ้น
 โดยที่แต่ละโมเดลจะแตกต่างกันไปตามทั้งขั้นทางคณิตศาสตร์ และจำนวนพารามิเตอร์ที่ใช้อธิบาย
 โครงสร้างของข้อสอบของแต่ละโมเดล เช่น โมเดลโค้งปกติสะสม (The Normal Ogive Model)
 โมเดลเส้นตรง (The Linear Model) โมเดลโลจิสติก (The Logistic Model)
 ในที่นี้จะกล่าวถึงโมเดลโลจิสติกซึ่งเป็นโมเดลที่มีโมเดลย่อยอยู่ 3 โมเดล คือ (Hambleton
 and Cook, 1977 : 81 - 82)

1. โมเดลที่ใช้พารามิเตอร์สองตัว (Two - Parameter Logistic Model)

เบิร์นบอม ได้เสนอโมเดลโลจิสติกที่มีค่าพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ
 ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ในปี ค.ศ. 1966 มีสมการดังนี้

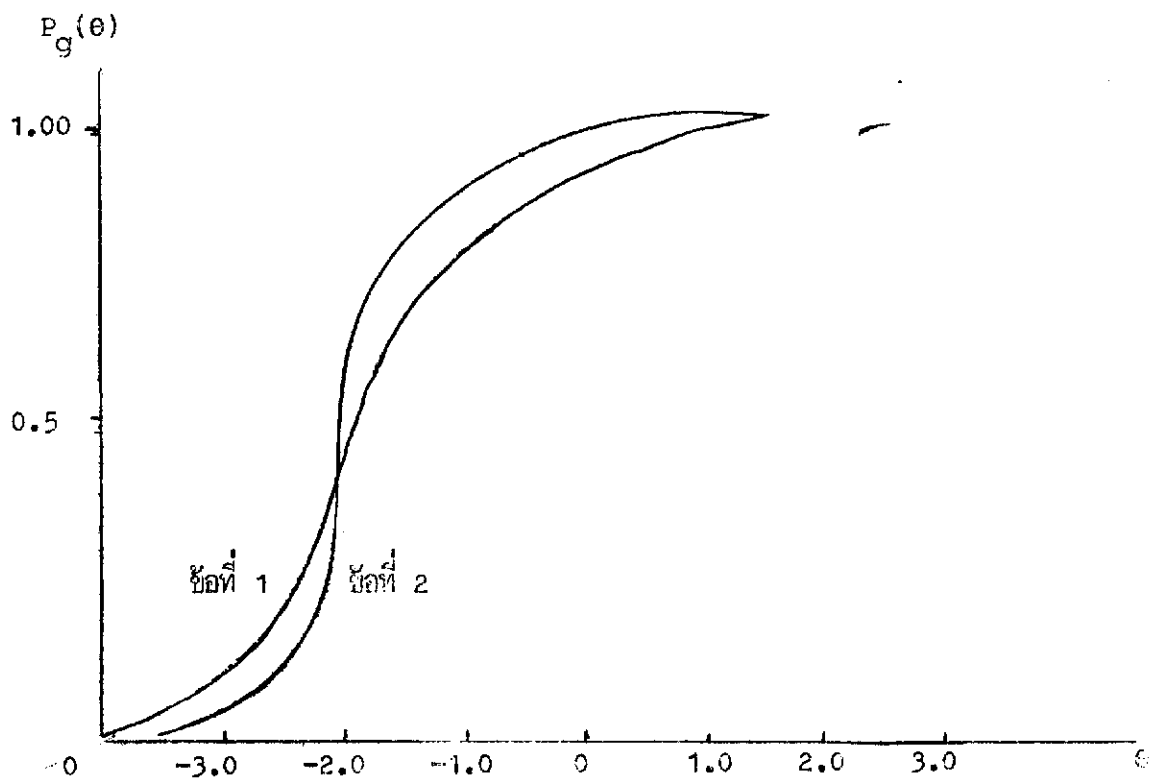
$$P_g(\theta) = \frac{e^{Da_g(\theta - b_g)}}{1 + e^{Da_g(\theta - b_g)}} ; \quad g = 1, 2, \dots, n$$

เมื่อ θ คือ ระดับความสามารถที่แท้จริงที่คำนวณจากคะแนนจริงแต่ปรับหน่วยให้เป็นมาตรฐาน

$P_g(\theta)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีความสามารถ θ จะทำข้อสอบ g ได้ถูกต้อง

a_g คือ ค่าอำนาจจำแนกซึ่งมีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความชันของโค้ง ณ จุดเบี่ยงนโค้ง หรือจุดที่ชันที่สุด

b_g คือ ค่าความยากที่แสดงระดับความสามารถที่แท้จริง ที่จุดโค้งชันที่สุด หรือในกรณีที่ไม่มีกราฟค่า b_g คือ θ ณ จุดความน่าจะเป็น .50



ภาพประกอบ 1 แสดงโมเดลโลจิสติกที่มีพารามิเตอร์สองตัว

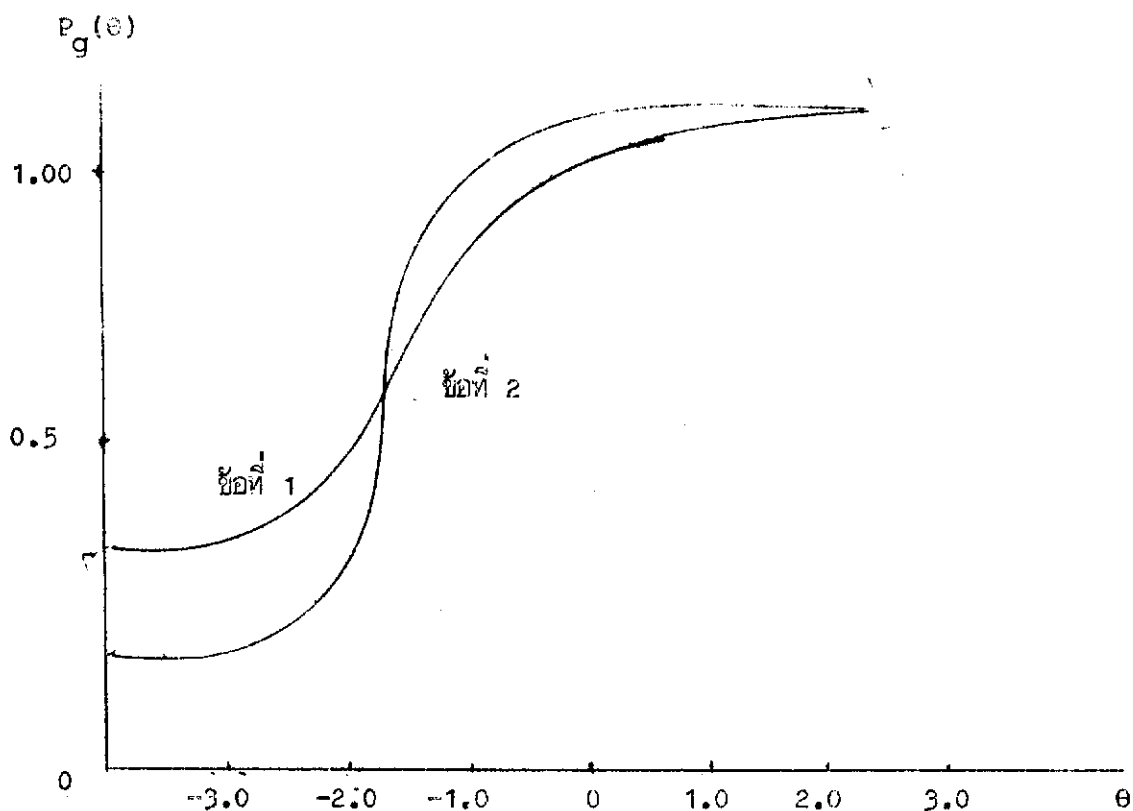
2. โมเดลที่ใช้พารามิเตอร์สามตัว (Three - Parameter Model)

โมเดลที่ใช้พารามิเตอร์สามตัว ได้ดัดแปลงมาจากโมเดลที่ใช้พารามิเตอร์สองตัว พารามิเตอร์ที่เพิ่มขึ้นคือ ค่าสัมประสิทธิ์การเดา (C_g) มีสมการดังนี้

$$P_g(\theta) = C_g + (1 - C_g) \frac{e^{Da_g(\theta - b_g)}}{1 + e^{Da_g(\theta - b_g)}} \quad ; \quad g = 1, 2, \dots, n$$

เมื่อ D คือ ค่าคงที่มีค่า = 1.7

C_g คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีความสามารถต่ำมาก มีโอกาสจะทำข้อสอบข้อนี้ให้ถูกต้อง



ภาพประกอบ 2 แสดงโค้งโลจิสติกที่มีพารามิเตอร์สามตัว

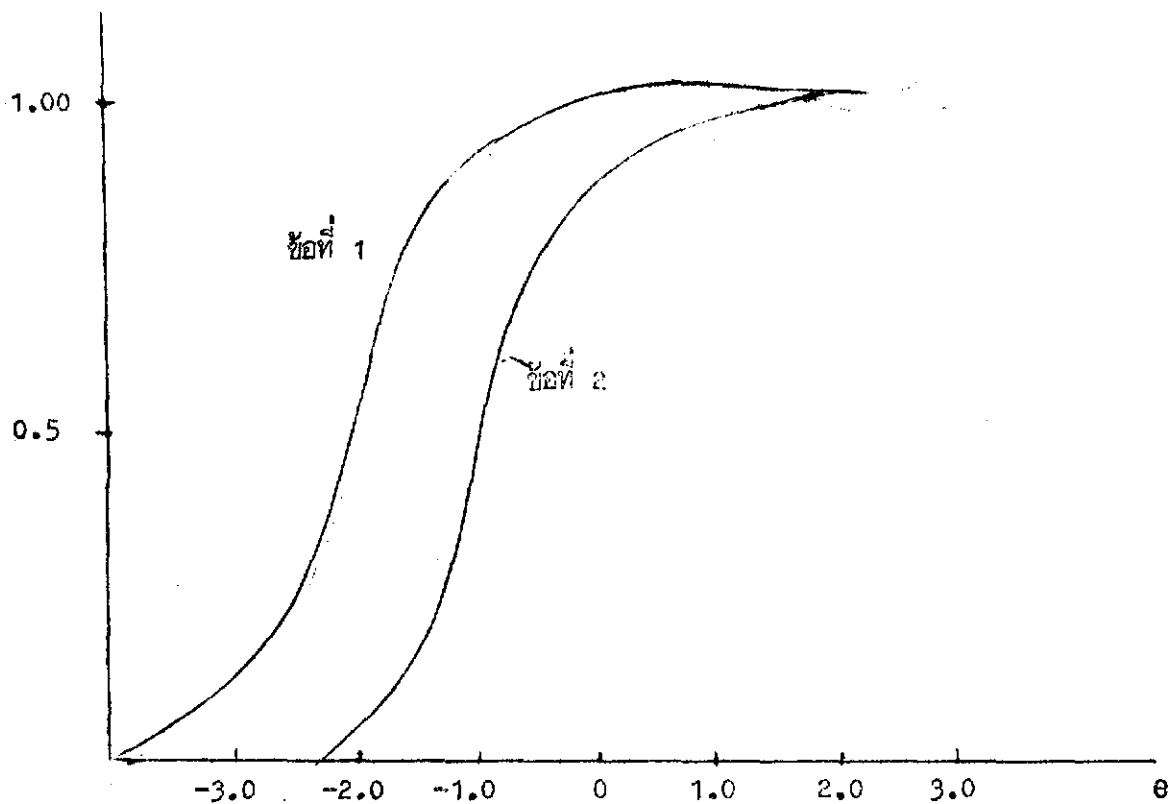
3. โมเดลที่ใช้พารามิเตอร์ตัวเดียว (One - Parameter Logistic Model)

ราสซ ได้พัฒนาทฤษฎีการตอบข้อคำถาม โดยที่ฟังก์ชันของโมเดลนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยพารามิเตอร์ของข้อสอบเพียงตัวเดียว คือ ลำความยาก หรือที่นิยมเรียกว่า ราสซโมเดล ซึ่งตรงกับโมเดลที่ใช้พารามิเตอร์ตัวเดียวที่เบร์เนอมได้พัฒนาขึ้นสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$P_g(\theta) = \frac{e^{D\bar{a}(\theta - b_g)}}{1 + e^{D\bar{a}(\theta - b_g)}} \quad ; \quad g = 1, 2, \dots, n$$

หรือ

$$P_g(\theta) = \frac{e^{\theta - b_g}}{1 + e^{\theta - b_g}} \quad ; \quad g = 1, 2, \dots, n$$



ภาพประกอบ 3 แสดงโค้งโลจิสติกที่มีพารามิเตอร์ตัวเดียว

5. คุณภาพของแบบทดสอบ

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ หรือการพิจารณาความแน่นอนของการประมาณค่าความสามารถที่แท้จริงนั้น ใช้วิธีการพิจารณาจากฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ (Test Information Function) ซึ่งได้จากผลรวมของฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบแต่ละข้อ (Item Information Function) (Lord. 1980 : 72)

ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบแต่ละข้อกำหนดให้ดังนี้

$$I(\theta, U_g) = (P'_g)^2 / P_g Q_g \quad ; \quad g = 1, 2, \dots, n \dots (A)$$

เมื่อ $I(\theta, U_g)$ คือ ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบแต่ละข้อ

P_g คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบข้อที่ g ถูก

Q_g คือ $(1 - P_g)$

P'_g คือ ความชันของโค้งลักษณะข้อสอบที่ระดับความสามารถ θ

จากสมการ (A) จะเห็นได้ว่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบแต่ละข้อขึ้นอยู่กับความชันของโค้งลักษณะข้อสอบ ถ้าโค้งลักษณะข้อสอบชันมากขึ้นในขณะที่ความแปรปรวนของการตอบข้อสอบถูกย่น้อยลง โค้งอินฟอร์เมชันของข้อสอบที่ระดับความสามารถนั้น ๆ ก็จะยิ่งสูงขึ้น ซึ่งความสูงของโค้งอินฟอร์เมชันของข้อสอบ อยู่ที่ระดับความสามารถใดแสดงว่าสามารถจำแนกระดับความสามารถของผู้สอบได้ดี ณ ระดับความสามารถนั้น (ผจงจิต อินทสุวรรณ 2525 : 64)

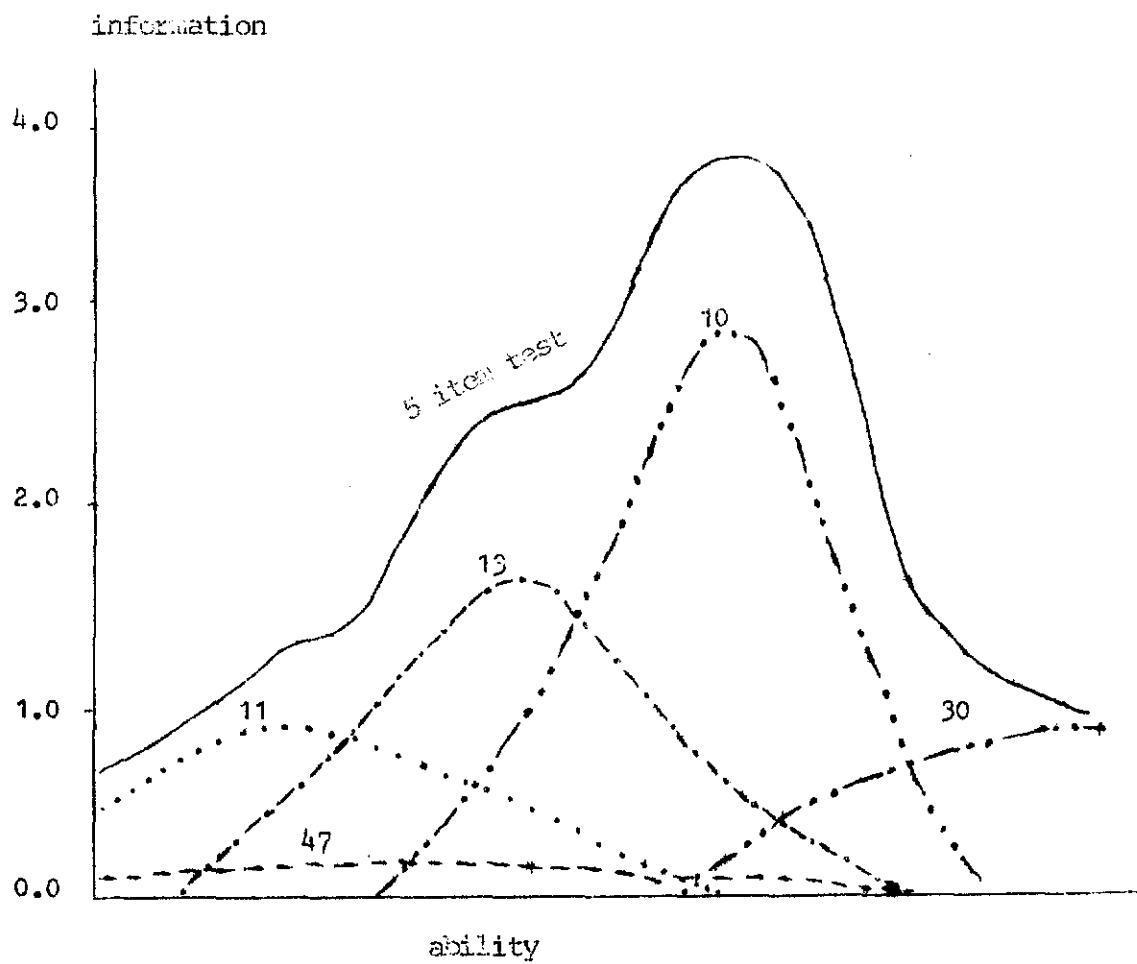
ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ เป็นสัดส่วนกลับกับกำลังสองของความยาวของช่วงความเชื่อมั่นที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถ ของผู้สอบจากการทำข้อสอบของเขา โค้งอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบจึงเป็นเครื่องแสดงถึงความถูกต้องแม่นยำของค่าความสามารถที่ประมาณได้ ซึ่งแสดงในรูปสมการให้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 I\{0\} &= \sum_{g=1}^n I\{0, u_g\} \\
 &= \sum_{g=1}^n \frac{(e'_g)^2}{p_g q_g}
 \end{aligned}$$

เมื่อ $I\{0\}$ คือ ฟังก์ชันเอนโทรปีเมชันของแบบทดสอบ

ถ้าเรามีกลุ่มข้อสอบที่ทราบฟังก์ชันเอนโทรปีเมชัน เราสามารถสร้างแบบทดสอบให้มีฟังก์ชันเอนโทรปีเมชันของแบบทดสอบ ณ ระดับหนึ่งของความสามารถที่เราต้องการได้ เช่น เพื่อคัดเลือคนักเรียนให้ได้รับทุนก็ต้องใช้ข้อสอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ระดับความสามารถสูง ๆ นั่นก็คือ ให้มีฟังก์ชันเอนโทรปีเมชันของแบบทดสอบสูง ณ ระดับความสามารถสูง ๆ นั่นเอง



ภาพประกอบ 4 แสดงโค้งอินฟอร์เมชันของข้อสอบ 5 ข้อ และโค้งอินฟอร์เมชันของแบบ
ทดสอบ (Lord. 1980 : 22)

ชนิดของแบบทดสอบรูปปริมาตร

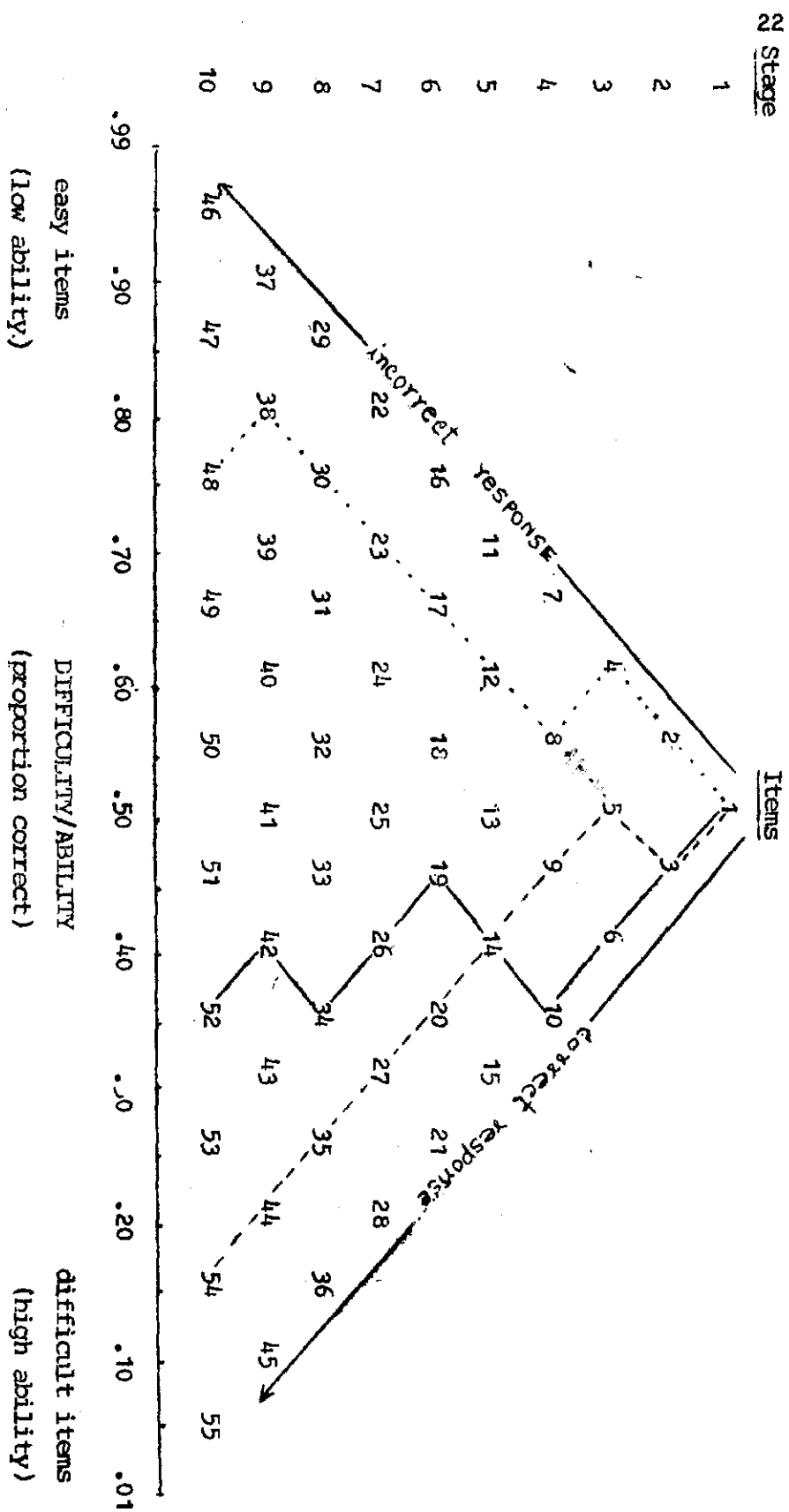
แบบทดสอบรูปปริมาตร (Pyramidal Test) สามารถจัดรูปแบบของแบบทดสอบได้โดยอาศัยโครงสร้างของแบบจำลองรูปปริมาตร (Pyramidal Models) หรือแบบจำลองโครงสร้างต้นไม้ (Tree Structure Models) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของแบบจำลองการทดสอบเทเลอร์ ประเภทวิธีหลายขั้นที่มีแบบจำลองการแยกทางคงที่ซึ่งเป็นแบบจำลองแบบแรกของการทดสอบเทเลอร์ที่ใช้ในการศึกษา และก่อให้เกิดการวิจัยอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน งานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองรูปปริมาตรเริ่มต้นจากแกรทวอลล์และฮายเซอร์ (Kratwohl and Huyser. 1956) และต่อ ๆ มาก็มี เบย์รอฟฟ์และคณะ (Bayroff and others. 1960, 1967) แพทเทอร์สัน (Patterson. 1962) แฮนเซน (Hansen. 1969) และลอร์ด (Lord. 1970, 1971) ซึ่งงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมามีได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยของ มุสซิโอ (Mussio. 1973) และงานวิจัยของ ลาร์กิน และไวส์ (Larkin and Weiss. 1974) และไวส์ (Weiss. 1974 : 12 - 36) ให้สรุปแบบทดสอบรูปปริมาตรไว้ 5 ชนิด คือ

1. แบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้ขนาดขั้นคงที่ (Constant Step Size Pyramids)

แบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้ขนาดขั้นคงที่ จำนวนข้อสอบในแต่ละขั้นเท่ากับลำดับที่ของขั้น กล่าวคือในขั้นที่ 1 จะมีข้อสอบ 1 ข้อ ในขั้นที่ 5 จะมีข้อสอบ 5 ข้อ หรือในขั้นที่ 10 จะมีข้อสอบ 10 ข้อ ดังนั้นแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 10 ขั้น จึงมีข้อสอบทั้งหมด 55 ข้อ ดังภาพประกอบ 5 แทนอนแสดงถึงค่าความยากของข้อสอบที่สัมพันธ์กับข้อสอบในแบบทดสอบรูปปริมาตร ค่าความยากของข้อสอบจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ .05 ถึง .95 ข้อสอบที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันจะเป็นข้อสอบที่มีระดับความยากเท่ากัน และข้อสอบที่ผู้สอบจะตอบในขั้นที่อยู่ติดกันจะมีความแตกต่างระหว่างค่าความยากเท่ากัน คือ เท่ากับ .05 หรือมีขนาดขั้นคงที่นั่นเอง

ภาพประกอบ 5 ผู้สอบทุกคนจะเริ่มทำข้อสอบ หมายเลข 1 ในขั้นที่ 1 คำตอบของผู้สอบในข้อนี้อาจจะถูกหรือผิด ซึ่งจะนำไปพิจารณาเพื่อแยกทางในการตอบข้อสอบข้อต่อไปในขั้นที่ 2 ภายใต้กฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1/ลด 1 จากกฎการแยกทางนี้ถ้าผู้สอบตอบข้อสอบถูกต้อง ผู้สอบจะได้ตอบข้อสอบข้อต่อไปอีก 1 ข้อ ที่มีค่าความยากสูงขึ้นไปอีก แต่ถ้าผู้สอบตอบข้อสอบผิด จะถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบที่มีความยากลดลงหรือง่ายกว่าข้อสอบข้อเดิม ตัวอย่างเช่น ผู้สอบ 3 คน เริ่มตอบข้อสอบหมายเลข 1 ในขั้นที่ 1 เหมือน ๆ กัน เส้นที่บแสดงเส้นทางการตอบข้อสอบของผู้สอบคนที่ 1 ที่มีความสามารถปานกลาง เมื่อเขาตอบข้อสอบหมายเลข 1 ($p = .50$) ถูก จะถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 3 ($p = .45$) ในขั้นที่ 2 ที่ยากขึ้น ซึ่งเขาก็ตอบถูกอีกในขั้นที่ 3 และขั้นที่ 4 เขาจึงได้ตอบข้อสอบหมายเลข 6 ($p = .40$) และข้อสอบหมายเลข 10 ($p = .35$) และในขั้นที่ 4 เขาตอบผิดเป็นข้อแรก เขาจึงได้ตอบข้อสอบหมายเลข 14 ($p = .40$) ในขั้นที่ 5 ที่มีค่าความยากลดลง และเขาก็ตอบข้อนี้ผิดอีกจึงถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 19 ($p = .45$) ในขั้นที่ 6 ซึ่งง่ายกว่าเดิมอีก เขาตอบข้อสอบข้อนี้ถูกจึงได้ตอบข้อสอบข้อที่ยากขึ้นในขั้นที่ 7 คือข้อสอบหมายเลข 26 ($p = .40$) ซึ่งเขาก็ตอบถูกอีก จึงถูกจัดให้ตอบข้อสอบหมายเลข 34 ($p = .35$) ในขั้นที่ 8 ที่ยากขึ้นแต่เขาตอบผิด จึงถูกแยกให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 42 ($p = .40$) ในขั้นที่ 9 ที่มีค่าความยากลดลง และเขาตอบข้อสอบข้อนี้ถูกจึงได้ตอบข้อสอบที่ยากกว่าเดิมคือ ข้อสอบหมายเลข 52 ($p = .35$) ในขั้นที่ 10 เป็นขั้นสุดท้าย

เส้นทางการตอบข้อสอบของผู้สอบคนที่ 2 แสดงด้วยเส้นประในภาพประกอบ 5 เขาตอบข้อสอบทั้ง 10 ข้อผิดเพียงข้อเดียว คือ ข้อสอบหมายเลข 3 ($p = .45$) เส้นประจึงแสดงเส้นทางการตอบข้อสอบที่มีค่าความยากสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงข้อสอบหมายเลข 54 ($p = .15$) ในขั้นที่ 10 เป็นข้อสุดท้าย และแนวจุดไขว่ไปแสดงเส้นทางการตอบข้อสอบของผู้สอบคนที่ 3 จะเห็นว่าเขาตอบข้อสอบใน 10 ขั้น ถูกเพียง 2 ข้อ คือข้อสอบหมายเลข 4 ($p = .66$) และหมายเลข 38 ($p = .80$) และข้อสุดท้ายที่เขาได้ตอบคือ ข้อสอบหมายเลข 48 ($p = .75$) ในขั้นที่ 10



ภาพประกอบ 5 แสดงโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองการวัดความสามารถที่ใช้ตามทฤษฎีการวัด

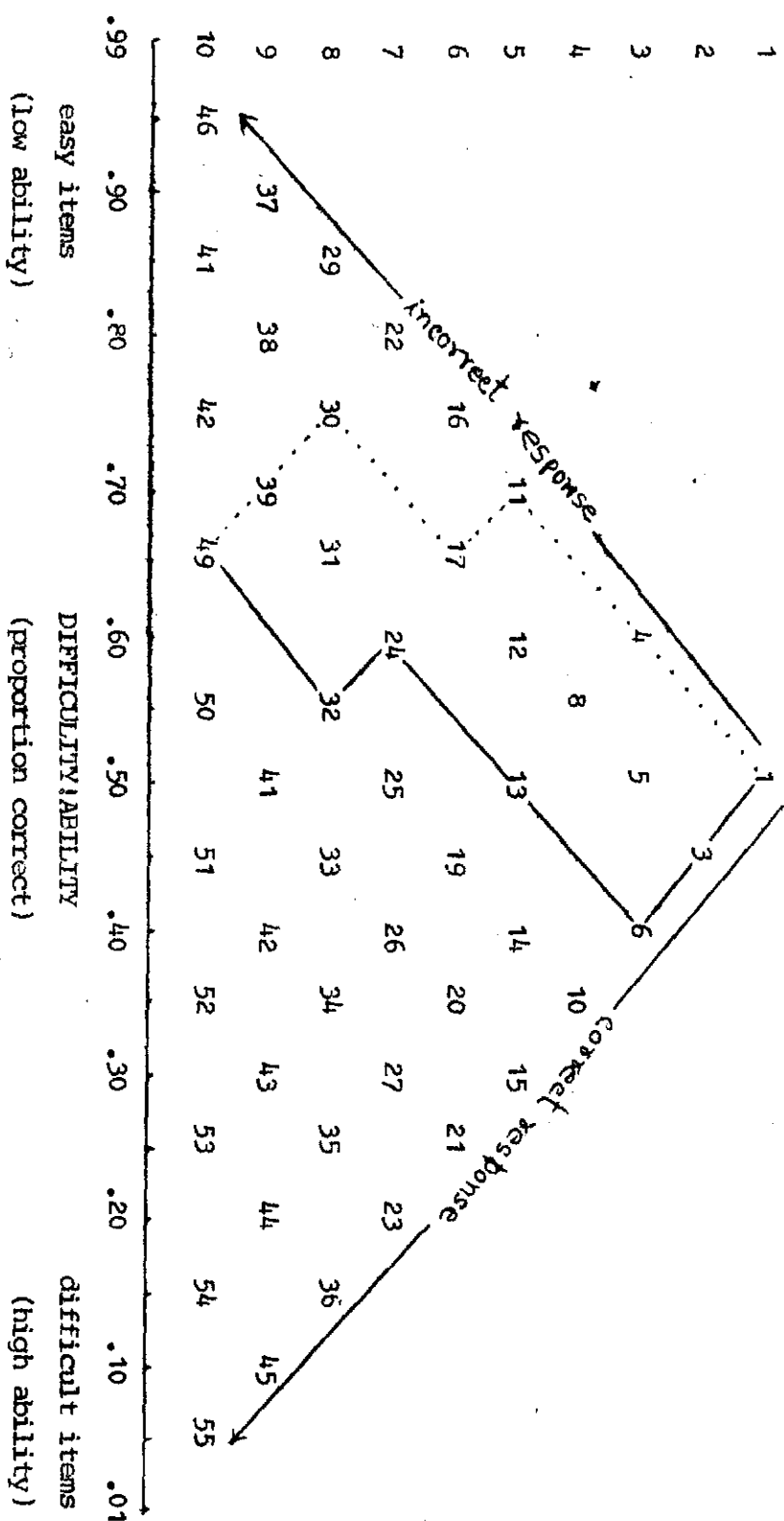
โดยใช้กฎการแปรทางแบบเพิ่ม 1/ลด 1

สรุป จากภาพประกอบ 5 จะเห็นได้ว่า ค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันจะแตกต่างกันเท่ากับ .05 คงที่ ในกฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1/ลด 1 โดยมีจำนวนชั้นที่แยกทางไปทำข้อที่ยากขึ้น เท่ากับจำนวนชั้นที่แยกทางไปทำข้อที่ง่ายลง ผู้สอบทุกคนจะเริ่มทำข้อสอบข้อแรก คือ ข้อสอบหมายเลข 1 ในชั้นที่ 1 ถ้าตอบถูกจะได้ทำข้อสอบข้อที่ยากขึ้นและจะได้ทำข้อสอบข้อที่ง่ายขึ้นถ้าตอบผิด จะดำเนินการสอบไปจนกว่าจะครบทั้ง 10 ชั้น หรือ n ชั้น เมื่อแบบทดสอบมี n ชั้น และผู้สอบจะได้ทำข้อสอบ 1 ข้อในแต่ละชั้น

ข้อสอบชนิดเลือกตอบ ผู้สอบอาจจะใช้วิธีการเกาตอบ จึงได้มีการจัดรูปแบบการแยกทางเพื่อจัดผลที่เกิดจากการเกาตอบโดยใช้กฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1/ลด 2 ซึ่งมีจำนวนชั้นที่แยกทางไม่เท่ากัน ดังภาพประกอบ 6 โดยที่ในแต่ละคำตอบที่ถูกจะถูกกำหนดให้ตอบข้อสอบข้อต่อไปที่มีค่าความยากเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ .05 แต่ถ้าตอบผิดจะให้ตอบข้อสอบข้อต่อไปที่มีค่าความยากลดลงจากเดิมเท่ากับ .10 เสมอ เช่น สัมผัส แสดงการตอบข้อสอบหมายเลข 1 ($p = .50$) และหมายเลข 3 ($p = .45$) ถูก จึงแยกทางไปตอบข้อสอบหมายเลข 6 ($p = .40$) ซึ่งมีระดับความยากเพิ่มขึ้น .05 และเขาตอบข้อนี้ผิดจึงถูกกำหนดให้ตอบข้อสอบหมายเลข 13 ($p = .50$) เป็นข้อต่อไป ซึ่งค่าความยากลดลง .10 เขาตอบข้อสอบหมายเลข 13 นี้ผิดอีก เขาจึงต้องไปตอบข้อสอบหมายเลข 24 ($p = .60$) ซึ่งเขาตอบถูกจึงได้ตอบข้อสอบหมายเลข 32 ($p = .55$) เป็นข้อต่อไป และข้อสุดท้ายที่เขาให้ตอบคือ หมายเลข 49 ($p = .65$)

Stage

Items



ภาพประกอบ 6 แสดงโครงสร้างการจัดการเรียนรู้ข้อสอบตามแบบจำลองที่มีรากศัพท์ใช้ตามหลัก

โดยใช้หลักการแยกทางแบบใหม่ 1/ลค 2

เมื่อใช้โครงสร้างของแบบทดสอบรูปปริมาตรที่มีขนาดขั้นคงที่ภายใต้กฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1 /ลด 1 พบว่า จำนวนข้อสอบที่แต่ละคนจะต้องตอบเท่ากับจำนวนขั้นในโครงสร้างรูปปริมาตร แต่ถ้าใช้กฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1/ลด 2 จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบจะต้องตอบจะผันแปรไปตามจำนวนข้อที่เขาตอบถูก ดังในภาพประกอบ 6 ของผู้ตอบตามทางเดินเส้นกับและเส้นประจะได้ตอบข้อสอบเพียง 7 ข้อ ในแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 10 ขั้น แต่ในขณะที่เดียวกันถ้าผู้สอบคนใดตอบข้อสอบถูกทุกข้อ เขาจะต้องตอบข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ ขณะที่ผู้สอบคนใดตอบข้อสอบผิดทุกข้อ เขาจะได้ตอบข้อสอบเพียง 5 ข้อ เท่านั้น ฉะนั้นนอกจากกฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1/ลด 1 และเพิ่ม 1/ลด 2 ในการศึกษาเกี่ยวกับแบบทดสอบรูปปริมาตรที่มีขนาดขั้นคงที่แล้ว ยังอาจใช้กฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1/ลด 3 และเพิ่ม 2/ลด 3 ซึ่งวิธีดำเนินการก็คล้ายกับที่ใช้กับ 2 วิธี ดังกล่าวนั่นเอง

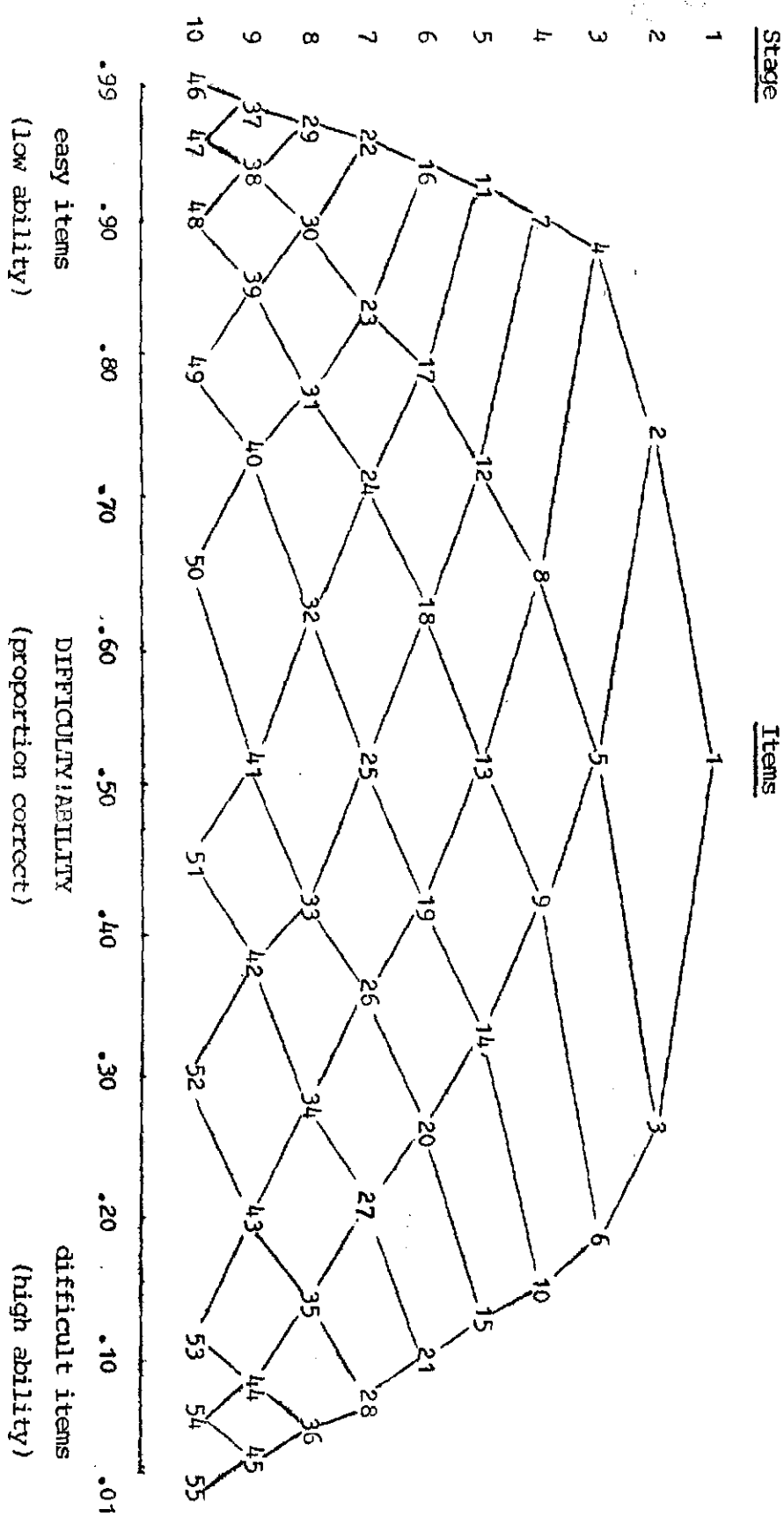
2. แบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้ขนาดขั้นแปรผัน (Variable or Decreasing Step Size Pyramids)

แพทเทอร์สัน และลอร์ด (Weiss. 1974 : 18 citing Paterson. 1962 and Lord. 1971) ได้ตั้งข้อสังเกตว่าแบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้ขนาดขั้นคงที่ไม่มีประสิทธิภาพเกี่ยวกับความไวด้านการกำหนดทางเดินในการตอบข้อสอบ และเสนอแนวทางแก้ไขว่า ควรจะให้ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในขั้นที่อยู่ติดกันมากในการทดสอบขั้นแรก ๆ และให้ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในขั้นที่อยู่ติดกันมีค่าน้อยลงในการทดสอบขั้นต่อ ๆ ไป วิธีดำเนินการในลักษณะเช่นนี้ จะช่วยให้สามารถวัดระดับความสามารถของผู้สอบแต่ละคนได้แม่นยำมากขึ้น

ในปี ค.ศ. 1962 แพทเทอร์สัน ได้กำหนดโครงสร้างของแบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้วิธีการแยกทางโดยลดค่าความยากลงอย่างคงที่ ซึ่งแสดงไว้ดังภาพประกอบ 7 จะเห็นว่าข้อสอบข้อแรกจะมีค่าความยากอยู่ตรงมัธยฐาน ($p = .50$) ข้อสอบในขั้นที่ 2 (หมายเลข 2 และ 3) จะมีค่าความยากอยู่กึ่งกลางระหว่างค่าความยากของข้อสอบในขั้นที่ 1 กับค่าความยากที่มีค่ามากที่สุดหรือน้อยสุด ที่จะใช้ในแบบทดสอบ นั่นคือ ข้อสอบหมายเลข 2 และหมายเลข 3 จะมีค่าความยากเท่ากับ .75 และ .25 ตามลำดับ ดังนั้นความแตกต่างระหว่างค่าความยากของ

ของข้อสอบจากชั้นที่ 1 ไปยังชั้นที่ 2 เท่ากับ .25 ผลของการให้ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 มีค่ามาก ก็คือ ผู้สอบจะถูกประมาณระดับความสามารถไปสู่จุดกึ่งกลางระหว่างระดับความสามารถที่สูงกว่า และที่ต่ำกว่าในระดับความสามารถที่กระจายกันอยู่ทั้งหมด ในชั้นที่ 3 จะมีข้อสอบอยู่ 3 ข้อ ซึ่งจะมีค่าความยากของข้อสอบเท่ากับค่ากึ่งกลางระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่ 2 หรือระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่ 2 กับระดับความสามารถที่มีค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุด ดังนั้นข้อสอบหมายเลข 4 หมายเลข 5 และหมายเลข 6 จะมีค่าความยาก .875 .50 และ .125 ตามลำดับ นั่นคือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่ 2 กับชั้นที่ 3 จึงมีค่าเท่ากับ .125 (จากหมายเลข 2 ถึงหมายเลข 4 หรือจากหมายเลข 3 ถึงหมายเลข 6) หรือมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่ 1 กับชั้นที่ 2 สำหรับค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันอื่น ๆ ก็คำนวณหาได้โดยวิธีเดียวกันนี้ กล่าวคือ สำหรับข้อสอบที่อยู่ในตำแหน่งปลายบนสุดหรือปลายล่างสุดของชั้น ค่าความยากของข้อสอบจะเป็นค่าที่อยู่กึ่งกลางระหว่างค่าความยากของข้อสอบที่อยู่ปลายสุดของชั้นที่อยู่ติดกันที่มาก่อนกับค่าความยากที่สูงสุด หรือต่ำสุดที่เป็นไปได้ของแบบทดสอบฉบับนั้น สำหรับข้อสอบที่อยู่ระหว่างข้อที่มีค่าความยากสูงสุดและต่ำสุดในชั้นนั้น ค่าความยากของข้อสอบจะประมาณจากครึ่งหนึ่งของค่าความยากของข้อสอบของข้อที่อยู่เหนือข้อสอบข้อนั้น ๆ ในชั้นที่อยู่ติดกันที่มาก่อน

โครงสร้างแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบนี้ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันจะลดลงเร็วมากเมื่อข้อสอบนั้นอยู่ใกล้ ๆ กับค่าความยากที่สูงสุดหรือต่ำสุดในแบบทดสอบฉบับนี้ และลดลงมากกว่าข้อสอบที่อยู่ใกล้ ๆ กับค่าความยากตรงกลาง ๆ นอกจากนั้นโครงสร้างแบบนี้ยังมีผลต่อจำนวนข้อสอบที่มีหลายข้อในบริเวณที่มีระดับความยากของข้อสอบสูงสุด หรือต่ำสุด โดยแตกต่างจากโครงสร้างที่ใช้ขนาดขั้นคงที่ (ภาพประกอบ 5) ซึ่งมีจำนวนข้อสอบมากบริเวณที่มีระดับความยากตรงกลาง ๆ ลักษณะที่สำคัญของโครงสร้างในภาพประกอบ 7 นี้ ก็คือมีความเที่ยงตรงในการให้คะแนนมากเท่า ๆ กันในทุกระดับความสามารถของผู้สอบ โดยที่จำนวนข้อสอบก็ไม่มากไปกว่ากระบวนการที่ใช้ขนาดขั้นคงที่

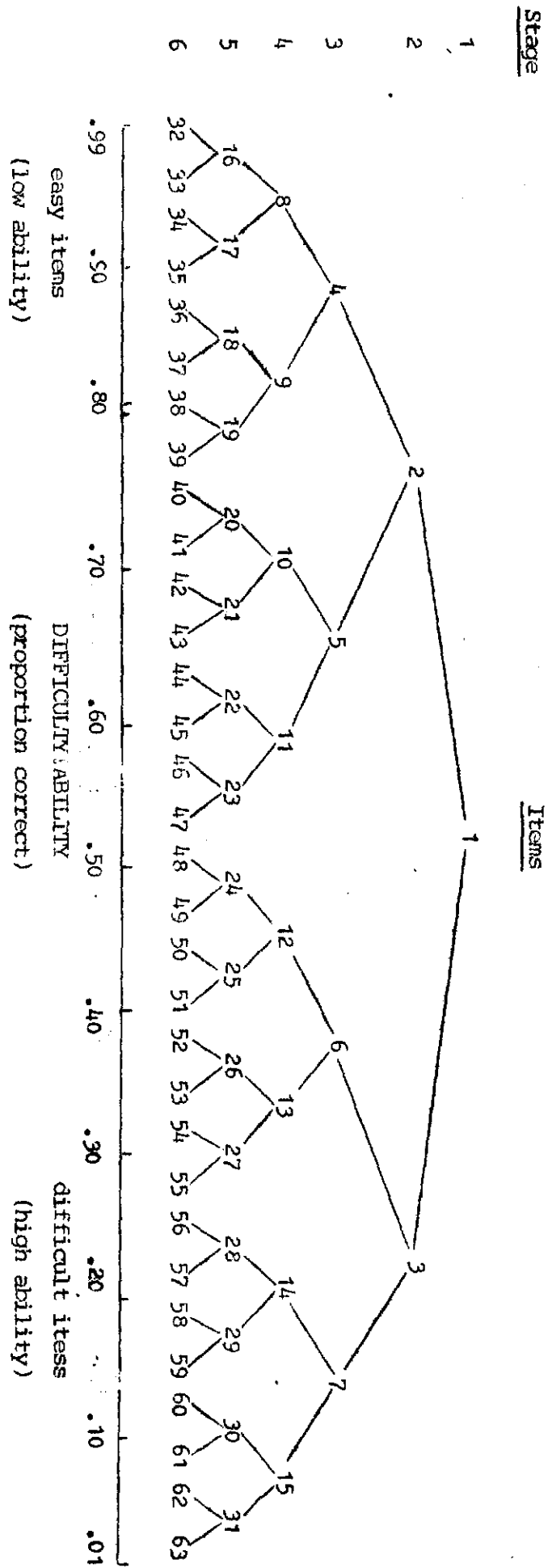


ภาพประกอบ ๗ แสดงวิธีการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองการวัดแบบใช้ความสามารถแบบเรขาคณิต

ลอว์ด (Weiss. 1974 : 20 citing Lord. 1971) ได้เสนอวิธีการกำหนดค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันอีกวิธีหนึ่งซึ่งคาดว่า จะมีความเที่ยงตรงต่อการวัดระดับความสามารถของผู้สอบแต่ละคน วิธีการของลอว์ด เกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการโรบิน - มอนโร (Robbins - Monro) โครงสร้างแบบทดสอบรูปปรีรามิกของโรบิน - มอนโร ดังภาพประกอบ 8 เป็นชนิด 6 ชั้น ในชั้นที่ 1 มีข้อสอบ หมายเลข 1 มีค่าความยาก .50 ในชั้นที่ 2 มีข้อสอบ หมายเลข 2 และหมายเลข 3 มีค่าความยาก .75 และ .25 ตามลำดับ จะเห็นว่า ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่ 1 กับชั้นที่ 2 เท่ากับ .25 ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่ 2 กับชั้นที่ 3 จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่ 1 กับชั้นที่ 2 คือเท่ากับ .125 ดังนั้นข้อสอบ หมายเลข 4, 5, 6 และ 7 จะมีค่าความยากของข้อสอบเป็น .875, .625, .375 และ .125 ตามลำดับ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่ 3 กับชั้นที่ 4 ก็จะทำให้เท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่ 2 กับชั้นที่ 3 จึงมีค่าเป็น .0625 ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันจะลดลงครึ่งหนึ่งเรื่อยไป ดังนั้น ค่าความยากของข้อสอบจะเพิ่มขึ้นทุก ๆ ชั้น ครึ่งละครึ่งหนึ่งของค่าความยากในชั้นที่มาก่อน

จากกระบวนการของโรบิน - มอนโร จำนวนข้อสอบในแต่ละชั้นจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ของจำนวนข้อสอบในชั้นที่มาก่อนเสมอ กล่าวคือ จะมีข้อสอบ 2 ข้อ ในชั้นที่ 2 มี 4 ข้อ ในชั้นที่ 3 และมี 8 ข้อในชั้นที่ 4 เป็นต้นเรื่อยไป หรือมีข้อสอบจำนวน 2^{n-1} ข้อ ในชั้นที่ n ดังนั้น แบบทดสอบรูปปรีรามิกชนิด 6 ชั้น ตามวิธีการของโรบิน - มอนโร จึงมีข้อสอบทั้งหมด $2^6 - 1$ เท่ากับ 63 ข้อ

กระบวนการที่ใช้การแยกทางคงที่ มีจุดอ่อน คือวัดระดับความสามารถได้ถูกต้องมากเฉพาะระดับความสามารถที่อยู่ใกล้ ๆ กับค่าเฉลี่ยเท่านั้น ส่วนจุดอ่อนของกระบวนการของโรบิน - มอนโร ก็คือจะต้องใช้ข้อสอบจำนวนมากเพื่อจัดโครงสร้าง แบบทดสอบรูปปรีรามิก เช่น โครงสร้างของโรบิน - มอนโร ชนิด 6 ชั้น ต้องใช้ข้อสอบถึง 63 ข้อ ในขณะที่แบบทดสอบรูปปรีรามิก ชนิด 10 ชั้น ที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ใช้ข้อสอบเพียง 55 ข้อเท่านั้น นอกจากนั้น



ภาพประกอบ 8 แสดงโครงสร้างการวัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูบิรามีคแบบโรบิน-มอดโร

โครงสร้างของโรบิน - มอนโร ยังมีจุดอ่อนคือ มีความไวต่อโอกาสการตอบถูก ตัวอย่างเช่น กรณีที่ผู้สอบมีความสามารถต่ำ แต่โชคดีเขาตอบข้อสอบหมายเลข 1 ถูก เขาจึงได้ไม่ทำข้อสอบ หมายเลข 3 ($p = .25$) และเขาตอบผิดจึงถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 6 ซึ่งมีค่าความยากลดลงเป็น .375 ถ้าสมมติว่าต่อไปเขาตอบข้อสอบทุกข้อตามแนวการแยกทาง ผิดหมด ข้อสอบข้อสุดท้ายที่เขาจะได้ตอบ คือ หมายเลข 48 ที่มีความยาก .50 ซึ่งยังคงมีความหมายที่ถือว่าผู้สอบที่ตอบข้อสอบที่มีค่าความยาก .80 ให้ออก แม้ว่าจะมีการกำหนดจำนวนขึ้นมากขึ้น แต่ก็ยังขึ้นอยู่กับโอกาสการตอบข้อสอบข้อแรกอยู่นั่นเอง ดังนั้น กระบวนการของโรบิน - มอนโร ที่ใช้กับข้อสอบแบบให้ตอบอย่างอิสระจะต้องไม่มีการตอบโดยการเดาเกิดขึ้นเลย

แบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้ขนาดขึ้นลดลงถึงภาพประกอบ 7 จะมีความไวเกี่ยวกับผลของการเดาในลักษณะเดียวกันนี้น้อยกว่า เช่น ผู้สอบโชคดีเขาตอบข้อสอบหมายเลข 1 ถูก และโชคไม่ดีเขาตอบข้ออื่น ๆ ผิดหมด ถ้าโครงสร้างมีเพียง 5 ชั้น เขาจะได้ตอบข้อสอบ หมายเลข 1, 3, 5, 8 และ 12 ข้อสอบหมายเลข 12 จะมีค่าความยาก .80 แต่ถ้าพิจารณาในลักษณะเดียวกันนี้ในแบบทดสอบรูปปริมาตรถึงภาพประกอบ 7 ผู้สอบจะต้องตอบข้อสอบและเขาตอบผิดหมดอีก 7 ข้อ ข้อสอบข้อสุดท้ายจึงจะมีค่าความยาก .80 ดังนั้นแบบทดสอบเลือกตอบที่จะนำมาใช้กับแบบทดสอบรูปปริมาตรหากมีโอกาสที่ผู้สอบจะเดาตอบถูกแล้ว กระบวนการของโรบิน - มอนโร ไม่สมควรนำมาพิจารณา ควรใช้วิธีอื่นแทน

รูปแบบโครงสร้างแบบทดสอบ ถึงภาพประกอบ 7 และ 8 เป็นเพียง 2 รูปแบบในหลาย ๆ รูปแบบที่ใช้ขนาดขึ้นแปรผัน หรือขนาดขึ้นลดลง เราอาจรวมระหว่างวิธีที่ใช้ขนาดขึ้นคงที่กับวิธีที่ใช้ขนาดขึ้นลดลงในชั้นต่าง ๆ ของแบบทดสอบรูปปริมาตรเมื่อจะหาวิธีวัดระดับความสามารถของผู้สอบ ให้ออกต้องมากที่สุดในทุกระดับความสามารถ

3. แบบทดสอบรูปปริมาตรข้างตัด (Truncated Pyramids)

ขณะที่กระบวนการของโรบิน - มอนโร แบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้ขนาดขึ้นคงที่ และที่ใช้ขนาดขึ้นลดลง จำเป็นต้องใช้จำนวนข้อสอบจำนวนมากในกลุ่มข้อสอบ มุสลีโอ (Weiss. 1974 : 22 citing Mussio. 1973) จึงได้เสนอวิธีการลดจำนวนข้อสอบ วิธีการของ มุสลีโอ เกี่ยวข้องโดยตรงกับ Markov Chain Stochastic Model ซึ่ง

ใช้วิธีสะกิดการสะท้อนกลับหรือวิธีสะกิดการเก็บรักษา (Reflecting or Retaining Barriers) มุสลีโอ ได้เสนอแนะว่าให้ทิศทางของแบบทดสอบรูปปริามิคออก กล่าวคือ ตัดข้อสอบที่มีระดับความยากบริเวณสูงสุด หรือต่ำสุดทิ้งไป แบบทดสอบรูปปริามิคข้างตัดจะมีวิธีการแยกทางอยู่ 2 วิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้วิธีสะกิดการสะท้อนกลับหรือวิธีสะกิดการเก็บรักษา

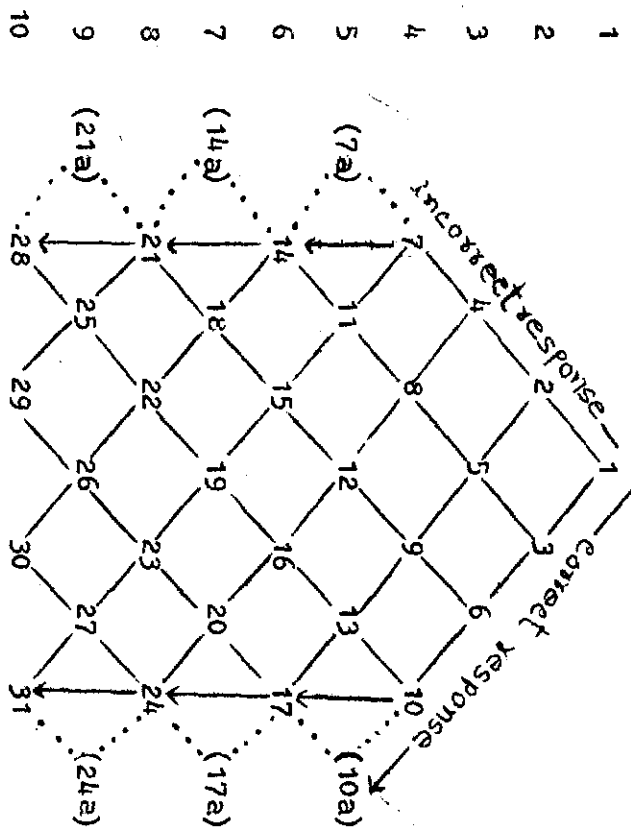
ภาพประกอบ 9 แสดงถึงโครงสร้างของแบบทดสอบรูปปริามิคชนิด 10 ชั้น ที่ใช้วิธีสะกิดการสะท้อนกลับ และวิธีสะกิดการเก็บรักษา สำหรับวิธีสะกิดการสะท้อนกลับดังภาพประกอบ 9a ข้อสอบจะมีความยากอยู่ในช่วง .65 ถึง .35 เท่านั้น ข้อสอบที่มีระดับความยากสูงหรือต่ำกว่านี้ไม่ถือว่าอยู่ในโครงสร้างทั้งหมด จึงเหลือข้อสอบทั้งหมด 31 ข้อใน 10 ชั้น กระบวนการแยกทางจะยังคงดำเนินไปตามปกติใน 4 ชั้นแรก กล่าวคือ ถ้าตอบข้อสอบถูกจะถูกกำหนดให้ตอบข้อสอบข้อที่ยากขึ้น และถ้าตอบผิดก็จะถูกกำหนดให้ตอบข้อสอบที่มีความยากลดลง เมื่อผู้สอบตอบข้อสอบผิดถึงข้อสอบหมายเลข 7 หรือตอบข้อสอบถูกถึงหมายเลข 10 แล้วต่อไปจะเป็นผลของวิธีสะกิดการสะท้อนกลับ

ข้อสอบหมายเลข 7a 14a และ 21a จะแสดงถึงข้อสอบข้อที่จะตามมาหลังจากที่ผู้สอบตอบข้อสอบหมายเลข 7, 10 หรือ 21 ผิด อย่างไรก็ตาม เพราะว่าแบบทดสอบรูปปริามิคข้างตัดที่ใช้วิธีสะกิดการย้อนกลับ ถ้าผู้สอบตอบข้อสอบข้อดังกล่าวผิดจะถูกกำหนดให้ตอบข้อสอบข้อถัดไป คล้ายกัน เช่น แทนที่จะตอบข้อ 7a ในการแยกทางก็จะมาตอบข้อ 14 แทน กรณีเช่นนี้ ข้อสอบเหล่านี้จึงไม่จำเป็นต้องจัดเอาไว้ ดังนั้นในการใช้วิธีสะกิดการย้อนกลับ เมื่อผู้สอบตอบข้อสอบหมายเลข 7 ผิด จะถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 14 ขณะที่ผู้สอบตอบข้อสอบหมายเลข 7 ถูก จะถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 11 ลักษณะที่สำคัญของวิธีสะกิดการย้อนกลับ ก็คือ ข้อสอบ ณ จุดสะกิด หรือข้อสอบ ณ จุดหักของรูปปริามิค เป็นข้อสอบที่สมมติเอาไว้ถูกจัดให้ไม่มีความแตกต่างในการแยกทาง สามารถได้ทั้งจากข้อสอบในโครงสร้างได้ ซึ่งมีผลน้อยกว่าจำนวนข้อสอบ 55 ข้อในแบบทดสอบชนิด 10 ชั้น สำหรับผู้สอบบางคน

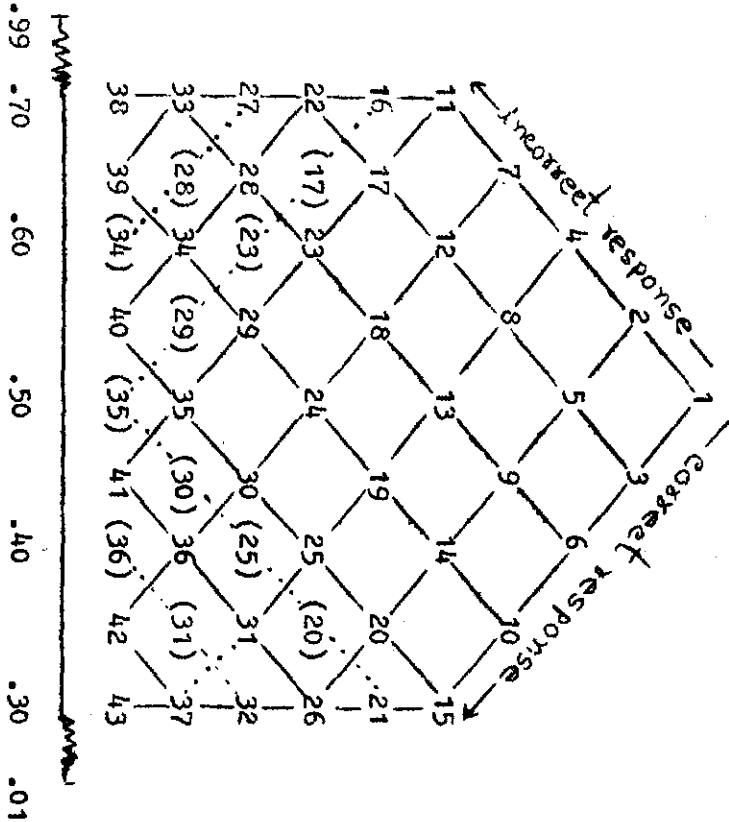
วิธีสะกิดการเก็บรักษา ข้อสอบที่มีระดับความยากที่ปลายทั้งสองของรูปปริามิคจะถูกสะกิดกัน วิธีนี้จะมีการเพิ่มข้อสอบที่ตำแหน่งสะกิดกันโดยมีระดับความยากของข้อสอบเท่ากับ

23
Stage

(a)
Reflecting Barrier
Items



(b)
Retaining Barrier
Items



DIFFICULTY/ABILITY
(proportion correct)

DIFFICULTY/ABILITY
(proportion correct)

ภาพประกอบ 9 แสดงโครงสร้างการวัดระดับความสามารถตามแบบจำลองการวัดแบบใช้ฟังก์ชัน

ค่าความยากของข้อสอบที่มีอยู่เดิม ดังภาพประกอบ 9b จะมีข้อสอบ 3 ข้อ ที่เพิ่มเข้าไปที่ระดับความยาก .70 คือข้อสอบหมายเลข 16, 27 และ 28 และเพิ่มเข้าไปอีก 3 ข้อ ที่ระดับความยาก .30 คือข้อสอบหมายเลข 21, 32 และ 43

การแยกทางในวิธีสะกิดการเก็บรักษา ยังคงเป็นไปตามปกติจนถึงจุดสะกิดกันผู้สอบที่ตอบข้อสอบ 4 ข้อแรกใน 4 ชั้นแรกผิด จะให้ทำข้อสอบที่ง่ายจากข้อสอบหมายเลข 1, 2, 4 และ 7 จนถึงข้อสอบหมายเลข 11 ถ้าตอบข้อสอบหมายเลข 11 ถูก จะถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 17 เป็นข้อต่อไป แต่ถ้าตอบข้อสอบหมายเลข 11 ผิด จะถูกกำหนดให้ตอบข้อสอบหมายเลข 16 ซึ่งมีค่าความยากเท่ากับข้อสอบหมายเลข 11 ต่อไป ก็เช่นกันถ้าผู้สอบตอบข้อสอบหมายเลข 16 ผิดอีกก็จะให้ตอบข้อสอบที่มีความยากเท่าเดิมจนถึงข้อที่ 38

เมื่อผู้สอบตอบข้อสอบข้อหนึ่งข้อใดในจำนวนข้อสอบที่เพิ่มเข้าไปได้ตามวิธีสะกิดการเก็บรักษา (อาจเป็นข้อสอบหมายเลข 16, 17 หรือ 33 ที่มีระดับความยาก .70) จะให้ตอบข้อสอบข้อที่ยากขึ้นไปอีก ตามรูปแบบการแยกทางที่แสดงไว้ กล่าวคือ ถ้าตอบข้อสอบหมายเลข 16 ในชั้นที่ 6 ถูก จะให้ตอบข้อสอบหมายเลข 17 ในชั้นที่ 7 ที่แสดงโดยเส้นประ ในภาพประกอบ 9b การแยกทางไปตอบข้อสอบข้อต่อไปก็เป็นไปตามเส้นประนั่นเอง โดยใช้ข้อสอบหมายเลขในวงเล็บ โดยวิธีดำเนินการเช่นนี้ผู้สอบแต่ละคน จะดำเนินการสอบโดยสมบูรณ์เมื่อให้ทำข้อสอบที่มีหมายเลขซ้ำกันครบทุกข้อแล้ว

ตามข้อเสนอของ มุสลีโอ ที่เกี่ยวกับโครงสร้างการสะกิดการสะท้อนกลับและโครงสร้างสะกิดการเก็บรักษานั้น สามารถนำไปใช้ได้กับวิธีการใช้ขนาดชั้นคงที่และขนาดชั้นแปรผัน ประโยชน์ที่สำคัญของวิธีการนี้คือ ประหยัดข้อสอบ เช่น แบบทดสอบรูปปริมาตรข้างตัดชนิด 60 ชั้น จะใช้ข้อสอบน้อยกว่า 25% ของจำนวนข้อสอบที่ต้องใช้กับโครงสร้างรูปปริมาตรที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ เมื่อโครงสร้างรูปปริมาตรข้างตัดใช้ระดับความยากข้อสอบ 7 ระดับ แบบทดสอบรูปปริมาตรมีความไวต่อผลการเดาน้อย ดังนั้นผู้สอบสามารถกลับไปทำข้อสอบตามทางเดินได้เร็วกว่า ความเป็นไปได้ภายหลังจากที่ประสบผลสำเร็จในการเดาในโครงสร้างมาตรฐานของแบบทดสอบรูปปริมาตร ข้อบกพร่องของวิธีสะกิดการย้อนกลับ และวิธีสะกิดการเก็บรักษาที่กล่าว เป็นการวัดความสามารถจริง ๆ ค่าเฉลี่ยของระดับความยากของข้อสอบในแบบทดสอบ ลดความสามารถของแบบทดสอบที่จะจำแนกความสามารถของผู้สอบที่มีความสามารถอยู่บริเวณสูงสุดหรือต่ำสุด

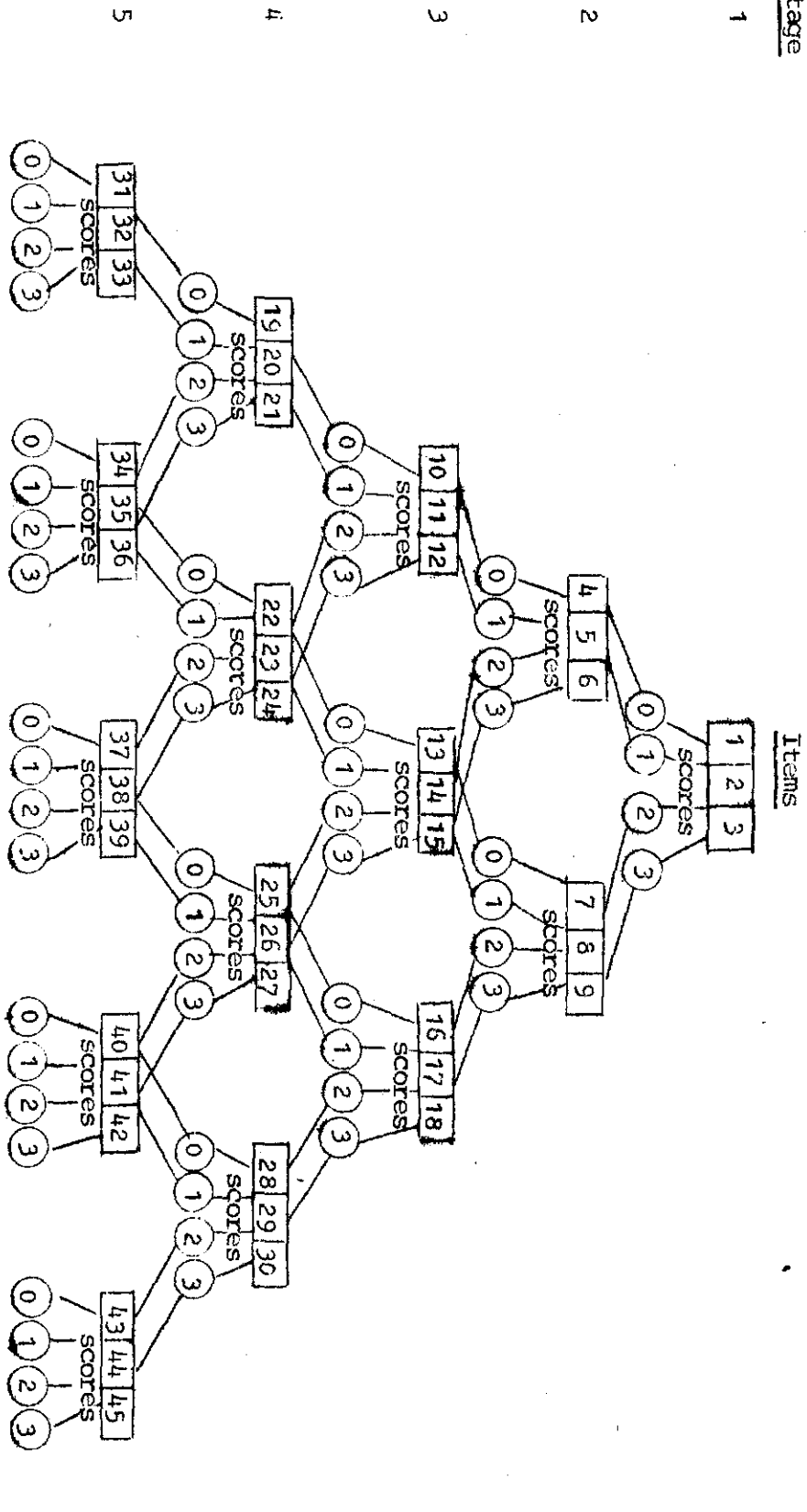
4. รูปจำลองที่มีข้อสอบหลายข้อในแต่ละชั้น (Multiple - Item Model)

ให้มีผู้เสนอความคิดใหม่ เช่น แกรทไวท์ล และฮายเชอร์ (1956) ลินน์ (1969) (Weiss. 1974 : 25) เสนอรูปจำลองการแยกทางรูปปราคที่มีจำนวนข้อมากกว่า 1 ข้อ ใน 1 ชั้น และให้พยายามปรับปรุงความเที่ยงตรงของการแยกทาง และลดจำนวนชั้นในรูปจำลองที่มีข้อสอบหลายข้อในแต่ละชั้น ในรูปจำลองนี้ข้อสอบทั้งหมดอยู่ในชั้นหนึ่ง ๆ จะรับเป็นคะแนนของข้อสอบก่อนเพื่อจัดดำเนินการเลือกตอบในชั้นถัดไป ภาพประกอบที่ 10 แสดงตัวอย่างของรูปจำลองที่มีข้อสอบหลายข้อในแต่ละชั้น ซึ่งมีข้อสอบสามข้อในแต่ละชั้น ข้อสอบ 3 ข้อแรก มีค่าความยากระหว่าง .55 กับ .45 ผู้สอบจะสอบทั้ง 3 ข้อ แต่ละข้อให้คะแนนแบบ 1--0 ผู้สอบได้คะแนน 0 หรือ 1 จะถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 4, 5 และ 6 ในชั้นที่ 2 ซึ่งมีความยากลดลงอยู่ระหว่าง .56 ถึง .65 ผู้สอบได้คะแนน 2 หรือ 3 ในชั้นที่ 1 จะถูกแยกให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 7, 8 และ 9 ในชั้นที่ 2 ซึ่งมีความยากมากขึ้น และมีค่าความยากอยู่ระหว่าง .44 ถึง .35 กระบวนการเช่นนี้จะประกอบด้วยข้อสอบ 3 ข้อ ในแต่ละชั้น ข้อสอบทั้ง 3 ข้อก็คือ คะแนนและการแยกทางไปยังชั้นต่อไปขึ้นอยู่กับจำนวนข้อที่ถูกทำอยู่ในชั้นที่มาก่อนในชั้นสุดท้าย (ชั้นที่ 5 ในภาพประกอบ 10) คะแนนของข้อสอบมักจะใช้ลำดับความกว้างของคะแนนสุดท้ายมากกว่าจะใช้จำนวนของชั้นที่เท่ากัน (แต่ไม่เท่ากับจำนวนของข้อสอบ) จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบถูกในชั้นสุดท้ายและค่าความยากของข้อสอบในชั้นนั้นจะถูกนำมาพิจารณาเป็นคะแนนโครงสร้างแบบทดสอบรูปปราคชนิด 5 ชั้น ทั้งภาพประกอบ 10 จะมีคะแนนที่เป็นไปได้ทั้งหมด 20 คะแนน รูปปราคชนิด 5 ชั้น จะมีคะแนนที่ได้รับสูงสุด 10 คะแนน อย่างไรก็ตาม แบบทดสอบรูปปราคที่มีข้อสอบหลายข้อในแต่ละชั้นผู้สอบต้องตอบทั้งสิ้น 15 ข้อ ในขณะที่แบบทดสอบรูปปราคชนิดที่มีข้อสอบหนึ่งข้อในแต่ละชั้น ซึ่งมี 5 ชั้นเท่านั้น ผู้สอบจะต้องตอบเพียง 5 ข้อเท่านั้น

โครงสร้างแบบทดสอบรูปปราคที่มีข้อสอบหลายข้อในแต่ละชั้นสามารถกำหนดได้หลายลักษณะ สามารถใช้ได้กับขนาดชั้นคงที่ หรือขนาดชั้นแปรผัน และใช้ได้กับจำนวนชั้นที่แยกทางไปยังข้อสอบข้อที่ยากขึ้นกับข้อที่ง่ายลงมีขนาดเท่ากันหรือไม่เท่ากัน นอกจากนั้นยังสามารถที่จะสร้างให้มีจำนวนข้อสอบในแต่ละชั้นไม่คงที่ด้วยก็ได้ แบบทดสอบนี้เป็นแบบที่มี

Stage

1



ภาพประกอบ 10 แสดงโครงสร้างการจำลองข้อสอบแบบจำลองแบบใช้ข้อสอบจำนวน 3 ข้อในแต่ละชั้น

การจำแนกคะแนนขั้นแรก ๆ ของการทดสอบ และมีการปรับอำนาจจำแนกในชั้นต่าง ๆ มา แม้ว่าจะใช้จำนวนข้อสอบน้อยข้อต่อชั้นในชั้นที่ถือว่าง่าย และใช้จำนวนข้อสอบหลายข้อต่อชั้นในชั้นถัด ๆ มา เนื่องจากในแต่ละชั้นมีค่าความยากกระจายออกไป ดังนั้น แต่ละชั้นจึงมีการกระจายของคะแนนเป็นรูปยอกแหลมเล็กน้อยหรือเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแคบ ๆ การตัดสินใจเพื่อแยกทางชั้นอยู่กับคะแนนในแต่ละชั้นที่สามารถแปรเปลี่ยนไปได้ ด้วยเหตุนี้ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันจึงขึ้นอยู่กับจำนวนข้อสอบที่ตอบถูกในแต่ละชั้น ดังนั้นแบบทดสอบรูปปिरามิดที่มีข้อสอบหลายข้อในแต่ละชั้นจึงถูกถ่ายกับเป็นส่วนร่วมระหว่างแบบจำลองชนิดสองชั้นกับแบบจำลองรูปปिरามิด

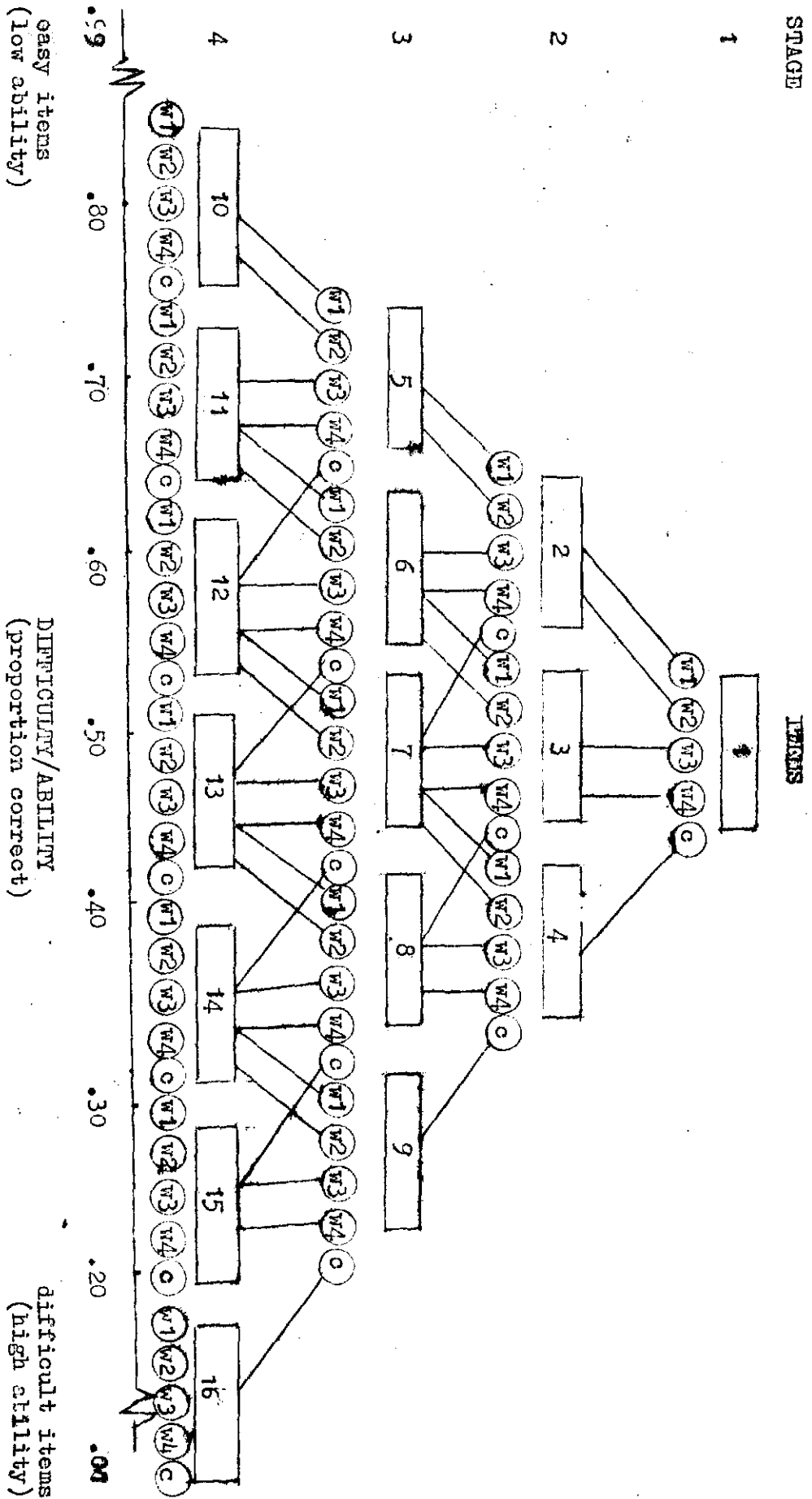
ประโยชน์ที่สำคัญของแบบทดสอบรูปปिरามิดที่มีข้อสอบหลายข้อในแต่ละชั้น ก็คือการทำให้มีจำนวนข้อสอบมากกว่า 1 ข้อ ในแต่ละชั้นเพื่อช่วยตัดสินใจในการแยกทางนั้น จะช่วยให้ได้รับผลจากการเดาถูกน้อยมาก คะแนนที่ได้จะได้จากจำนวนข้อสอบที่ได้ตอบจำนวนหลายข้อ ทำให้มีความเชื่อมั่นสูง เป็นการปรับปรุงการวัดผลที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

5. รูปแบบการให้น้ำหนักแก่ตัวเลือกของข้อสอบแยกทาง (Differential Response Option Branching)

จุดประสงค์ของกระบวนการนี้ก็คือ ต้องการให้รายละเอียดทั้งหมดในคำตอบของผู้สอบที่ตอบข้อสอบในแบบทดสอบ เพื่อแยกทางไปหาข้อสอบข้อต่อไป โดยให้ขึ้นอยู่กับความหนักเบาของการตอบผิดของคำตอบที่ตอบผิดแต่ละข้อ แบบจำลองนี้จะออกแบบเพื่อใช้กับข้อสอบแบบเลือกตอบ หรืออาจดัดแปลงเพื่อใช้กับข้อสอบที่ให้ตอบอย่างอิสระที่ซึ่งสามารถกำหนดค่าความยากให้กับแต่ละคำตอบได้ รูปแบบการให้น้ำหนักแก่ตัวเลือกของข้อสอบแยกทางนี้เสนอโดย เบย์รอฟฟ์ และซีลีย์ (Weiss. 1974 : 28 citing Bayroff and Seeley. 1967) โดยที่เขาใช้วิธีนี้กับชั้นที่ 1 เท่านั้น ในแบบทดสอบรูปปिरามิดชนิด 5 ชั้น ที่เขาทำการศึกษา

ภาพประกอบ 11 มีข้อสอบ 1 ข้อ ในชั้นที่ 1 มี 3 ข้อ ในชั้นที่ 2 มี 5 ข้อ ในชั้นที่ 3 และ 7 ข้อ ในชั้นที่ 4 จำนวนข้อสอบจะเพิ่มขึ้น 2 ข้อในแต่ละชั้นที่อยู่ถัดกันไป ข้อสอบดังกล่าวประกอบเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก จะมีคำตอบที่ถูกอยู่ 1 ตัวเลือก (C) และคำตอบที่ผิดอีก 4 ตัวเลือก (W1, W2, W3, W4) แทนตัวเลือกที่ผิดมากที่สุด

STAGE



ภาพประกอบ 11 แสดงโครงสร้างการจัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองทวิภาคีแบบใช้พหุคูณน้ำหนักแบบตัวเลือกเพื่อแยกทาง

ถ้วย พ1 และ พ4 แทนตัวเลือกที่ผิดน้อยที่สุดหรือเกือบจะถูกต้อง โดยถือเอากลุ่มคนปกติช่วยพิจารณา

ในขั้นที่ 1 ผู้สอบจะได้ตอบข้อสอบหมายเลข 1 ถ้าคำตอบถูก หรือ C ผู้สอบจะถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 4 ในขั้นที่ 2 ซึ่งเป็นข้อสอบที่ยากที่สุด ในขั้นที่ 2 ถ้าตอบตัวเลือกที่มีระดับความผิด พ1 หรือ พ2 ผู้สอบจะถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 2 ซึ่งง่ายขึ้น สำหรับผู้ตอบที่ตอบตัวเลือกที่มีระดับความผิด พ3 และ พ4 ซึ่งมีระดับความยากที่สูงกว่า พ1 และ พ2 แต่ยังคงไม่ถูกต้อง ผู้สอบจะถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 3 ซึ่งมีระดับความยากเท่ากับข้อสอบหมายเลข 1 ในขั้นที่ 1 ที่จัดแยกทางเช่นนี้ไม่มีเหตุผลว่า ผู้ที่จะเลือกตัวเลือกที่มีระดับความผิด พ3 และ พ4 ส่วนใหญ่จะมีความสามารถในการอยู่ในระดับเฉลี่ยของกลุ่มปกติ ส่วนผู้ที่มีระดับความสามารถที่สูงหรือต่ำกว่านี้ก็จะถูกจัดให้ไปตอบข้อสอบที่มีระดับความยากสูงหรือต่ำกว่า ซึ่งเหตุผลนี้มาจะยังไม่เหมาะสมนัก อย่างไรก็ตาม การแยกทางในขั้นต่อ ๆ ไปก็ยังคงอาศัยวิธีการเช่นเดียวกันนี้

ถ้าให้คะแนนผู้สอบจากการตอบแบบทดสอบนี้ โดยถือเอาตามตัวเลือกที่กำหนด น้ำหนักของความผิดในขั้นสุดท้ายแล้ว แบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 4 ชั้น ที่มีโครงสร้างตามรูปแบบนี้จะมีคะแนนที่แตกต่างกัน 35 คะแนน ขณะที่แบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 4 ชั้น ดังภาพประกอบ 5 จะมีคะแนนที่จะได้รับต่างกันเพียง 8 คะแนน แบบทดสอบรูปปริมาตรที่ให้น้ำหนักแก่ตัวเลือกของข้อสอบแยกทางจึงให้ประโยชน์เกี่ยวกับรายละเอียดของคำตอบของผู้สอบมากกว่า แบบทดสอบรูปปริมาตรที่มีการรวมตัวเลือกที่ผิดเป็นคะแนนเดียว เช่น ตอบข้อสอบถูกให้ 1 ตอบข้อสอบผิดให้ 0

ภาพประกอบ 11 เป็นเพียงรูปแบบหนึ่งของการให้น้ำหนักแก่ตัวเลือกของข้อสอบแยกทาง การแยกทางจะสมบูรณ์ที่สุดเมื่อทุก ๆ ตัวเลือกที่ผู้สอบได้ตอบ สามารถแยกทางโดยเฉพาะของมันเอง กล่าวคือ เดิมทีการแยกทางผู้สอบเมื่อผู้สอบเลือกตอบตัวเลือกที่มีระดับความผิด พ1 และ พ2 ในขั้นที่ 1 จะถูกจัดให้ไปตอบข้อสอบหมายเลข 2 ในขั้นที่ 2 ข้อเดียวกัน ก็จะดำเนินทางแยกทางใหม่ โดยผู้สอบที่ตอบตัวเลือกที่มีระดับความผิด พ1 จะได้ตอบข้อสอบที่มีระดับความยากน้อยกว่า ข้อสอบที่ผู้ตอบตัวเลือกที่มีระดับความยาก พ2

ในขั้นต่อไป ดังนี้เป็นต้น วิธีการเช่นนี้เมื่อใช้กับข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก ก็จะมีทางให้เลือกเพื่อแยกทางอยู่ถึง 5 วิธี แต่ที่แสดงทางแยกเพียง 3 ทาง ในภาพประกอบ 11 นับเป็นวิธีการแยกทางที่ง่ายที่สุด ซึ่งทำให้ได้รูปปริมาตรที่ไม่สมมาตร โดยมีทางเลือกที่มีโอกาสจะไปทางซ้ายได้มากกว่าทางขวา ดังนั้นจำนวนข้อสอบในกลุ่มข้อสอบ จึงจำเป็นต้องใช้มากกว่ากระบวนการแยกทางต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมา แลอย่างใดก็ตาม รูปแบบนี้ก็มีความถูกต้องในการวัดมีจำนวนข้อสอบที่ผู้สอบจะได้ตอบคงที่ และเป็นข้อสอบที่ได้รับการให้น้ำหนักตัวเลือกไว้ล่วงหน้าด้วยเหตุนี้รูปแบบการให้น้ำหนักแก่ตัวเลือกของข้อสอบแยกทางจึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง

วิธีการตรวจให้คะแนนในแบบทดสอบรูปปริมาตร

วิธีการตรวจให้คะแนนในแบบทดสอบรูปปริมาตรสามารถทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีขึ้นอยู่กับแนวทางเห็นในการแยกทางเพื่อตอบข้อสอบในขั้นถัดไป และขึ้นอยู่กับค่าความยากของข้อสอบที่ผู้สอบได้ตอบ ดังนั้นจึงมีข้อตกลงว่า กลุ่มข้อสอบที่จะนำมาจัดโครงสร้างตามแบบจำลองรูปปริมาตรนั้นจะต้องวัดในมิติเดียวกัน และมาตราวัดระดับความสามารถกับมาตราวัดระดับความยากของข้อสอบจะต้องแสดงอยู่ในมาตราวัดเดียวกัน (Weiss. 1974 : 30) วิธีการตรวจให้คะแนนสรุปได้ 7 วิธี คือ

1. ให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบข้อสุดท้ายที่ทำ (Difficulty of the final Item)

การให้คะแนนวิธีนี้มีข้อสมมติว่าเป็นการให้ตามความสามารถในการสอบที่ปฏิบัติได้สูงสุด คะแนนจะขึ้นหรือลงเมื่อมีการเดาตอบ และถ้ามีจำนวนข้อในแบบทดสอบมีน้อยขึ้น คะแนนที่ได้ก็จะน้อยเกินไป มีผลทำให้ได้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรที่ให้คะแนนโดยวิธีนี้กับแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ มีค่าต่ำ ค่าความเที่ยงตรงเชิงเบเรียมเทียบกับเกณฑ์ที่มีค่าต่ำ การให้คะแนนวิธีนี้จึงให้ประโยชน์ในทางปฏิบัติเพียง

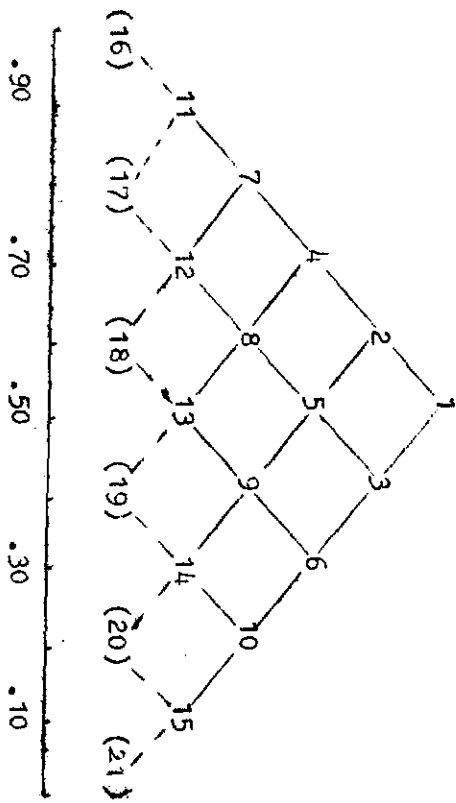
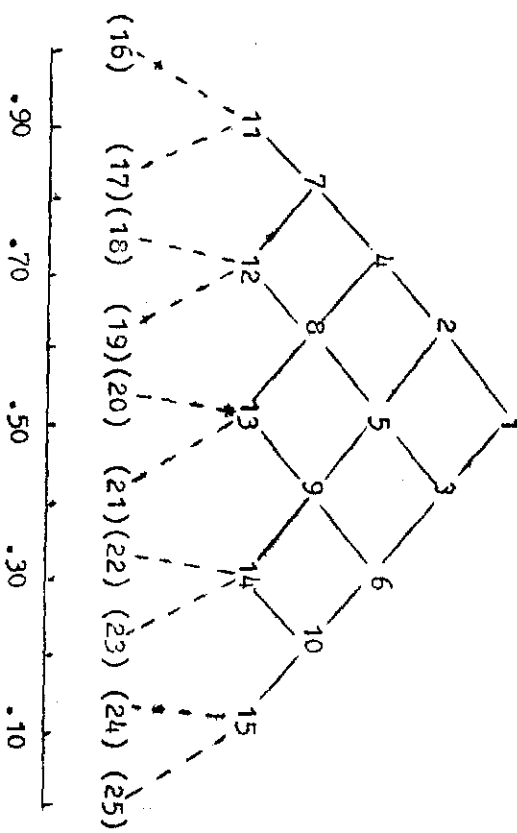
2. ให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบที่ถัดจากข้อสุดท้ายที่ทำ (Difficulty of $(N + 1)^{th}$ Item)

วิธีให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบข้อสุดท้ายที่ทำนั้นไม่จำเป็นต้องพิจารณาถึงคำตอบข้อสุดท้ายว่าถูกหรือผิด คะแนนของผู้สอบข้อสุดท้ายที่เป็นข้อเดียวกันจึงเท่ากันไม่ว่าผู้สอบเหล่านั้นจะตอบข้อสุดท้ายนั้นถูกหรือผิด การให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบที่ถัดจากข้อสุดท้ายที่ทำซึ่งสมมติว่าจะให้ทำต่อจะสามารถแยกให้เห็นถึงความแตกต่างของคะแนนผู้สอบที่ตอบข้อสุดท้าย (N^{th} Item) ถูกกับผู้สอบที่ตอบข้อสุดท้ายแต่ผิด การให้คะแนนวิธีนี้มีข้อสมมติว่า มีขั้นสุดท้ายที่ต่อจากขั้นที่ N ของแบบทดสอบจริง ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 12a ซึ่งเป็นแบบทดสอบรูปปิรามิด ชนิด 5 ขั้น

ภาพประกอบ 12a จะมีข้อสอบหมายเลข 11 ถึง 15 ในขั้นที่ 5 และจะมีขั้นที่ 6 ที่มีข้อสอบหมายเลข 16 ถึง 21 โดยมีข้อสอบที่สมมติขึ้นสำหรับพิจารณาคำตอบสุดท้ายของผู้สอบ ตัวอย่างเช่น ข้อสอบหมายเลข 12 มีค่าความยากของข้อสอบเท่ากับ .70 ซึ่งเป็นคะแนนที่ได้รับเมื่อให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบข้อสุดท้าย แต่สำหรับการให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบที่ถัดจากข้อสอบข้อสุดท้ายที่ทำแล้ว ถ้าผู้สอบตอบข้อสอบหมายเลข 12 ผิด คาดว่าจะต้องถูกแยกทางให้ไปทำข้อสอบหมายเลข 17 ซึ่งมีค่าความยากเท่ากับ .80 คะแนน .80 ก็จะเป็นคะแนนสุดท้ายที่ให้โดยวิธีนี้ และถ้าผู้สอบตอบข้อสอบหมายเลข 12 ถูกต้อง ก็จะได้คะแนนเท่ากับ .60 ซึ่งเป็นค่าความยากของข้อสอบที่สมมุติขึ้นหมายเลข 18 เป็นต้น การให้คะแนนวิธีนี้จะให้พิสัยของคะแนนเพิ่มขึ้นน้อย หากแบบทดสอบรูปปิรามิดนั้นมีจำนวนขั้นน้อย

3. ให้คะแนนตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้าย (Terminal - Right - Wrong)

วิธีการให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบที่ถัดจากข้อสุดท้ายที่ทำนั้น มีข้อสมมติว่า ผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อที่ง่ายกว่าถูกต้องจะมีความสามารถไม่แตกต่างจากผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อที่ยากกว่าแต่ตอบผิด แต่การให้คะแนนตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้ายนั้นถือว่าความสามารถของผู้สอบทั้งสองน่าจะแตกต่างกัน ภาพประกอบ 12b แสดงให้เห็นว่าข้อสอบในขั้นสุดท้าย (ขั้นที่ 5)

(a) Difficulty of n-ith ItemItems(b) Terminal "Right-Wrong" ScoringItems

easy items DIFFICULTY/ABILITY (proportion correct) difficult items easy items DIFFICULTY/ABILITY (proportion correct) difficult items

ภาพประกอบ 12 แสดงโครงสร้างของการให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบเรียงจากข้อสุดท้ายและการให้คะแนนตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้าย

แต่ละข้อสามารถแยกทางไปยังข้อสมมุติขึ้นในขั้นที่ 6 ให้อีก 2 ข้อ ตัวอย่างเช่น ข้อสอบ
หมายเลข 12 จะแยกทางไปยังข้อสอบที่สมมุติขึ้นหมายเลข 18 และ 19 ค่าความยากของ
ข้อสอบหมายเลข 18 จะต่ำกว่าค่าความยากของข้อสอบหมายเลข 12 ขณะที่ค่าความยากของ
ข้อสอบหมายเลข 19 จะสูงกว่าค่าความยากของข้อสอบหมายเลข 12 ดังนั้นถ้าผู้สอบตอบข้อสอบ
หมายเลข 12 ซึ่งเป็นข้อสุดท้ายในการทำแบบทดสอบและผู้สอบตอบผิด เขาจะให้คะแนนเท่ากับ
.75 เมื่อให้คะแนนโดยวิธีนี้

4. ให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ (Average Difficulty)

การให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ เสนอโดย ลอร์ด (Weiss.
1974 : 33 citing Lord. 1970) วิธีการคือ นำค่าความยากของข้อสอบทุกข้อที่ผู้สอบ
ตอบได้ ตอบโดยไม่คำนึงถึงว่าจะตอบถูกหรือผิดมาหาค่าเฉลี่ยเป็นคะแนน ลอร์ดไม่ได้ให้นำค่า
ความยากของข้อสอบข้อแรกมาคำนวณด้วย แต่จะนำค่าความยากของข้อสอบที่สมมุติขึ้นมาคำนวณ
ด้วย วิธีการให้คะแนนเช่นนี้จะให้รายละเอียดของคะแนนเช่นเดียวกับวิธีการให้คะแนน
ตามจำนวนข้อที่ตอบถูกในแบบทดสอบรูปปिरามิตที่ใช้ขนาดขั้นคงที่

ขณะที่คะแนนที่ได้จากวิธีการให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำจะมี
ค่าสูงกว่าวิธีการให้คะแนนบางวิธีเช่น มากกว่าคะแนนที่ได้ตามค่าความยากของข้อสอบข้อ
สุดท้ายที่ทำก็ตามก็ยังมิใช่ข้อจำกัดในการวัดระดับความสามารถที่แตกต่างกันอยู่ กล่าวคือ
วิธีการให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำจะเป็นการรวมจำนวนข้อสอบบริเวณ
ใกล้ ๆ กับระดับความสามารถที่สูงหรือต่ำมาก ตัวอย่างเช่น จากโครงสร้างแบบทดสอบ
รูปปिरามิตชนิด 5 ชั้น ในภาพประกอบ 12a ถ้าผู้สอบที่มีความสามารถสูงสุดตอบข้อสอบ
ถูกทั้งหมดเขาจะได้ตอบข้อสอบตามแนวแยกทางจากข้อสอบหมายเลข 1 ถึงข้อสอบหมายเลข 15
ข้อสอบที่สมมุติขึ้นข้อที่ $N + 1$ จะมีคะแนนสูงกว่า 10% ของค่าความสามารถเมื่อเขาตอบ
ข้อสอบที่มีค่าความยาก .10 ได้ถูกต้อง คะแนนที่ได้จากการให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ย
ของข้อสอบทุกข้อที่ทำยากเกินข้อแรก ในที่นี้คือข้อสอบหมายเลข 3, 6, 15 และ 21 จะเท่ากับ
.25

การให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยที่เสนอโดย ลอร์นีย์ยังคงรักษาคณะที่มีคั้งเดิมของวิธีการให้คะแนนวิธีอื่น ๆ ไว้ได้ ขณะที่คะแนนที่ให้มีค่ามาก อย่างไรก็ตามในกรณีที่ผู้สอบมีระดับความสามารถสูงแล้วยังคงให้ความหมายของคะแนนไว้ไม่ดีเท่ากับการให้คะแนนโดยวิธีอื่น ๆ และ เพราะว่าการให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยจะพิจารณาจากคำตอบทั้งหมดของผู้สอบ จึงจำเป็นต้องทำการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบหลายครั้งกว่าวิธีการให้คะแนนโดยวิธีอื่นที่ประมาณจากข้อสอบเพียงข้อเดียว

5. ให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก (Average Difficulty of All Items Answered Correctly of Average Difficulty Correct)

การให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกเป็นวิธีที่ช่วยจัดข้อบกพร่องของการให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ย โดยนำเอาเฉพาะข้อสอบที่ผู้สอบตอบถูกทั้งหมดนั้นมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะให้ความหมายของคะแนนเพื่อวัดระดับความสามารถของผู้สอบได้มากขึ้น คะแนนที่ได้โดยวิธีนี้จะมากพอ ๆ กับการให้คะแนนตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้าย หรือพอ ๆ กับการให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบที่มากที่สุด แต่คะแนนจะมีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้วิธีให้คะแนนตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้ายได้รวมเอาค่าความยากของข้อสอบที่ใช้ในการแยกทางไว้ด้วย วิธีการให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกจะมีความคงที่ของคะแนนและให้รายละเอียดของคะแนนมากกว่าวิธีการให้คะแนนตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้าย หรือมากกว่าวิธีการให้คะแนนตามค่าความยากของข้อสอบที่มากที่สุด อย่างไรก็ตามวิธีการให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกจะมีความไวต่อการเดาตอบของผู้สอบมากกว่าวิธีการให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยจึงอาจจะมีผลทำให้มีค่าความเชื่อมั่นต่ำลง

6. ให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ (All Item Score)

วิธีการให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ เสนอโดยแฮมเชน (Weiss. 1974 : 34 citing Hansen. 1969 : 211 - 213) การให้คะแนนวิธีนี้ไว้ไว้กับการประมาณค่าความเชื่อมั่นคงที่ภายใน ของแบบทดสอบรูปปรางค์ที่ทดสอบกับผู้สอบเป็นกลุ่ม ผู้สอบแต่ละคน

จะต้องตอบแบบทดสอบรูปปริมาตรตามทางเดินเพื่อแยกทางทุก ๆ ข้อ แบนเชน มีข้อตกลงว่า ค่าความยากของข้อสอบและระดับความสามารถของผู้สอบถือเป็นเรื่องเดียวกัน คะแนนที่ให้ กับข้อสอบทุกข้อ วิธีนี้จะให้ 2 คะแนน กับแต่ละข้อที่ตอบถูก และให้กับข้อสอบข้อที่ง่ายกว่า ข้อที่ตอบถูกในแต่ละชั้น ให้ 1 คะแนน สำหรับข้อสอบข้อถัดไปที่มีค่าความยากมากกว่าข้อที่ ตอบถูกในชั้นนั้น และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อสอบทุกข้อที่มีค่าความยากมากกว่าข้อที่ตอบถูก สำหรับข้อสอบที่ตอบผิด และข้อสอบแต่ละข้อที่มีความยากมากกว่าข้อที่ตอบผิดในชั้นเดียวกัน จะให้ 0 คะแนน ข้อสอบที่มีค่าความยากน้อยกว่าข้อสอบที่ตอบผิดที่อยู่ติดกันจะให้ 1 คะแนน และข้อสอบทุกข้อที่มีค่าความยากน้อยกว่าข้อที่ตอบผิดชั้นเดียวกันจะให้ 2 คะแนน แบนเชน ได้ให้เฉพาะวิธีการให้คะแนนเท่านั้น ส่วน สาร์กิบ และ ไวสส์ เป็นผู้ทำการวิจัย พบว่า คะแนนที่ได้โดยวิธีนี้มีความสัมพันธ์กับคะแนนที่ได้ตามค่าความยากเฉลี่ยซึ่งเสนอโดย ดอร์ค สูงถึง .99

7. วิธีให้คะแนนตามจำนวนข้อที่ตอบถูก (Number Correct)

วิธีให้คะแนนตามจำนวนข้อที่ตอบถูกวิธีนี้มีความไวต่อการเดาตอบของผู้สอบและ ถ้าแบบทดสอบมีจำนวนชั้นน้อย ๆ คะแนนที่ให้ก็จะน้อยเกินไป ทำให้ความเที่ยงตรงเชิง เปรียบเทียบกับเกณฑ์ค่าต่ำ จึงให้ประโยชน์ในทางปฏิบัติน้อย

ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบรูปปริมาตร

แบบทดสอบรูปปริมาตรวัดระดับความสามารถของผู้สอบได้กว้างกว่าแบบทดสอบชนิด 2 ชั้น เมื่อใช้ข้อสอบจำนวนน้อยข้อ กล่าวคือ ขณะที่แบบทดสอบชนิด 2 ชั้น จะต้องมีแบบทดสอบ แยกทาง ซึ่งอาจจะมีข้อสอบ 10 ข้อ ซึ่งจะต้องทำการทดสอบก่อนแบบทดสอบวัดผลจึงเป็น การเพิ่มจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ แต่แบบทดสอบรูปปริมาตรจะดำเนินการสอบเพียงครั้งเดียว ความสัมพันธ์อย่างต่ำ เนื่องของแบบทดสอบรูปปริมาตรเช่นนี้ทำให้มีศักยภาพในการวัดระดับความ สามารถของผู้สอบครอบคลุมได้กว้างกว่าแบบทดสอบชนิด 2 ชั้น และถ้าต้องการจะให้มีความศักยภาพ ในการวัดระดับความสามารถของผู้สอบในพิสัยที่เท่ากันแล้ว ยุทธวิธี 2 ชั้น จำเป็นต้องใช้จำนวน ข้อสอบที่มากกว่าจำนวนข้อสอบที่จะนำมาสร้างแบบทดสอบตามโครงสร้างรูปปริมาตรทุกแบบ ดังนั้น

ข้อสอบในกลุ่มข้อสอบที่จะนำมาสร้างแบบทดสอบรูปปริมาตร จะมีจำนวนน้อยกว่า เช่น แบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 10 ชั้น จะต้องใช้ข้อสอบจำนวน 55 ข้อ ส่วนแบบทดสอบชนิด 2 ชั้น ที่มีแบบทดสอบแยกทางชนิด 10 ข้อ และแบบทดสอบวัดผล 4 ฉบับ ๆ ละ 20 ข้อ จะต้องใช้ข้อสอบทั้งหมดจำนวน 90 ข้อ

ข้อจำกัดของการทดสอบตามแบบจำลองรูปปริมาตร มี 2 ประการ คือ ประการแรก คะแนนมีผลมาจากการเดาตอบข้อสอบถูกเมื่อข้อสอบเปิดโอกาสให้มีการเดา หรือมีผลกระทบมาจากการตอบข้อสอบผิดอันเนื่องมาจากข้อสอบวัดไม่ตรงกับความสามารถ ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนของการตอบข้อสอบ ดังนั้นถ้าผู้ตอบที่มีระดับความสามารถสูงมากตอบข้อสอบข้อหนึ่งผิดโดยไม่ตั้งใจเขาจะถูกแยกทางให้ไปตอบข้อสอบที่ง่ายขึ้น ทำให้ได้คะแนนจากการสอบน้อยกว่าที่ควรจะเป็น และไม่มีโอกาสที่จะได้คะแนนสูงกว่านี้อีกด้วย และถ้าผู้ตอบมีระดับความสามารถต่ำมากแต่กลับตอบข้อสอบข้อแรกถูกโดยการเดา เขาจะไม่ได้รับคะแนนต่ำสุด แต่จะได้รับคะแนนที่ไม่จริงสูงกว่าแทน อันเป็นผลจากมีโอกาสในการเดาตอบ ในขณะที่ผู้ตอบที่ไม่มีมากนักในแบบทดสอบชนิด 2 ชั้น

ข้อจำกัดประการที่สอง เนื่องจากการทดสอบชนิดเทเลอรัญญาทำให้ผู้ดำเนินการสอบจัดข้อสอบตามระดับความยากให้เหมาะสมกับผู้ตอบแต่ละคน ผลสำเร็จของจุดมุ่งหมายนี้ข้อสอบที่ใช้จะต้องมีระดับความยากที่ผู้ตอบถูกประมาณ 50% ของข้อสอบทั้งหมด ซึ่งเป็นข้อสอบที่ทำให้รายละเอียดเกี่ยวกับความสามารถของผู้สอบ แบบจำลองการทดสอบรูปปริมาตรอาจจะประสบความสำเร็จตามจุดประสงค์สำหรับผู้สอบที่มีระดับความสามารถอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ย คำตอบของผู้สอบจะแสดงถึงการประมาณระหว่างคำตอบที่ถูกกับคำตอบที่ผิด ถ้าความสามารถของผู้สอบเบี่ยงเบนไปจากระดับความยากเฉลี่ยของแบบทดสอบรูปปริมาตร ข้อสอบในแบบทดสอบจำนวนมากจะใช้เมื่อการแยกทาง ผู้สอบแต่ละคนให้ได้ว่าข้อสอบที่มีระดับความยากที่เหมาะสม ทำให้มีข้อสอบจำนวนน้อยที่จะให้รายละเอียดสูงสุดในการตอบข้อสอบในแบบทดสอบ ที่ระดับสูงสุดหรือต่ำสุดในแบบทดสอบรูปปริมาตร ข้อสอบทุกข้อที่ผู้สอบได้ตอบถูกใช้สำหรับการแยกทาง จึงไม่มีข้อสอบใดที่จะช่วยให้เห็นถึงระดับความยากที่เหมาะสม ในการวัดค่าของข้อสอบที่ผู้สอบตอบถูกจะมีค่า 0 หรือ 1 เมื่อเปรียบเทียบทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ทั้งสองทฤษฎีต้องการ

สัดส่วนของข้อสอบที่ผู้สอบมีโอกาสตอบถูกเท่ากับ .05 ยุทธวิธีการทดสอบรูปปิรามิดสะควกที่จะชี้ให้เห็นถึงระดับความสามารถของผู้สอบที่สูง ๆ หรือต่ำ ๆ แต่ไม่สามารถชี้ให้เห็นว่าระดับความสามารถของผู้สอบนั้นสูงหรือต่ำจริงหรือไม่ หากแบบทดสอบรูปปิรามิดมีจำนวนขึ้นมาก ๆ ก็จะมีข้อจำกัดในการจัดเตรียมข้อสอบในกลุ่มข้อสอบที่จะต้องมีความหลากหลาย ถ้าไม่คำนึงถึงจำนวนชั้นของรูปปิรามิดแล้วการวัดระดับความสามารถของผู้สอบที่มีระดับความสามารถสูง ๆ หรือต่ำ ๆ จะขึ้นอยู่กับจำนวนข้อสอบน้อยข้อ โดยที่จำนวนข้อสอบลดลงเมื่อระยะที่ห่างจากศูนย์กลางของรูปปิรามิดเพิ่มขึ้น เหตุนี้ทำให้การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบมีความเที่ยงตรงต่ำ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบรูปปิรามิด

ลาร์กิน และ ไวส์ (Larkin and Weiss. 1974 : 1 - 59) ให้สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบรูปปิรามิดไว้ 3 ด้าน คือ การศึกษาเชิงประจักษ์นิยม (Empirical Studies) การศึกษาในสถานการณ์จำลอง (Simulation Studies) และการศึกษาเชิงทฤษฎี (Theoretical Studies) ดังรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษาเชิงประจักษ์นิยม

ลาร์กิน และ ไวส์ (Larkin and Weiss. 1975 : 1 - 27) ได้ศึกษาเปรียบเทียบแบบทดสอบชนิด 2 ชั้น กับแบบทดสอบรูปปิรามิด โดยแบบทดสอบทั้งสองสร้างจากกลุ่มข้อสอบจำนวน 369 ข้อ ซึ่งข้อสอบเป็นแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก ตามเกี่ยวกับคำศัพท์ต่ำกว่าระดับวิทยาลัย กลุ่มข้อสอบพิจารณาจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถามแต่ละข้อจะมีค่าสัมประสิทธิ์อิสระสัมพัทธ์แบบไมราเริ่มตั้งแต่ .30 ขึ้นไป แบบทดสอบชนิด 2 ชั้น ประกอบด้วยแบบทดสอบแยกทางจำนวน 10 ข้อ ผู้สอบที่ทำแบบทดสอบแยกทางได้ 0 - 4, 5 - 6, 7 - 8 และ 9 - 10 คะแนน จะถูกกำหนดให้แยกไปตอบแบบทดสอบวัดผลในชุดที่ง่ายสุด หรือชุดที่ยากขึ้นชุดใดชุดหนึ่งตามลำดับของคะแนน แบบทดสอบวัดผลมี 4 ชุด ๆ ละ 30 ข้อ การให้คะแนนแบบทดสอบชนิด 2 ชั้น ใช้วิธีประมาณค่าความสามารถตามวิธีของลอว์ค

แบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้ศึกษามี 3 ฉบับ แต่ละฉบับมี 15 ชิ้น มีค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันคงที่ ในกฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1/ลด 1 ใช้วิธีการใช้คะแนน 4 วิธี คือ ให้ตามจำนวนข้อที่ตอบถูก ให้ตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ ให้ตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก และให้ตามค่าความยากของข้อสอบข้อสุดท้ายที่ทำ คำใบ้การสอบโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ทดสอบกับนักศึกษา 111 คน

ผลการศึกษาพบว่า ในการทดสอบคะแนนเฉลี่ยที่ได้รับจากการจัดลำดับการทดสอบ ก่อนหลังระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตร กับแบบทดสอบชนิด 2 ชิ้น โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ปรากฏว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงถือได้ว่าการจัดให้ผู้สอบได้สอบแบบทดสอบชนิดใดก่อนจะไม่มีผลกระทบต่อคะแนนที่ได้รับ

ความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตรกับแบบทดสอบชนิด 2 ชิ้น พบว่าค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน-โปรดักโมเมนต์ เท่ากับ .34, .31, .79 และ .63 ซึ่งเป็นค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตรที่ให้คะแนนตามวิธีที่ 1 ถึง 4 กับคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบชนิด 2 ชิ้น ตามลำดับ เกี่ยวกับค่าความเชื่อมั่นคงที่ภายในใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของ ขอยซ์ พบว่า แบบทดสอบชนิด 2 ชิ้นนี้ แบบทดสอบแยกทางมีค่า .72 (10 ข้อ กลุ่มตัวอย่าง 111 คน) และแบบทดสอบวัดผลฉบับที่ 1 ถึง 4 มีค่า .84, .66, .75 และ .72 ตามลำดับ (ทุกฉบับมี 30 ข้อ และมีจำนวนตัวอย่าง 21, 20, 27 และ 43 คน ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่า แบบทดสอบวัดผลที่มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยมากที่สุดจะมีค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด (แบบทดสอบวัดผลฉบับที่ 2) แบบทดสอบที่มีค่าความยากเฉลี่ยมากที่สุด จะมีค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (แบบทดสอบวัดผลฉบับที่ 1) ส่วนแบบทดสอบวัดผลฉบับที่ 4 ที่มีค่าความยากเฉลี่ยน้อยที่สุด จะมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับค่าความยากของแบบทดสอบแยกทาง

* ค่าสหสัมพันธ์ภายในของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตรโดยใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน-โปรดัก โมเมนต์ พบว่า ความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้ตามวิธีที่ 2 กับวิธีที่ 3 มีค่าสูงสุดถึง .99 คะแนนที่ได้ตามวิธีที่ 1 มีความสัมพันธ์ต่ำสุดกับคะแนนที่ได้ตามวิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 แต่มีความสัมพันธ์สูงกับคะแนนที่ได้ตามวิธีที่ 4 คะแนนที่ได้ตามวิธีที่ 4 มีความสัมพันธ์ปานกลางกับคะแนนที่ได้ตามวิธีที่ 2 และวิธีที่ 3

ลาร์กิน และ ไวสส์ (Larkin and Weiss. 1974 : 10 - 43) ให้นักศึกษาแบบทดสอบรูปปริมาตร 3 ฉบับ กับแบบทดสอบชนิดกึ่งเดิม 1 ฉบับ ซึ่งมีข้อสอบจำนวน 40 ข้อ และให้รับค่าการคาดเดาแล้ว มีค่าความยากตั้งแต่ $-.957$ ถึง 1.156 แบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับมี 15 ข้อ มีรูปแบบการแยกทางคงที่ และมีค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันคงที่ และแต่ละชุดใช้กฎการแยกทางแบบเพิ่ม 1/ลด 1 แต่ละชุดมีจำนวนข้อสอบ 120 ข้อ โดยจัดระดับความยากของข้อสอบออกเป็น 29 กลุ่ม ช่วงระดับความยากกระจายตั้งแต่ -2.86 ถึง 2.95 ให้คะแนนแบบทดสอบรูปปริมาตร 6 วิธี คือ ให้ตามจำนวนข้อที่ตอบถูก ให้ตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ ให้ตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก ให้ตามค่าความยากของข้อสอบข้อสุดท้ายที่ทำ ให้ตามค่าความยากของข้อสอบที่ถัดจากข้อสุดท้ายที่ทำซึ่งสมมุติว่าจะให้ทำต่อ และให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ ข้อสอบเป็นแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก เป็นข้อสอบเกี่ยวกับคำศัพท์ ที่อยู่ในระดับวิทยาลัย โดยมีข้อสอบในกลุ่มข้อสอบจำนวน 369 ข้อ ดำเนินการทดสอบโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

การทดสอบระยะที่ 1 แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 และ 2 มีจำนวน 125 คนเท่ากันและทำการทดสอบแบบทดสอบรูปปริมาตรฉบับที่ 1 กับแบบทดสอบกึ่งเดิมเหมือนกัน กลุ่มที่ 3 จำนวน 142 คน ทำการทดสอบแบบทดสอบรูปปริมาตรฉบับที่ 3 กับแบบทดสอบปรับระดับขึ้น การทดสอบระยะที่ 2 ทั้งช่วงห่างจากการทดสอบระยะแรก 7 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม 1 และ 2 ให้มาจากการสุ่มจากกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 เดิม และให้กลุ่มที่ 1 จำนวน 112 คน ทำการทดสอบแบบทดสอบรูปปริมาตรฉบับที่ 2 กับแบบทดสอบกึ่งเดิม ส่วนกลุ่มที่ 3 จำนวน 138 คน จัดให้ทำการสอบแบบทดสอบรูปปริมาตรฉบับที่ 3 กับแบบทดสอบชนิด 2 ขึ้น ผลการศึกษาพบว่า คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตรกับแบบทดสอบกึ่งเดิม อันเนื่องมาจากการแบ่งกลุ่มในการจัดดำเนินการทดสอบก่อนหลังไม่แตกต่างกัน

ในด้านความเชื่อมั่นคงที่ภายใน พบว่า เมื่อใช้วิธีของ ขอยย แบบทดสอบกึ่งเดิม 40 ข้อ จะมีค่าความเชื่อมั่นคงที่ภายในเท่ากับ $.89$ และ $.90$ เมื่อทำการทดสอบในระยะแรก และระยะที่ 2 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มความยาวของแบบทดสอบกึ่งเดิมเป็น 120 ข้อ ตามวิธีการ

ของสเปียร์แมน บรานน์ พบว่า ค่าความเชื่อมั่นจะเพิ่มขึ้นเป็น .96 ในการทดสอบทั้งสองระยะ ค่าความเชื่อมั่นทั้งที่ภายในของแบบทดสอบรูปปริมาตรที่ให้คะแนนวิธีที่ 6 จะมีค่าสูงที่สุดถึง .99 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบเดิมครั้งนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบรูปปริมาตร ฉบับที่ 1 ที่ให้คะแนนวิธีที่ 6 มีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบดั้งเดิมสูงกว่าแบบทดสอบรูปปริมาตรฉบับอื่น และที่ให้คะแนนโดยวิธีอื่น ๆ ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์สูงถึง .86 แบบทดสอบรูปปริมาตรฉบับที่ 1 และ 2 ที่ให้คะแนนวิธีที่ 1 และ 5 จะมีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบดั้งเดิมต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากการให้คะแนนวิธีต่าง ๆ ของแบบทดสอบรูปปริมาตร ซึ่งรวมไปถึงการทดสอบทั้งสองระยะ พบว่า คะแนนที่ได้จากการให้คะแนนวิธีที่ 2 มีความสัมพันธ์กันสูงมาก กับคะแนนที่ได้โดยวิธีที่ 6 คะแนนที่ได้โดยวิธีที่ 1 จะมีความสัมพันธ์สมบูรณ์ (1.00) กับคะแนนที่ได้โดยวิธีที่ 5 และคะแนนที่ได้โดยวิธีที่ 6 จะมีความสัมพันธ์สูงกับคะแนนที่ได้โดยวิธีอื่น ๆ และสูงมากกว่าความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้โดยวิธีอื่น ๆ

แลร์คินไวท์ และ ฮายเชอร์ (Larkin and Weiss. 1974 : 4 citing Krathwohl and Huyser. 1956) ได้ศึกษาแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 8 ชิ้น ๆ ละ 1 ข้อ และแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 4 ชิ้น ๆ ละ 2 ข้อ เปรียบเทียบกับแบบทดสอบดั้งเดิม ซึ่งมี 60 ข้อ ที่มีคุณลักษณะเช่นเดียวกับข้อสอบที่สร้างแบบทดสอบรูปปริมาตร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาวิทยาลัย 100 แห่ง พบว่า แบบทดสอบรูปปริมาตรต้องใช้เวลาใช้คำชี้แจงมาก แต่ใช้เวลาในการสอบน้อยกว่าแบบทดสอบดั้งเดิม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 8 ชิ้น ๆ ละ 1 ข้อ กับแบบทดสอบดั้งเดิม มีค่า .78 และ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 4 ชิ้น ๆ ละ 2 ข้อ กับแบบทดสอบดั้งเดิมมีค่า .68

เบย์รอฟฟ์ โทมัส และ แอนเดอร์สัน (Larkin and Weiss. 1974 : 4 citing Bayroff and others. 1960) ได้ศึกษาในลักษณะใกล้เคียงกับแลร์คินไวท์ โดยสร้างแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 6 ชิ้น 4 ฉบับ ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันลดลงเรื่อย ๆ คำตอบจากตัวเลือกในชั้นที่หนึ่งของผู้ตอบในชั้นที่ 1 จะเป็นตัวชี้ทางเลือกข้อสอบข้อต่อไปในชั้นที่ 2 ซึ่งมี 3 ข้อ ถ้าผู้ตอบข้อ 1 ถูก จะถูกกำหนด

ให้ทำข้อที่ยากขึ้นในชั้นที่ 2 ถ้าคำตอบของผู้สอบมีเหตุผลพอฟังไว้จะถูกกำหนดให้ตอบข้อสอบในชั้นที่ 2 ที่มีค่าความยากเท่ากับข้อแรกในชั้นที่ 1 และถ้าตอบผิดจะถูกกำหนดให้ตอบในข้อที่ง่ายกว่าข้อสอบข้อแรกในชั้นที่ 1 อีก 4 ชั้นที่เหลือคือชั้นที่ 3 ถึง 6 ดำเนินการตามปกติ คือเพิ่มหนึ่งระดับเมื่อทำถูกหรือลดหนึ่งระดับเมื่อทำผิด และในปี ค.ศ. 1969 ซีเลย์ และคณะ (Larkin and Weiss. 1974 : 4 citing Seeley and others. 1962) ก็ได้สร้างแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 6 ชั้นเช่นกัน เป็นแบบทดสอบเกี่ยวกับภาษาและตัวเลข ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 327 คน ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตรกับคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบดั้งเดิมเท่ากับ .63 การกระจายของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตรนั้นมีความเบ้สูง และมีจำนวนมากที่บริเวณปลายสุดของโค้งการกระจาย แสดงให้เห็นว่า ผู้สอบที่มีความสามารถต่ำจะไม่สามารถทราบได้เมื่อทดสอบตามรูปแบบทางเดิมตามที่กำหนด

วูด (Larkin and Weiss. 1974 : 5 citing Wood. 1969) ได้ศึกษาแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 4, 5 และ 6 ชั้น โดยดำเนินการสอบแบบเขียนตอบ ทดสอบกับนักเรียน 91 คน มีค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันมีค่าคงที่เท่ากับ .05 ใช้วิธีเพิ่ม 1/ลด 1 ให้คะแนนตามจำนวนข้อที่ตอบถูก ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบหาได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากคะแนนแบบทดสอบรูปปริมาตรกับเกรดในชั้นเรียน พบว่า มีค่าเท่ากับ .35 เมื่อรวมคะแนนจากแบบทดสอบรูปปริมาตร 3 ฉบับเข้าด้วยกันค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะสูงขึ้นเป็น .51 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบดั้งเดิมจำนวน 46 ข้อ กับเกรดในชั้นเรียนเท่ากับ .63 และเมื่อใช้แบบทดสอบดั้งเดิมเพียง 15 ข้อ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับเกรดในชั้นเรียนจะเท่ากับ .52 วูดสรุปว่า แบบทดสอบดั้งเดิมจะดีกว่าแบบทดสอบรูปปริมาตรที่มีส่วนประกอบเป็นข้อสอบที่วัดในสิ่งเดียวกัน

เบย์รอฟฟ์ และ ซีเลย์ (Larkin and Weiss. 1974 : 5 citing Bayroff and Seeley. 1967) ได้สร้างแบบทดสอบรูปปริมาตร ชนิด 8 ชั้น ๑ ละ 1 ข้อ 2 ฉบับ ซึ่งเป็นแบบทดสอบเกี่ยวกับตัวพิมพ์ของเครื่องรับโทรเลข โดยให้ค่าความแตกต่างระหว่าง

ค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันมีค่าคงที่ เท่ากับ .05 และค่าความยากของข้อสอบในชั้นสุดท้าย อยู่ในช่วง .95 ถึง .20 คะแนนของแบบทดสอบคิดจากคำตอบที่ถูกหรือผิดในการตอบข้อสุดท้ายของแบบทดสอบ ซึ่งมีอยู่ 17 คำ และผู้ตอบจะต้องตอบแบบทดสอบตั้งแต่ข้อทุกข้อพร้อมกันไปด้วย โดยมีข้อสอบตัวเลข 40 ข้อ และภาษา 50 ข้อ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 102 คน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบรูปปริมาตร กับแบบทดสอบดั้งเดิมมีค่า .83 และมีค่า .79 เมื่อแบบทดสอบดั้งเดิมมีเพียง 8 ข้อ และมีค่า .75 และ .67 เมื่อแบบทดสอบดั้งเดิมแยกพิจารณาเฉพาะชุดตัวเลข 40 ข้อ และชุดภาษา 50 ข้อ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแบบทดสอบรูปปริมาตรมีความสัมพันธ์สูงกับแบบทดสอบดั้งเดิมที่มีจำนวนมากข้อ และสูงกว่าความสัมพันธ์กับแบบทดสอบดั้งเดิมที่มีระดับความยากของข้อสอบใกล้เคียงกัน และเมื่อใช้สูตรของสเปียร์แมน พบว่า แบบทดสอบดั้งเดิมที่มีหลาย ๆ ข้อ กับแบบทดสอบรูปปริมาตรเมื่อนำมาทดสอบด้วยวิธีเขียนตอบ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้ก็ยังคงเดิม

แลนเกน (Larkin and Weiss. 1974 : 5 citing Hansen. 1969)

ได้สร้างแบบทดสอบรูปปริมาตร 5 ชนิด เกี่ยวกับหัวพิมพ์ของเครื่องรับโทรเลข และนำไปทดสอบกับนักศึกษาวิทยาลัย 1 จำนวน 56 วิทยาลัย จำนวนชิ้นของแบบทดสอบแต่ละชุดอาจเป็น 3 หรือ 4 ชิ้น ทั้งขึ้นอยู่กับคำตอบของนักศึกษาแต่ละคน ซึ่งจะตอบทั้งสิ้น 17 ข้อ ใช้ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันมีค่าคงที่เท่ากับ .10 การให้คะแนนมี 4 วิธี จากการศึกษาคพบว่า คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตรมีความสัมพันธ์กับคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบในชั้นเรียนที่ใช้เวลา 1 ชั่วโมง โดยมีเนื้อหาเดียวกัน และทดสอบก่อน 1 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังสัมพันธ์กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อื่น ๆ และสัมพันธ์กับเกรดการเรียนด้วย แบบทดสอบดั้งเดิมแม้จะมีการปรับช่วงค่าความยากแล้วก็ตาม พบว่าค่าความคงที่ภายในเชื่อถือได้ต่ำกว่าแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 5 ฉบับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบรูปปริมาตรมีความเหมาะสมในด้านเวลาที่ใช้ ซึ่งโดยเฉลี่ยประมาณ 5 นาที น้อยกว่าเวลาที่ใช้ทำแบบทดสอบดั้งเดิม คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตร 2 วิธี ปรากฏว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบดั้งเดิม เมื่อพิจารณาร่วมกับเกรดการเรียน และแบบทดสอบอิงเกณฑ์วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การศึกษาในครั้งนี้ก็ยังคงให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งแรก

เบย์สัน (Larkin and Weiss. 1974 : 6 citing Bayson. 1971)
ได้ศึกษาเปรียบเทียบแบบทดสอบรูปปริมาตร ชนิด 5 ชั้น 2 ชุด กับแบบทดสอบดั้งเดิม 2 ชุด ๓
ละ 5 ข้อ สร้างจากข้อสอบที่สัมพันธ์กัน จำนวน 100 ข้อ แบบทดสอบดั้งเดิมดำเนินการสอบ
โดยการเขียนตอบ ขณะที่แบบทดสอบรูปปริมาตรดำเนินการสอบโดยเครื่องคอมพิวเตอร์
แบบทดสอบชุดหนึ่งใช้วิธีเลือกลำดับข้อสอบที่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของข้อสอบมากที่สุดสำหรับ
ผู้ที่ทำได้ถึงจุดที่กำหนดไว้ในโครงสร้างของแบบทดสอบรูปปริมาตร ขณะที่แบบทดสอบรูปปริมาตร
อีกชุดหนึ่งใช้กระบวนการเลือกข้อสอบโดยการนำค่าสูงสุดของคะแนนรวม แบบทดสอบทั้ง
2 ฉบับ ใช้ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันแบบแปรผัน
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา จำนวน 236 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม เปรียบแบบทดสอบชนิดดั้งเดิม
ทั้ง 2 ชุด ไปทดสอบกับกลุ่มเปรียบเทียบจำนวน 250 คน ปรากฏว่า แบบทดสอบดั้งเดิมขนาด
สั้นชุดหนึ่งมีความสัมพันธ์สูงกับคะแนนในการทดสอบ และสูงกว่าความสัมพันธ์กับแบบทดสอบ
รูปปริมาตร แบบทดสอบรูปปริมาตร ชุดหนึ่งมีความสัมพันธ์ต่ำกับคะแนนรวมของแบบทดสอบ และ
ต่ำกว่าความสัมพันธ์กับแบบทดสอบชนิดดั้งเดิม

2. การศึกษาในสถานการณ์จำลอง

การศึกษาสถานการณ์จำลองนี้จะรวมไปถึงการใช้คะแนนของแบบทดสอบชนิดดั้งเดิม
ซึ่งจะกระทำเช่นเดียวกับแบบทดสอบรูปปริมาตร หรือการใช้คอมพิวเตอร์จำแนกความสามารถ
ของผู้สอบ การจัดเลือกลำดับข้อสอบ และ/หรือการบันทึกคำตอบที่ผู้สอบตอบด้วย

เบย์สัน (Larkin and Weiss. 1974 : 6 citing Bayson. 1971)
ได้ตรวจสอบผลการศึกษารูปแบบเดิมโดยการดำเนินการใช้คะแนนแบบทดสอบชนิดดั้งเดิม 2 ชุด
เช่นเดียวกับแบบทดสอบรูปปริมาตร 4 ชุด นำไปทดสอบกับคน 100 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม
พบว่า มีความสัมพันธ์สูงมากกับคะแนนรวมของแบบทดสอบ เมื่อใช้กับแบบทดสอบรูปปริมาตร
ชุดหนึ่งใน 2 ชุด ส่วนแบบทดสอบรูปปริมาตรอื่น ๆ จะมีความสัมพันธ์ที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ
แบบทดสอบดั้งเดิมชุดหนึ่ง และสูงกว่าความสัมพันธ์กับอีกชุดหนึ่ง ข้อค้นพบนี้ช่วยสนับสนุนการ
ทดสอบรูปปริมาตรมากกว่าการศึกษาแบบเดิม

ลินน์ และคนอื่น ๆ (Larkin and Weiss. 1974 : 6 citing Linn and others. 1969) ได้ศึกษาความแตกต่างของยุทธวิธีแยกต่าง 7 วิธี โดยใช้คอมพิวเตอร์ ศึกษาแก่นักเรียน 4,885 คน แบบทดสอบดั้งเดิมมี 190 ข้อ ในแต่ละยุทธวิธีข้อสอบที่นำมาใช้ จะเลือกมาเฉพาะข้อสอบที่เหมาะสมกับผู้สอบแต่ละคน ยุทธวิธีแยกต่าง 5 ยุทธวิธีแรก เป็น แบบ 2 ชั้น (Two - Stage) อีก 2 วิธี เป็นแบบไพรมิค ซึ่งไพรมิคแบบแรกเป็นแบบ 10 ชั้น ที่มีความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันประมาณ .02 ($p = .02$) และไพรมิครูปที่ 2 เป็นแบบ 5 ชั้น โดยที่แต่ละชั้นมีข้อสอบ 5 ข้อ นั่นคือ ผู้สอบแต่ละคนจะต้องทำข้อสอบในทางแยกใดทางแยกหนึ่งเป็นจำนวน 25 ข้อ แบบทดสอบรูป ไพรมิคทั้ง 2 จะใช้วิธีแยกทางแบบเพิ่ม/ลดเท่ากัน แบบทดสอบรูปไพรมิคจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับแบบทดสอบดั้งเดิมขนาดสั้น 5 ชุด ซึ่งมีจำนวนข้อสอบ 10 ถึง 50 ข้อ ผลการศึกษพบว่า แบบทดสอบรูปไพรมิคชนิด 10 ชั้น มีความสัมพันธ์ .67 กับคะแนนรวมของแบบทดสอบ .95 กับแบบทดสอบรูปไพรมิคชนิด 25 ข้อ และ .89 ถึง .96 กับแบบทดสอบดั้งเดิมขนาดสั้นทั้ง 5 ชุด แบบทดสอบรูปไพรมิคชนิด 25 ข้อ มีความสัมพันธ์กับคะแนนรวมของแบบทดสอบ ซึ่ง สอดคล้องกับความสัมพันธ์กับแบบทดสอบดั้งเดิมที่มีข้อสอบ 35 ข้อ นอกจากนี้ ลินน์ และคณะ ได้ทำการศึกษากับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ 2 ชุด โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเดียวกันเพื่อใช้เป็น เกณฑ์การวัด พบว่า แบบทดสอบรูปไพรมิคชนิด 10 ชั้น มีความสัมพันธ์กับเกณฑ์การวัดสูงกว่า ความสัมพันธ์กับแบบทดสอบดั้งเดิมที่มีความยาวเท่ากัน ในทำนองเดียวกันนี้ แบบทดสอบรูป ไพรมิค ชนิด 5 ชั้น ที่มีข้อสอบ 25 ข้อ จะมีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบถึงเกณฑ์ทั้ง 2 ชุด สูงกว่าแบบทดสอบดั้งเดิมที่มีข้อสอบ 50 ข้อ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า แบบทดสอบรูปไพรมิค ที่มีข้อสอบจำนวนน้อยข้อจะมีความเที่ยงตรงเมื่อเปรียบเทียบกับแบบทดสอบดั้งเดิม

แพทเทอร์สัน (Larkin and Weiss. 1974 : 7 - 8 citing Paterson. 1962) ได้ศึกษายุทธวิธีไพรมิค กับคอมพิวเตอร์ ข้อสอบที่ใช้จะพิจารณาจากค่าความยากและ ค่าอำนาจจำแนกประกอบด้วย โดยที่ข้อสอบข้อแรกจะมีระดับความยากที่แตกต่างกันมาก และใน ข้อถัด ๆ ไป ระดับความแตกต่างของค่าความยากจะค่อย ๆ ลดลง ค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันจะแปรผันตามค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ ถ้าข้อสอบมี

อำนาจจำแนกสูง และผู้สอบข้อสอบถูกค่าความยากของข้อสอบข้อใดไม่ที่จะได้ตอบจะเพิ่มมากขึ้น ห่วงงวนเกี่ยวกัน ถ้าผู้สอบข้อสอบผิด ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบข้อใดไปในชั้นที่อยู่ติดกันจะเริ่มจากรางมากก่อน และลดลงเมื่อผู้สอบทำข้อสอบตามโครงสร้างของรูปปริมาตรที่กำหนดนี้ แพทเทอร์สัน ใช้แบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 6 ชั้น เปรียบเทียบกับแบบทดสอบดั้งเดิมที่มีข้อสอบ 6 ข้อ ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 1,500 คน โดยจัดเป็นกลุ่มตามระดับความสามารถ 15 ระดับ ๗ ละ 100 คน ใช้ทฤษฎีการทดสอบ 2 วิธี สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบทดสอบรูปปริมาตรนั้น ไม่มีผลกระทบกระเทือนมากนักในการกระจายของคะแนนที่ได้รับจากแบบทดสอบ แบบทดสอบรูปปริมาตรให้การประมาณความสามารถได้ดีกว่าแบบทดสอบดั้งเดิม เมื่อสมมติโดยวิธีการกระจายความสามารถแบบยู (U - Shape) หรือการกระจายความสามารถรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า นอกจากนี้คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตรจะมีความเที่ยงตรงมากกว่าคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบดั้งเดิม โดยเฉพาะกรณีความสามารถมีการกระจายสูงหรือต่ำมากและสามารถทำนายความสามารถจากคะแนนที่ได้ ได้ดีพอ ๆ กับแบบทดสอบดั้งเดิมด้วย

3. การศึกษาเชิงทฤษฎี

วาเตอร์ (Larkin and Weiss. 1974 : 8 citing Waters. 1964) ได้ศึกษาเปรียบเทียบแบบทดสอบรูปปริมาตร ชนิด 5 ชั้น กับแบบทดสอบดั้งเดิม 4 ชุด ๗ ละ 5 ข้อ โดยใช้รูปแบบจำลองของ ลอร์ด แบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้ความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันมีค่าคงที่เท่ากับ .10 ใช้กฎการแยกทางแบบเพิ่มหนึ่ง/ลดหนึ่ง และให้คะแนน 2 วิธี พบว่าความสัมพันธ์ของคะแนน และความสามารถของผู้ตอบแบบทดสอบรูปปริมาตรจะสูงกว่าแบบดั้งเดิมทุกชุด แบบทดสอบรูปปริมาตรยังให้การกระจายของคะแนนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาก และให้ศักยภาพการกระจายของคะแนนมากกว่าแบบทดสอบดั้งเดิม

วาเตอร์ และ เบย์รอฟฟ์ (Larkin and Weiss. 1974 : 8 citing Waters and Bayroff. 1971) ได้เปรียบเทียบแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 5 ชั้น 10 และ 15 ชั้น และแบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 10 ชั้นที่มีข้อสอบ 2 ข้อในแต่ละชั้นกับแบบทดสอบดั้งเดิม 2 ชุด ที่มีความยาวเท่ากันทั้งแบบทดสอบชนิดดั้งเดิม 2 ชุด และแบบทดสอบรูปปริมาตร

ทุกชุดมีความแตกต่างกันในเรื่อง ความเปลี่ยนแปลงของค่าความยากของข้อสอบ และค่าอำนาจ
จำแนกของข้อสอบ ทั้งนี้ความสัมพันธ์ที่ได้จากแบบทดสอบดั้งเดิมทุกชุด โดยเฉพาะข้อสอบที่มี
อำนาจจำแนกสูง ๆ ความสัมพันธ์ของคะแนนจากแบบทดสอบและค่าความสามารถ ที่ได้จาก
แบบทดสอบรูปปริมาตรนิคมข้อสอบให้ตอบ 1 ข้อ ในแต่ละชั้นจะสูงกว่าที่ได้จากแบบทดสอบรูป
ปริมาตรนิคมข้อสอบให้ตอบ 2 ข้อ ใน 1 ชั้น

ลอร์ด (Larkin and Weiss, 1974 : 8 - 9 citing Lord, 1971)

ให้เสนอผลการพิจารณาเกี่ยวกับทฤษฎีของแบบทดสอบรูปปริมาตรให้หลายฉบับ การวิเคราะห์จะอยู่
บนพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม และทฤษฎีถูกใช้ของมอร์คอฟเปรียบเทียบ
แบบทดสอบรูปปริมาตรนิคม 10 ชั้น 15 ชั้น และ 60 ชั้น กับแบบทดสอบดั้งเดิมที่มีข้อสอบจำนวน
60 ข้อ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันแต่ละชุดจะแปรผัน
อย่างเป็นระบบแตกต่างกันไป แต่ในแบบทดสอบชุดหนึ่ง ๆ จะแปรผันคงที่ กฎการแยกทาง
ประกอบท้ายวิธีเพิ่ม 1/ลค 1, เพิ่ม 1/ลค 2, เพิ่ม 1/ลค 3 และเพิ่ม 2/ลค 3 ภายใต้
การให้คะแนนที่เปลี่ยนไปในแต่ละวิธี จากการพิจารณาพบว่ารายละเอียดของรูปการกระจายของ
คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบดั้งเดิมเป็นรูประฆัง มีความโค้ง และโค้งการกระจายมีความสมมาตร
ประมาณค่าความสามารถของผู้สอบที่ตำแหน่งมีมาตรฐานของความสามารถหรือบริเวณใกล้เคียง
จะถูกต้องมากที่สุด การกระจายของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตรจะเป็นโค้งแบน
ชี้ให้เห็นว่า ความถูกต้องแม่นยำของคะแนนในทุกระดับความสามารถเกือบจะพอ ๆ กับระดับ
ความสามารถของผู้สอบที่มีมาตรฐานของระดับความสามารถแบบทดสอบดั้งเดิมที่มีข้อสอบ 60 ข้อ
จะให้ความถูกต้องในการวัดมากกว่าแบบทดสอบรูปปริมาตร อย่างไรก็ตาม ความสามารถที่อยู่
นอกเหนือไปจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± 0.5 หรือ ± 1.0 แล้ว แบบทดสอบรูปปริมาตรจะให้
ความถูกต้องในการวัดมากกว่า การให้คะแนนที่แตกต่างกันของแบบทดสอบรูปปริมาตร และ
การให้ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันไม่เหมือนกัน จะให้ผล
การวัดไม่เหมือนกันด้วย ลอร์ด ได้ตรวจสอบความแปรผันของความแตกต่างระหว่างค่าความ
ยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกัน ด้วยกระบวนการ โรบิน - มอนโร กระบวนการนี้ออกแบบมา
ใช้เพื่อปรับระดับความยากของข้อสอบให้แต่ละคนมีโอกาสตอบข้อสอบแต่ละข้อถูกต้อง 50

แม้ว่ากระบวนการนี้จะให้ผลสนับสนุนแบบทดสอบรูปปริมาตรก็จะต้องใช้ข้อสอบในกลุ่มข้อสอบมาก
ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากมาก

มุสลิโอ (Larkin and Weiss. 1974 : 9 citing Mussio. 1972)

ได้พยายามลดจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบรูปปริมาตรให้โดยลงโดยใช้ยุทธวิธีสะกิดการสะท้อน
กลับ (Reflecting Barrier) และยุทธวิธีสะกิดการเก็บรักษา (Retaining
Barrier) มุสลิโอ ได้รายงานผลการทดสอบทฤษฎีของเขาในรูปของโค้ง และให้ผลเช่น
เดียวกับ ลอร์ด การปรับปรุงแบบทดสอบรูปปริมาตรโดยวิธีสะกิดนี้ให้รายละเอียดที่ค่าเฉลี่ยของ
การกระจายความสามารถน้อยกว่าที่ได้จากแบบทดสอบดั้งเดิมที่ได้กราฟเป็นยอดแหลม แต่จะให้
รายละเอียดมากกว่าเมื่อความสามารถกระจายออกไปจากค่าเฉลี่ย พบว่า ยุทธวิธีสะกิดการ
เก็บรักษาให้ความเที่ยงตรงในการประมาณที่เหนือพิสัยของความสามารถมากกว่ายุทธวิธีสะกิด
การสะท้อน แม้ว่ายุทธวิธีทั้งสองจะสูญเสียความเที่ยงตรงไปบ้างที่ระดับความสามารถที่กระจาย
มาก ๆ แต่ยุทธวิธีทั้งสองยังคงให้ความเที่ยงตรงที่ระดับความสามารถที่กระจายออกไปจากค่า
เฉลี่ยมากกว่าแบบทดสอบดั้งเดิม

สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบรูปปริมาตรดังกล่าวเกี่ยวข้องกับประเด็นต่าง ๆ
ต่อไปนี้คือ กลุ่มข้อสอบ ลักษณะของแบบทดสอบซึ่งรวมถึงความแปรเปลี่ยนในยุทธวิธีการแยกทาง
จำนวนข้อสอบในแต่ละชั้น ความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นหรือผู้คิดกัน
การแยกทางเมื่อผู้สอบทำข้อสอบถูกหรือผิดจากชั้นหนึ่งไปอีกชั้นหนึ่ง และวิธีการตรวจให้คะแนน
การดำเนินการสอบ จากงานวิจัยสรุปได้ว่า แบบทดสอบรูปปริมาตรทุกรูปแบบมีความสัมพันธ์กันสูง
และสูงกว่าความสัมพันธ์กับแบบทดสอบดั้งเดิม และจากการศึกษาของแพทเธอร์สัน (Weiss.
1974 : 18 citing Paterson. 1962) พบว่าแบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาด
ชั้นแปรผันมีความเที่ยงตรงมากเท่า ๆ กัน ในทุกระดับความสามารถของผู้สอบ โดยที่จำนวน
ข้อสอบก็ไม่มากไปกว่า แบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ นอกจากนั้น มุสลิโอ
(Weiss. 1974 : 22 citing Mussio. 1973) ก็ได้เสนอวิธีการลดจำนวนข้อสอบ
ให้โดยลง โดยคัดข้อสอบที่มีความยากบริเวณสูงสุดหรือต่ำสุดทิ้งไป

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากการ ให้คะแนนวิธีต่าง ๆ ของแบบทดสอบรูปปริมาตร ลาร์กินและไวส์ (Larkin and Weiss. 1974 : 10 - 43) พบว่า คะแนนที่ตรวจให้ตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำมีความสัมพันธ์สูงกับคะแนนที่ตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ และในปี ค.ศ. 1975 ลาร์กินและไวส์ ก็พบว่า คะแนนที่ตรวจให้ตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำมีความสัมพันธ์สูงกับคะแนนที่ตรวจให้ตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก

สมมุติฐานในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงความสัมพันธ์ของรูปแบบของแบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน และแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียน และศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ ให้ตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก และวิธีที่ตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ ผู้วิจัยจึงมีสมมุติฐานในการวิจัยที่ห้องการทดสอบ แยกออกเป็น 4 กลุ่มคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของแบบทดสอบรูปปริมาตรกับความสามารถทางการเรียน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนน เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของแบบทดสอบรูปปริมาตรกับความสามารถทางการเรียน และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนน จึงมีรายละเอียดของสมมุติฐานดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของแบบทดสอบรูปปริมาตรกับความสามารถทางการเรียน

1.1 แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน และแบบข้างตัด เมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางการเรียน

1.2 แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน และแบบข้างตัด เมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางการเรียน

1.3 แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน และแบบข้างตัด เมื่อตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางการเรียน

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี

วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก และวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีความสัมพันธ์กันทางบวก

3. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของแบบทดสอบรูปปริมาตรกับความสามารถทางการเรียน

3.1 แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน และแบบข้างตัด เมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน

3.2 แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน และแบบข้างตัด เมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน

3.3 แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน และแบบข้างตัด เมื่อตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน

4. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี

4.1 วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก และวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ ในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในแตกต่างกัน

4.2 วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก และวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ ในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในแตกต่างกัน

4.3 วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก และวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ ในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในแตกต่างกัน

วิธีดำเนินการศึกษากันครัว

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา ในจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 2,984 คน จากจำนวน 74 ห้องเรียน ใน 18 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา ในจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มแบบธรรมดา (Simple Random Sampling) มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) จำนวนห้องเรียนที่สุ่มมา 45 ห้องเรียน มีขั้นตอนการสุ่มดังนี้

ขั้นที่ 1 กะประมาณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = .05$) เมื่อเทียบจากตารางขนาดตัวอย่าง ปรากฏว่าต้องใช้ขนาดตัวอย่าง 348 คน ประมาณ 9 ห้องเรียน (Mercado. 1977 อ้างอิงมาจาก ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ 2524 : 287)

ขั้นที่ 2 สุ่มห้องเรียนจากทุกโรงเรียนในประชากรได้จำนวนห้องเรียน 45 ห้องเรียน โดยสุ่มแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพ จำนวน 36 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 1,392 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคั้งนี้ จำนวน 9 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 348 คน ดังแสดงรายละเอียดในตาราง

ตาราง 1 จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ และในการวิจัยจำแนกตามโรงเรียน

โรงเรียน	จำนวนนักเรียนที่ใช้ในการสอบ	
	การสร้างเครื่องมือ	การวิจัย
1. กำแพงเพชรพิทยาคม (เมือง)	4 (174)	3 (145)
2. วชิรปราการ (เมือง)	4 (163)	-
3. วชิรวิทยา (เมือง)	3 (117)	2 (78)
4. หุ่นโพธิ์ทะเลวิทยา (เมือง)	2 (78)	-
5. คณิศรวิทยา (เมือง)	2 (74)	-
6. กลองขลุ่ยราษฎร์รังสรรค์ (กลองขลุ่ย)	3 (118)	-
7. หุ่นทรายวิทยา (กลองขลุ่ย)	2 (72)	-
8. วังแฉม (กลองขลุ่ย)	1 (32)	-
9. ขานุกวิทยา (ขานุกรักษ์บุรี)	4 (158)	2 (70)
10. โข่งไผ่วิทยา (ขานุกรักษ์บุรี)	2 (75)	2 (55)
11. พรานกระต่ายพิทยาคม (พรานกระต่าย)	3 (105)	-
12. ไทรงามพิทยาคม (ไทรงาม)	2 (73)	-
13. ลานกระบือวิทยา (ลานกระบือ)	2 (77)	-
14. กลองลานวิทยา (กลองลาน)	2 (76)	-
รวม	36 (1392)	9 (348)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วย แบบทดสอบ 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบรูปปริมาตร

แบบทดสอบรูปปริมาตร เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแบบจำลองรูปปริมาตร เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก ในวิชาคณิตศาสตร์ (ค. 204) เรื่องสมการ และอสมการ มีจำนวนทั้งหมด 3 ฉบับ ดังนี้

1.1 แบบทดสอบฉบับรูปปริมาตร ชนิด 8 ชั้น ที่มีขนาดชั้นคงที่ ใช้กฎการจำแนกแนวทางการตอบข้อสอบแบบ เพิ่ม 1/ลด 1 มีจำนวนข้อสอบทั้งฉบับ 36 ข้อ นักเรียนแต่ละคนจะต้องตอบแบบทดสอบฉบับนี้ชั้นละ 1 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบที่นักเรียนจะต้องตอบ 8 ข้อ

1.2 แบบทดสอบฉบับรูปปริมาตร ชนิด 8 ชั้น ที่มีขนาดชั้นแปรผัน ใช้กฎการจำแนกแนวทางการตอบข้อสอบแบบ เพิ่ม 1/ลด 1 จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ 36 ข้อ นักเรียนแต่ละคนจะต้องตอบแบบทดสอบฉบับนี้ชั้นละ 1 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบที่นักเรียนจะต้องตอบ 8 ข้อ

1.3 แบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 8 ชั้น แบบข้างตัด ใช้วิธีการสะท้อนกลับรักษา และกำหนดแนวทางการตอบแบบ เพิ่ม 1/ลด 1 มีจำนวนข้อสอบทั้งฉบับ 24 ข้อ นักเรียนจะต้องตอบแบบทดสอบฉบับนี้ ชั้นละ 1 ข้อ แต่จำนวนข้อที่นักเรียนจะต้องตอบอาจไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับเส้นแนวทางการตอบ

2. แบบทดสอบดั้งเดิม

แบบทดสอบดั้งเดิม เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ในวิชาคณิตศาสตร์ (ค. 204) เรื่องสมการและอสมการ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีช่วงระดับความยากของข้อสอบ และโค้งอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ (Test Information curve) ใกล้เคียงกับแบบทดสอบรูปปริมาตร

วิธีดำเนินการสร้างแบบทดสอบรูปปริมาตรและแบบทดสอบดั้งเดิม

การสร้างแบบทดสอบรูปปริมาตร และแบบทดสอบดั้งเดิม เป็นการสร้างข้อสอบจาก กลุ่มข้อสอบกลุ่มเดียวกัน กำหนดการสร้างให้มีค่าความยากเฉลี่ย และมีไจ้งอันเนอร์ไม่ขึ้นของ แบบทดสอบใกล้เคียงกัน มีขั้นตอนการสร้าง 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสร้างกลุ่มข้อสอบและ ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบรูปปริมาตร และแบบทดสอบดั้งเดิม

1. การสร้างกลุ่มข้อสอบ

แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อสร้างกลุ่มข้อสอบเป็นแบบทดสอบชนิด 5 ตัวเลือก ซึ่งมี ขั้นตอนรายละเอียดการปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนจากหนังสือของ กรอนลัน (Gronlund, 1982 : 132) ฮาลาดยนาและรอยด์ (Haladyna and Roid, 1982 : 247)

1.2 ศึกษาเนื้อหาและจุดมุ่งหมายการสอน คู่มือครูในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการและอสมการ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.3 จากการศึกษาเนื้อหาวิชาและจุดมุ่งหมายการสอนในข้อที่ 1.2 ผู้วิจัย นำมาเขียนเป็นจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

1.4 สร้างข้อสอบแต่ละข้อตามจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม โดยสร้างเป็น ข้อสอบประมาณ 5 - 10 ข้อ ต่อหนึ่งจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม และข้อสอบแต่ละข้อจะสร้าง เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก ซึ่งมีจำนวน 200 ข้อ

1.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามข้อ 1.4 มาจัดทำเป็น 8 ฉบับ ๆ ละ 50 ข้อ ฉะนั้นข้อสอบแต่ละข้อจะถูกจัดเข้าในฉบับใดฉบับหนึ่ง เข้าหนึ่งครั้ง และข้อสอบแต่ละฉบับ จะวัดในเนื้อหาเดียวกัน

1.6 นำแบบทดสอบทั้ง 8 ฉบับ ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 โดยขอความร่วมมือจากผู้บริหารโรงเรียนและครู-อาจารย์ผู้สอนในหมวดวิชาคณิตศาสตร์

1.7 ตรวจสอบแต่ละข้อโดยแยกพิจารณาตามรายข้อ จะนับจากแบบทดสอบ 8 ฉบับ จำนวน 200 ข้อ แยกได้เป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 50 ข้อ โดยกำหนดให้ตอบถูกได้รหัส 1 ข้อที่ตอบผิดหรือตอบเกินหนึ่งคำตอบให้รหัส 0 ข้อที่ไม่ตอบให้รหัส 2 และข้อที่นักเรียนทำไม่ทันให้รหัส 3

1.8 นำผลจากข้อ 1.7 มาวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SFSS - X เพื่อตรวจสอบว่าแบบทดสอบวัดความสามารถหรือคุณลักษณะเดียวกัน (Unidimensionality) การวิเคราะห์นี้ใช้วิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบสำคัญ (Principal Component) แล้วหมุนแกนด้วยวิธีออบลิมีน (Obliquin) จากการวิเคราะห์ตัวประกอบปรากฏว่า แบบทดสอบกลุ่มที่ 1 ถึง 4 มีค่าไอเกนแวลิว (Eigen Value) ของตัวประกอบแรกเกิน 1.00 ทั้ง 4 กลุ่ม ค่าไอเกนแวลิวของตัวประกอบที่ 1 ของแบบทดสอบทั้งสี่กลุ่มมีขนาดแตกต่างกับค่าไอเกนแวลิวของตัวประกอบที่ 2 มาก และค่าไอเกนแวลิวของตัวประกอบที่ 2 มีขนาดแตกต่างจากค่าไอเกนแวลิวของตัวประกอบที่ 3, 4 และ 5 ไม่มากนัก จึงทำให้กล่าวได้ว่าแบบทดสอบทั้ง 4 กลุ่มวัดความสามารถหรือคุณลักษณะเดียวกัน (Lord, 1980 : 21) รายละเอียดดังภาคผนวก ก และภาคผนวก ค

1.9 วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเพื่อหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าสัมประสิทธิ์การคาด ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโลจิสต์ 5 แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก ตั้งแต่ -2.00 ถึง 2.00 ค่าอำนาจจำแนกมากกว่า .30 และค่าสัมประสิทธิ์การคาดต่ำกว่า .30 จำนวนข้อสอบที่คัดเลือกได้มีจำนวนทั้งหมด 162 ข้อ ค่อยจากนั้นนำข้อสอบที่คัดเลือกไว้มาจัดเป็นกลุ่มข้อสอบ โดยจัดเป็นกลุ่ม ๆ ตามค่าความยากที่ฐานโครงสร้างของแบบทดสอบรูปปริมาตรตั้งภาพประกอบ 13, 14 และ 15 เพื่อใช้สร้างแบบทดสอบรูปปริมาตรตั้งสามฉบับ และแบบทดสอบตั้งเดิมในการวิจัยต่อไป

2. การสร้างแบบทดสอบรูปปริมาตรและแบบทดสอบตั้งเดิม

2.1 การสร้างแบบทดสอบรูปปริมาตร

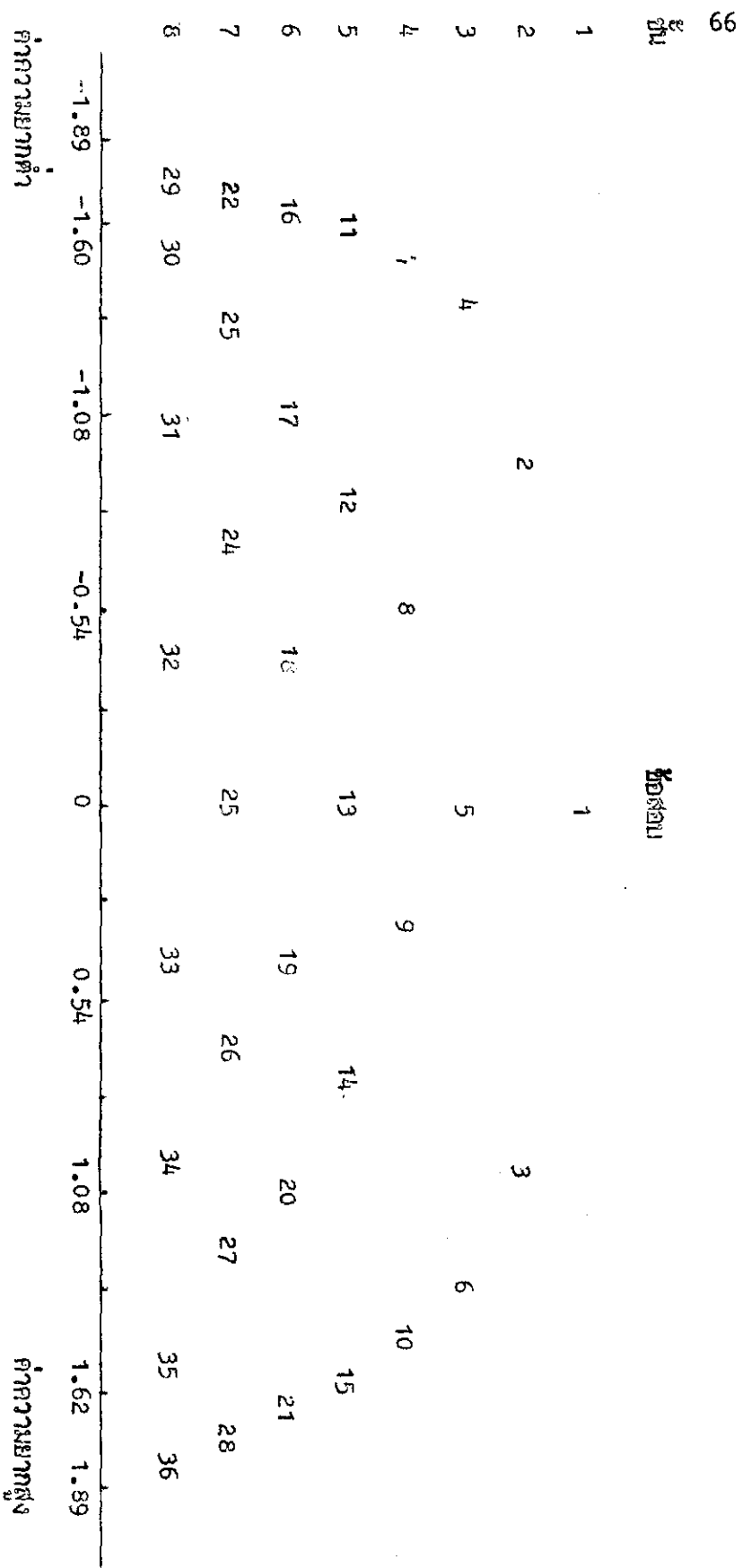
การสร้างแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ กระทำโดยสุ่มข้อสอบจากกลุ่มข้อสอบ จำนวน 162 ข้อ โดยฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 มีจำนวนข้อสอบเท่ากันคือ 36 ข้อ และฉบับที่ 3 มีจำนวน 24 ข้อ รายละเอียดดังภาพประกอบที่ 13, 14 และ 15

ระดับ	ข้อสอบ
1	1
2	2 3
3	4 5 6
4	7 8 9 10
5	11 12 13 14 15
6	16 17 18 19 20 21
7	22 23 24 25 26 27 28
8	29 30 31 32 33 34 35 36

ค่าความยากต่ำ

ค่าความยากสูง

ภาพประกอบ 13 แสดงโครงสร้างของแบบทดสอบรูปแบบฝึก ฉบับที่ 1



ภาพ/ระบอบ 14 แสดงโครงสร้างของแบบทดสอบภูมิปัญญา ปีที่ 2

2.2 การสร้างแบบทดสอบดั้งเดิม

การสร้างแบบทดสอบดั้งเดิมกระทำโดยสุ่มข้อสอบที่เหลือจากการสร้างแบบทดสอบรูปปริมาตรโดยกำหนดให้มีช่วงระดับความยากเฉลี่ยใกล้เคียงกับแบบทดสอบรูปปริมาตร หลังจากนั้นจัดเรียงข้อสอบที่สุ่มมาได้ตามค่าความยากจากข้อสอบที่ง่ายไปหายากในแต่ละเนื้อหา มีจำนวน 30 ข้อ

2.3 ตรวจสอบโค้งอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ (Test Information Curve) หลังจากจัดเรียงข้อสอบของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม แล้วนำค่าพารามิเตอร์ของแต่ละฉบับมาตรวจสอบโค้งอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ ด้วยโปรแกรมภาษาเบสิก ซึ่งดัดแปลงโดย ชัชชัย เผ่าพงศ์ เพื่อปรับค่าและโค้งอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบทั้งสี่ฉบับให้มีลักษณะใกล้เคียงกัน

2.4 การสร้างกระดาษคำตอบของแบบทดสอบรูปปริมาตร

เนื่องจากแบบทดสอบรูปปริมาตรต้องใช้ตัวเลือกเป็นตัวกำหนดแนวทางในการตอบ ข้อสอบที่ผู้สอบจะต้องทำในข้อต่อไป กระดาษคำตอบของแบบทดสอบรูปปริมาตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จึงมีลักษณะเป็นกระดาษคำตอบซ้อนกันสองแผ่น คือกระดาษแผ่นบนพิมพ์หมายเลขข้อและตัวเลือก ก ข ค ง และ จ ของแต่ละข้อไว้เช่นเดียวกับกระดาษคำตอบทั่วไป แต่จะป้อนตัวอักษรที่เป็นตัวเลือกทุกตัว เพื่อให้ผู้ตอบสามารถเกาะกระดาษคำตอบตามรอยป้อนตัวอักษรที่ต้องการได้สะดวก สำหรับกระดาษคำตอบแผ่นล่างจะพิมพ์หมายเลขข้อให้ตรงกับกระดาษแผ่นบน แต่ในส่วนของตัวเลือกจะพิมพ์หมายเลขข้อที่จะถูกกำหนดให้นักเรียนทำเป็นข้อต่อไป รายละเอียดดังภาพประกอบ 16 และ 17

2.5 จัดทำคู่มือดำเนินการสอบและจัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

กระดาษคำตอบแบบทดสอบรูปปริมาตร

ชื่อ..... โรงเรียน..... ชั้น ม.2/
เลขที่..... อำเภอ..... จังหวัด.....

ข้อที่	ก	ข	ค	ง	จ	ข้อที่	ก	ข	ค	ง	จ
1	ก	ข	ค	ง	จ	19	ก	ข	ค	ง	จ
2	ก	ข	ค	ง	จ	20	ก	ข	ค	ง	จ
3	ก	ข	ค	ง	จ	21	ก	ข	ค	ง	จ
4	ก	ข	ค	ง	จ	22	ก	ข	ค	ง	จ
5	ก	ข	ค	ง	จ	23	ก	ข	ค	ง	จ
6	ก	ข	ค	ง	จ	24	ก	ข	ค	ง	จ
7	ก	ข	ค	ง	จ	25	ก	ข	ค	ง	จ
8	ก	ข	ค	ง	จ	26	ก	ข	ค	ง	จ
9	ก	ข	ค	ง	จ	27	ก	ข	ค	ง	จ
10	ก	ข	ค	ง	จ	28	ก	ข	ค	ง	จ
11	ก	ข	ค	ง	จ	29	ก	ข	ค	ง	จ
12	ก	ข	ค	ง	จ	30	ก	ข	ค	ง	จ
13	ก	ข	ค	ง	จ	31	ก	ข	ค	ง	จ
14	ก	ข	ค	ง	จ	32	ก	ข	ค	ง	จ
15	ก	ข	ค	ง	จ	33	ก	ข	ค	ง	จ
16	ก	ข	ค	ง	จ	34	ก	ข	ค	ง	จ
17	ก	ข	ค	ง	จ	35	ก	ข	ค	ง	จ
18	ก	ข	ค	ง	จ	36	ก	ข	ค	ง	จ

ภาพประกอบ 16 แสดงกระดาษคำตอบแบบทดสอบรูปปริมาตรแนวน

ข้อที่	ก	ข	ค	ง	จ	ข้อที่	ก	ข	ค	ง	จ
1	2	3	2	2	2	19	26	25	25	25	25
2	5	4	4	4	4	20	26	26	26	27	26
3	5	5	5	5	6	21	27	27	27	27	28
4	7	7	7	8	7	22	29	29	30	29	29
5	8	8	9	8	8	23	30	31	30	30	30
6	10	9	9	9	9	24	31	31	31	32	31
7	11	12	11	11	11	25	32	32	33	32	32
8	13	12	12	12	12	26	33	33	34	33	33
9	13	13	14	13	13	27	35	34	34	34	34
10	14	14	15	14	14	28	35	36	35	35	35
11	16	16	16	17	16	29	0	0	0	0	0
12	18	17	17	17	17	30	0	0	0	0	0
13	19	18	18	18	18	31	0	0	0	0	0
14	20	19	19	19	19	32	0	0	0	0	0
15	20	20	21	20	20	33	0	0	0	0	0
16	22	22	23	22	22	34	0	0	0	0	0
17	23	23	23	24	23	35	0	0	0	0	0
18	24	24	24	24	25	36	0	0	0	0	0

ภาพประกอบ 17 แสดงกระดาษคำตอบแบบทดสอบรูปปริมาตรพื้นล่าง

ลักษณะของแบบทดสอบในการวิจัย

แบบทดสอบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยแบบทดสอบดังต่อไปนี้

1. แบบทดสอบเรขาคณิต จำนวน 3 ฉบับ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจากกลุ่มข้อสอบเดียวกัน เป็นข้อสอบชนิด 5 ตัวเลือก ฉบับที่ 1 และ ฉบับที่ 2 มีจำนวน 36 ข้อเท่ากัน ฉบับที่ 3 มีจำนวน 24 ข้อ ทั้งรายละเอียดดังนี้

คำชี้แจง

แบบทดสอบชุดนี้มี 3 ฉบับ เป็นแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเรื่องสมการและอสมการ ก่อนที่นักเรียนจะตอบข้อสอบขอให้นักเรียนอ่านวิธีการตอบให้เข้าใจหากมีปัญหาหรือข้อสงสัยใด ๆ ขอให้นักเรียนถามอาจารย์ผู้คุมสอบเสียก่อน เพื่อให้แน่ใจว่าผลการตอบของนักเรียนจะถูกต้องและสมบูรณ์ที่สุด ถ้านักเรียนไม่ปฏิบัติตามขั้นตอน ภาระคำตอบของนักเรียน จะไม่ได้รับการตรวจให้คะแนน ฉะนั้นนักเรียนควรอ่านแบบทดสอบอย่างรอบคอบและปฏิบัติตามขั้นตอนการตอบอย่างเคร่งครัดถูกต้อง

แบบทดสอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 จะมีจำนวนข้อสอบ 36 ข้อเท่ากัน ส่วนฉบับที่ 3 มี 24 ข้อ โดยนักเรียนทุกคนจะเริ่มตอบข้อสอบหมายเลข 1 เป็นข้อ 1 และตอบข้อต่อไปตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้ในภาระคำตอบ รายละเอียดวิธีการตอบมีดังนี้

1. ให้นักเรียนเริ่มตอบข้อสอบหมายเลข 1 เป็นข้อที่ 1 โดยเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด เพียงข้อเดียว จาก ก ข ค ง หรือ จ ที่กำหนดไว้

2. เมื่อนักเรียนตอบข้อสอบเสร็จ 1 ข้อแล้ว จิกเบา ๆ ตรงรอยปรุรอบตัวอักษร ก ข ค ง หรือ จ. ที่เป็นคำตอบที่นักเรียนเลือกในภาระคำตอบ (โปรดระวังอย่าให้ภาระคำตอบแผ่นที่รองไว้ข้างล่างขาดหลุดหายไป)

3. เมื่อจิกภาระคำตอบตามรอยปรุออก นักเรียนจะพบตัวเลข ซึ่งแทนหมายเลขข้อสอบที่นักเรียนจะต้องทำเป็นข้อต่อไปดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง

1	ก	2	3	ง	จ
2	ก	ข	ค	ง	จ
3	ก	ข	ค	ง	จ
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
21	ก	ข	ค	0	จ
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

จากข้อสอบข้อที่ 1 ถ้านักเรียนเลือกตอบข้อ ก. เมื่อเปิดคำตอบจะพบหมายเลข 3 นักเรียนจึงข้ามข้อสอบข้อ 2 ไปทำข้อ 3 เป็นข้อต่อไป แต่ถ้านักเรียนเลือกคำตอบข้อ ข. เมื่อเปิดคำตอบจะพบหมายเลข 2 นักเรียนจึงต้องทำข้อสอบข้อ 2 เป็นข้อต่อไปและปฏิบัติเหมือนวิธีข้างต้น จนเปิดคำตอบพบหมายเลข 0 เช่น เมื่อนักเรียนตอบข้อสอบถึง 21 และเลือกคำตอบข้อ ง. เมื่อเปิดคำตอบพบหมายเลข 0 แสดงว่านักเรียนสิ้นสุดการตอบแบบทดสอบฉบับนี้แล้ว

4. กระจกษาคำตอบนี้ นักเรียนจะต้องตอบข้อสอบตามลำดับข้อ และตามหมายเลขข้อที่นักเรียนเปิดพบได้คำตอบที่นักเรียนเลือก จะทำข้อสอบหมายเลขอื่น หรือข้ามไปทำข้ออื่นแทนไม่ได้ เช่น เมื่อนักเรียนเปิดคำตอบพบหมายเลข 3 นักเรียนก็ต้องทำข้อสอบหมายเลข 3 จะข้ามไปทำข้อสอบหมายเลข 4 หรือกลับไปทำข้อสอบหมายเลข 2 แทนไม่ได้ เพราะการปฏิบัติเช่นนี้จะทำให้กระจกษาคำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้องสมบูรณ์

5. การเปลี่ยนแปลงคำตอบใหม่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคำตอบในการตอบแบบทดสอบฉบับนี้อาจมีผลให้กระจกษาคำตอบของนักเรียนเสียใช้การไม่ได้ ดังนั้นนักเรียนควรตอบข้อสอบทุกข้อด้วยความมั่นใจ และรอบคอบที่สุด เพื่อให้กระจกษาคำตอบของนักเรียนสมบูรณ์ถูกต้องที่สุด แต่ถ้าหากนักเรียนมีความจำเป็นจะต้องเปลี่ยนคำตอบใหม่ขอให้เปลี่ยนได้เพียง 1 ครั้ง โดยปฏิบัติดังนี้ คือ ให้ใช้ปากกาหรือดินสอยขีดเครื่องหมายกากบาททับคำตอบเดิม แล้วฉีกครอบรอยปรุคำตอบใหม่ เช่น นักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบจาก ค เป็น ข ทำดังนี้

คำตอบเดิม

5

ก	ข	9	ง	จ
---	---	---	---	---

เมื่อเปลี่ยนคำตอบ

5

ก	ข	9	ง	จ
---	---	--------------	---	---

การตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนในแบบทดสอบรูปปริมาตรให้คะแนนรวมเป็นอันดับ ซึ่งมีวิธีการให้

3 วิธี คือ

1. การตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ มีวิธีการให้ คือ นำค่าความยากของข้อสอบทุกข้อที่ผู้สอบได้ตอบมาหาค่าเฉลี่ยเป็นคะแนน โดยไม่คำนึงถึงว่าจะตอบถูกหรือผิด และไม่นำค่าความยากของข้อสอบข้อแรกมาคำนวณ แต่จะนำค่าความยากของข้อสอบข้อที่สมมุติว่าจะได้ทำต่อ มาคำนวณด้วย

2. การตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก มีวิธีการให้ คือ นำค่าความยากของข้อสอบเฉพาะข้อที่ผู้สอบตอบถูกต้องเท่านั้นมาหาค่าเฉลี่ยเป็นคะแนน

3. การตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีวิธีการให้คะแนน 2 กรณี คือ กรณีที่ตอบข้อสอบถูก และกรณีที่ตอบข้อสอบผิด ดังนี้

กรณีที่ตอบข้อสอบถูก

ให้ 2 คะแนน กับแต่ละข้อที่ตอบถูก และให้กับข้อสอบที่ง่ายกว่าข้อที่ตอบถูกในแต่ละชั้น

ให้ 1 คะแนน สำหรับข้อสอบข้อถัดไปที่มีความยากมากกว่าข้อที่ตอบถูกในชั้นนั้น

ให้ 0 คะแนน สำหรับข้อสอบทุกข้อที่มีค่าความยากมากกว่าข้อที่ตอบถูกชั้นเดียวกัน

กรณีที่ตอบข้อสอบผิด

ให้ 0 คะแนน กับแต่ละข้อที่ตอบผิด และให้กับข้อสอบแต่ละข้อที่มีความยากมากกว่าข้อที่ตอบผิดในชั้นเดียวกัน

ให้ 1 คะแนน สำหรับข้อที่มีค่าความยากน้อยกว่าข้อสอบที่ตอบผิดที่อยู่ติดกัน

ให้ 2 คะแนน สำหรับข้อที่มีค่าความยากน้อยกว่าข้อสอบที่ตอบผิดชั้นเดียวกัน

2. แบบทดสอบดั้งเดิม ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจากกลุ่มข้อสอบเดียวกันกับแบบทดสอบรูปปรามิต ทั้ง 3 ฉบับ เป็นแบบทดสอบชนิด 5 ตัวเลือก มีจำนวนข้อสอบ 30 ข้อ ใช้เวลา 40 นาที

ตัวอย่าง 0) ถ้า $a = 5 + x$ และ $x = b$ ข้อใดถูกต้อง ?

ก. $a = b$

ข. $a = 5b$

ค. $a = 5 - b$

ง. $a = 5 + b$

จ. $a = 5x + b$

คำตอบที่ถูกต้อง คือ ง.

การตรวจให้คะแนน มีวิธีการให้คือ ให้คะแนนข้อที่ตอบถูก 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 คำตอบ ในข้อเดียวกัน 0 คะแนน

คุณภาพของแบบทดสอบ

การหาคุณภาพของแบบทดสอบรูปปรามิตทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิมมีรายละเอียด ดังนี้

การนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการและอสมการ ซึ่งได้สร้างขึ้นจำนวน 8 ฉบับ ๆ ละ 50 ข้อ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,392 คน ประมาณ 36 ห้องเรียน นำผลมาวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโลจิส 5 เพื่อหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าสัมประสิทธิ์การคาดหมายของข้อสอบ เลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ -2.00 ถึง 2.00 ค่าอำนาจจำแนกมากกว่า $.30$ และค่าสัมประสิทธิ์การคาดหมายต่ำกว่า $.30$ แล้วนำข้อสอบที่คัดเลือกได้มาจัดเป็นแบบทดสอบรูปปรามิต จำนวน 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิมจำนวน 1 ฉบับ โดยที่แบบทดสอบรูปปรามิตฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 มีจำนวนข้อสอบเท่ากันคือ 36 ข้อ แบบทดสอบรูปปรามิตฉบับที่ 3 มีจำนวน 24 ข้อ

และแบบทดสอบดั้งเดิมจำนวน 30 ข้อ ต่อจากนั้นนำแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิมไปตรวจสอบโอ่งอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

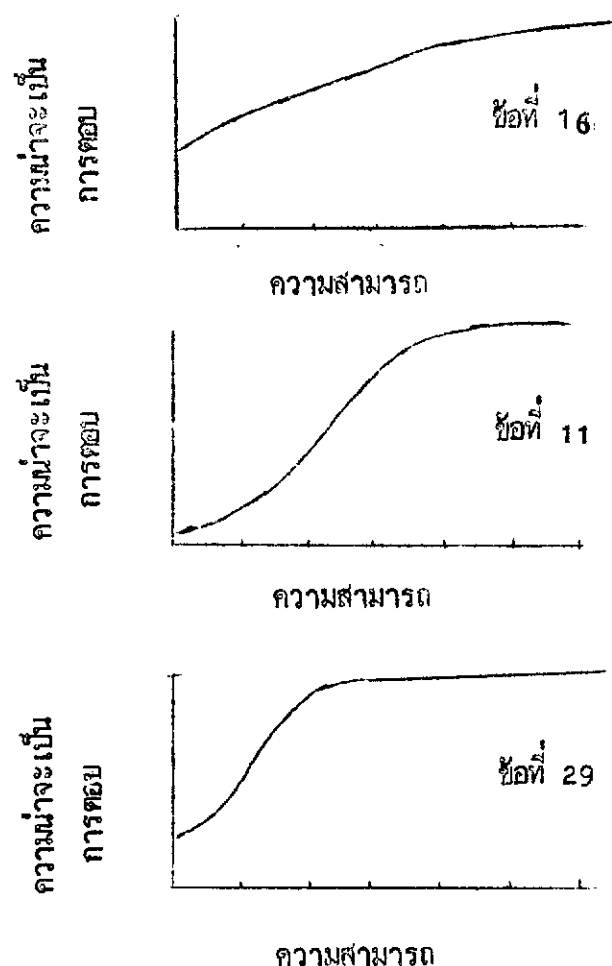
1. พิสัยค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าสัมประสิทธิ์การคาดหมายของแบบทดสอบแต่ละฉบับหาได้โดยการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโลจิสต์ 5 ดังแสดงในตาราง 2 (รายละเอียดดูภาคผนวก ข)

ตาราง 2 พิสัยค่าความยาก (b) ค่าอำนาจจำแนก (a) และค่าสัมประสิทธิ์การคาดหมาย (c) ของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม

แบบทดสอบ	a	b	c
แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่	.47557 ถึง 2.00000	-1.8661 ถึง 1.96312	.02539 ถึง .24559
แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน	.31583 ถึง 2.16854	-2.07806 ถึง 1.92103	.02539 ถึง .26238
แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด	.72921 ถึง 2.00000	- .92914 ถึง .82341	.02539 ถึง .29708
แบบทดสอบดั้งเดิม	.80191 ถึง 2.00000	-1.68120 ถึง 1.42304	.02539 ถึง .29947

2. โฉนดลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curve)

เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ประจำข้อสอบแต่ละข้อของแบบทดสอบรูปปิรามิดทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม มาวิเคราะห์หาค่าความน่าจะเป็นในการตอบถูก ณ ระดับความสามารถต่าง ๆ แล้วนำมาเขียนโค้งลักษณะข้อสอบ จำแนกตามค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกคือ ข้อที่มีค่าความยากต่ำ (มีค่าน้อยกว่า -1.00) ปานกลาง (มีค่าระหว่าง -1.00 ถึง 1.00) และสูง (มีค่ามากกว่า 1.00) เมื่อมีค่าอำนาจจำแนกต่ำ (มีค่าน้อยกว่า $.50$) ปานกลาง (มีค่าระหว่าง $.50$ ถึง 1.00) และสูง (มีค่ามากกว่า 1.00) ปรากฏผลตัวอย่างทั้งภาพประกอบ 18 (รายละเอียดดูภาคผนวก ง)



ภาพประกอบ 18 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากต่ำ และมีค่าอำนาจจำแนกต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ ของแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่

3. พิสัยค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของข้อสอบและค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

3.1 พิสัยค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของข้อสอบ

เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ประจำข้อสอบแต่ละข้อของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม มาวิเคราะห์หาค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของข้อสอบแต่ละข้อด้วยโปรแกรมภาษาเบสิก ปรากฏผลพิสัยของค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของข้อสอบและพิสัยของระดับความสามารถดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 พิสัยค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของข้อสอบและพิสัยของระดับความสามารถ ของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม

แบบทดสอบ	อินฟอร์เมชันของข้อสอบ	ความสามารถ
แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบขนาดขั้นคงที่	.12353 ถึง 2.07756	-1.75 ถึง 2.05
แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบขนาดขั้นแปรผัน	.06723 ถึง 3.23005	-1.80 ถึง 2.00
แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด	.36396 ถึง 1.82778	- .90 ถึง .90
แบบทดสอบดั้งเดิม	.40548 ถึง 2.07756	-1.70 ถึง 1.50

3.2 ค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

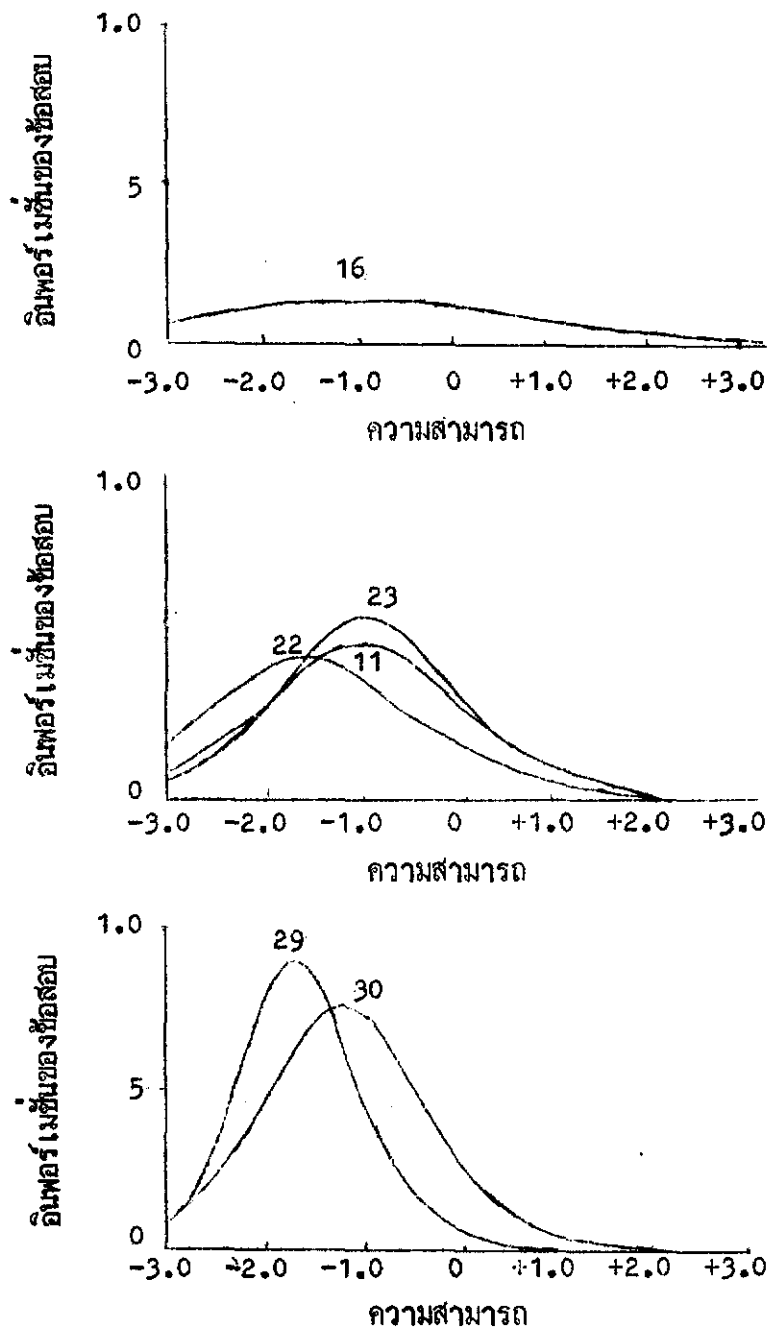
เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ประจำข้อสอบแต่ละข้อของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิมมาวิเคราะห์หาค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบแต่ละฉบับที่ระดับความสามารถต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมภาษาเบสิก ปรากฏว่าแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม มีค่าอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบใกล้เคียงกันและเหมาะสมที่จะใช้ทดสอบกับนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง ทั้ง 4 ฉบับ ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ค่าสูงสุดของอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ ของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ
และแบบทดสอบดั้งเดิม

แบบทดสอบ	อินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ	ความสามารถ
แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่	17.84560	.70
แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน	14.20411	.95
แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด	14.65980	.25
แบบทดสอบดั้งเดิม	16.81821	.55

3.3 โท้งอินฟอร์เมชันของข้อสอบ

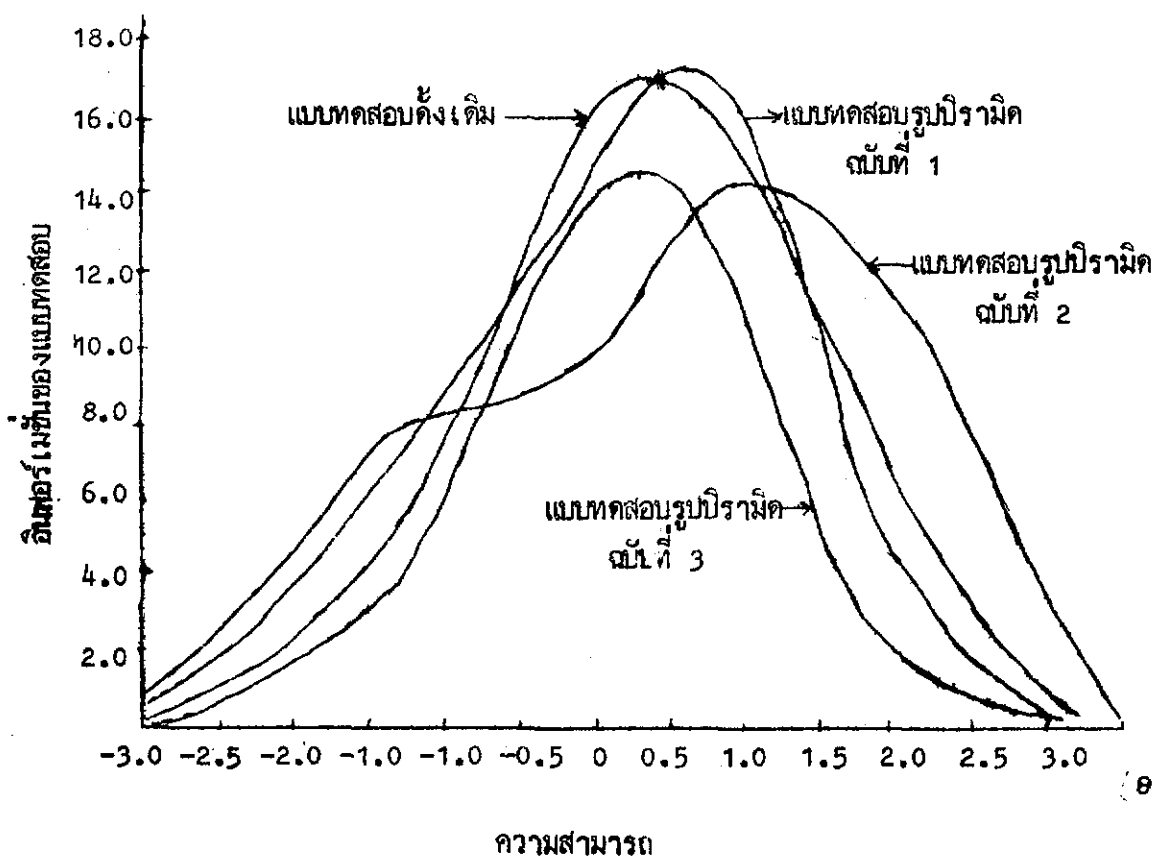
จากค่าอินฟอร์เมชันของข้อสอบเมื่อนำมาเขียนโท้งอินฟอร์เมชันของข้อสอบจำแนกตามค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ คือ ข้อที่มีค่าความยากต่ำ (มีค่าน้อยกว่า -1.00) ปานกลาง (มีค่าระหว่าง -1.00 ถึง 1.00) และสูง (มีค่ามากกว่า 1.00) เมื่อมีค่าอำนาจจำแนกต่ำ (มีค่าน้อยกว่า .50) ปานกลาง (มีค่าระหว่าง .50 ถึง 1.00) และสูง (มีค่ามากกว่า 1.00) ปรากฏผลตัวอย่างดังภาพประกอบ 19 (รายละเอียดดูภาคผนวก จ)



ภาพประกอบ 19 แสดงโค้งอินฟอร์เมชันของข้อสอบ ที่มีค่าความยากต่ำและมีค่าอำนาจจำแนกต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่

3.4 โทงอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

จากค่าอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ เมื่อนำมาเขียนโทงอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบแต่ละฉบับ ที่ระดับความสามารถต่าง ๆ ซึ่งเป็นเครื่องชี้วัดโดยตรงถึงควมมีประโยชน์และเหมาะสมในการวัดของแบบทดสอบที่ระดับความสามารถนั้น ๆ ด้วยโปรแกรมภาษาเบสิก ปรากฏว่าแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบคั้งเดิม มีโทงอินฟอร์เมชันสูงสุดใกล้เคียงกัน และเหมาะที่จะใช้ทดสอบกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถปานกลางเหมือนกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 แสดงโทงอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบคั้งเดิม

วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. วางแผนในการดำเนินการสอบโดยติดต่อขอความร่วมมือในการนำเครื่องมือหรือแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนของโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง ตลอดจนกำหนดวัน และเวลาในการสอบ
2. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นจำนวน 200 ข้อ มาจัดทำเป็น 8 ฉบับ ๆ ละ 50 ข้อ ฉะนั้นข้อสอบแต่ละข้อจะถูกจัดเข้าในฉบับใดฉบับหนึ่งซ้ำหนึ่งครั้ง และนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1,392 คน ประมาณ 36 ห้องเรียน โดยนักเรียนครั้งที่ 1,2,.....,8,9,.....,16 สอบข้อสอบฉบับที่ 1,2,.....,8,1,2,.....,8 ฉะนั้นจำนวนนักเรียนที่ตอบแบบทดสอบในแต่ละฉบับจะมีจำนวนเท่า ๆ กัน
3. นำผลการสอบในข้อ 2 มาตรวจให้คะแนน แล้วจัดเตรียมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบ และวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ โดยแยกเตรียมข้อมูลตามรายข้อที่กลุ่มตัวอย่างได้ตอบเนื่องจากในแบบทดสอบทั้ง 8 ฉบับ จำนวน 200 ข้อ มีข้อสอบที่จัดซ้ำหนึ่งครั้งเมื่อนำมาแยกตามรายข้อจึงแยกออกได้เป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 50 ข้อ
4. นำแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม ซึ่งทดสอบแล้วว่า มีไค้งอินฟอร์เมชั่นใกล้เคียงกัน ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 348 คน ประมาณ 9 ห้องเรียน แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติและทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งไว้

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

1. หาค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. หาค่าความยากของข้อสอบ ค่าอำนาจจำแนก และค่าสัมประสิทธิ์การแตกของแบบทดสอบ ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถามที่ใช้พารามิเตอร์ 3 ตัว ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป LOGIST 5
3. หาจำนวนองค์ประกอบของแบบทดสอบ หาโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบของโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS - X ด้วยวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบสำคัญ (Principle Component) และหมุนแกนด้วยวิธีออบลิมิน (Oblimin)

4. หากค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกของข้อสอบแต่ละข้อ ค่าอินฟอร์เมชันของข้อสอบ และค่าอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ โดยโปรแกรมภาษาเบสิก คัดแปลงโดย ชัยชัย เผ่าพงศ์ ซึ่งใช้สูตรการคำนวณของเบิร์นบอม (ผจจติ อินทสุวรรณ 2528 : 16 อ้างอิงจาก Birnbaum. - 1968)

สูตร อินฟอร์เมชันข้อสอบ

$$I \{ \theta, U_g \} = \frac{P_g'^2}{P_g Q_g} ; g = 1, 2, \dots, n$$

เมื่อ $I \{ \theta, U_g \}$ คือ ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบแต่ละข้อ

P_g คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบข้อที่ g ถูก

Q_g คือ $(1 - P_g)$

P_g' คือ ความชันของโค้งลักษณะข้อสอบที่ระดับความสามารถ θ

สูตร อินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

$$I' \{ \theta \} = \sum_{g=1}^n I \{ \theta, U_g \}$$

เมื่อ $I \{ \theta \}$ คือ ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

5. หากค่าประมาณระดับความสามารถทางการเรียน (θ) ของนักเรียนแต่ละคน จากคะแนนการตอบแบบทดสอบทั้งเต็ม ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถามที่ใช้พารามิเตอร์ 3 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป LOGIST 5

6. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปรามิตทั้ง 3 ฉบับ กับความสามารถทางการเรียนพร้อมทั้งทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ หาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS - X

7. ทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของวิธีการตรวจ
ให้คะแนน เป็นรายคู่ โดยใช้สูตร (ลัวัน สายยศ และ อังคณา สายยศ 2522 : 227)

$$Z = \frac{Z_{r1} - Z_{r2}}{\sqrt{\frac{1}{N_1 - 3} + \frac{1}{N_2 - 3}}}$$

8. ทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง
3 ฉบับ กับความสามารถทางการเรียนโดยใช้สูตรของ ฮอลเทลลิง (Guilford, 1978 :
164 citing Holtelling, 1940)

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

$$df = N - 3$$

- เมื่อ r_{12} คือ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวิธีหนึ่ง
หรือฉบับหนึ่ง กับค่าประมาณระดับความสามารถทางการเรียน
- r_{13} คือ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบอีกวิธีหนึ่ง
หรืออีกฉบับหนึ่ง กับค่าประมาณระดับความสามารถทาง
การเรียน
- r_{23} คือ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบ 2 วิธี
หรือ 2 ฉบับที่จะนำมาพิจารณาเปรียบเทียบระดับความ
สามารถทางการเรียน
- N คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อความสะดวกและเข้าใจตรงกัน ในการนำเสนอและแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

N	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
k	แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
$\bar{X}$	แทน คะแนนเฉลี่ย
S	แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
a	แทน อำนาจจำแนกของข้อสอบ
b	แทน ความยากของข้อสอบ
c	แทน สัมประสิทธิ์การเคา
θ	แทน ความสามารถทางการเรียน
r	แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
$r_{x\theta}$	แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรกับความสามารถทางการเรียน
x_1	แทน แบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่
x_2	แทน แบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน
x_3	แทน แบบทดสอบรูปปริมาตร แบบข้างตัด
x_4	แทน แบบทดสอบดั้งเดิม
y_1	แทน วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ
y_2	แทน วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก
y_3	แทน วิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ

x_{10}	แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตร กับความสามารถทางการเรียน
x_{20}	แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดชั้น แปรผันกับความสามารถทางการเรียน
x_{30}	แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตร แบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียน
y_{12}	แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ย ของข้อสอบที่ทำ กับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของ ข้อสอบที่ตอบถูก
y_{13}	แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ย ของข้อสอบที่ทำ กับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ
y_{23}	แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ย ของข้อสอบที่ตอบถูก กับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ
ITEMIN	แทน อินฟอร์เมชันของข้อสอบ
TESTIN	แทน อินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมาย และ
สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐาน
 - 1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ
 - 1.2 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถทางการเรียน
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับ กับความสามารถ
ทางการเรียน
3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี

4. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ
กับความสามารถทางการเรียน

5. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนน
ทั้ง 3 วิธี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ

จากการนำแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน
348 คน แล้วแยกผลวิเคราะห์ตามวิธีการตรวจให้คะแนน ของแบบทดสอบรูปปริมาตร
ปรากฏว่าได้ค่าสถิติพื้นฐานดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบรูบริกครั้งที่ 3 ฉบับ จำแนกตามวิธีการตรวจให้คะแนน

วิธีการตรวจ	N	k	Y ₁			Y ₂			Y ₃		
			คะแนน สูงสุด	$\bar{X}$	S	คะแนน สูงสุด	$\bar{X}$	S	คะแนน สูงสุด	$\bar{X}$	S
แบบทดสอบ รูบริก	348	36	1.2503	.3417	.8451	.9695	.1494	.3478	72	42.7645	17.8986
แบบที่ใช้ขนาดอันดับที่ (X_1)											
แบบที่ใช้ขนาดอันดับ (X_2)	348	36	1.6635	1.4391	1.4995	1.4172	.3830	2.2114	72	42.6092	19.4134
แบบข้างต้น (X_3)	348	24	.6488	.1790	1.9332	.5339	.0770	.2802	48	24.4023	13.9713

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้วิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี ในแต่ละวิธีนั้นแบบทดสอบรูปปริมาตรที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ยกเว้นเมื่อตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อที่แบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดคงที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วนแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัดมีจำนวนข้อน้อยที่สุด นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจะเห็นว่า เมื่อใช้วิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี ในแต่ละวิธีนั้นแบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุด ส่วนแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุด ยกเว้น เมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำที่แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุด

1.2 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถทางการเรียน

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบทั้งเต็มจำนวน 30 ข้อ ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโลจิสต์ 5 เพื่อหาค่าความสามารถทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคน ปรากฏผลค่าสถิติพื้นฐานดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถทางการเรียน (๑)

แบบทดสอบ	N	k	e	
			$\bar{x}$	s
แบบทดสอบทั้งเต็ม	348	30	- .1981	1.4552

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 6 แสดงให้เห็นว่า ความสามารถทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ - .1981 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.4552 ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน กล่าวคือ ความสามารถเฉลี่ยใกล้ศูนย์ และการกระจายของความสามารถใกล้ค่า 1.00 แสดงว่า มีข้อสอบบางข้อที่ยากหรือง่ายออกจากกลุ่มข้อสอบ และมีผู้สอบบางคนความสามารถสูงหรือต่ำกระจายออกจากกลุ่มไปบ้างเล็กน้อย

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริามิกแต่ละฉบับกับความสามารถทางการเรียน

ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบทดสอบรูปปริามิกแต่ละฉบับ มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียน โดยแยกผลวิเคราะห์ตามวิธีการตรวจให้คะแนน ปรากฏผลดังตาราง 7

ตาราง 7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริามิกแต่ละฉบับกับความสามารถทางการเรียน จำแนกตามวิธีการตรวจให้คะแนน

วิธีการตรวจให้คะแนน	แบบทดสอบรูปปริามิก	r_{xo}
y_1	x_1	.4028 ^{**}
	x_2	.4499 ^{**}
	x_3	.1796 ^{**}
y_2	x_1	.3799 ^{**}
	x_2	.1049 [*]
	x_3	.3324 ^{**}
y_3	x_1	.4825 ^{**}
	x_2	.5477 ^{**}
	x_3	.4548 ^{**}

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 7 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรทุกฉบับ กับความสามารถทางการเรียน มีค่าเป็นบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า โดยแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชิ้นแปดแผ่น กับความสามารถทางการเรียน มีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงสุด ส่วนแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างคัต กับความสามารถทางการเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวกต่ำสุด

เมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรทุกฉบับ กับความสามารถทางการเรียน มีค่าเป็นบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ทุกค่า โดยแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชิ้นคงที่ กับความสามารถทางการเรียน มีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงสุด ส่วนแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชิ้นแปดแผ่น กับความสามารถทางการเรียน มีความสัมพันธ์กันทางบวกต่ำสุด

เมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรทุกฉบับ กับความสามารถทางการเรียน มีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า โดยแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชิ้นแปดแผ่น กับความสามารถทางการเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงสุด ส่วนแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างคัต กับความสามารถทางการเรียน มีความสัมพันธ์กันทางบวกต่ำสุด

3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี เมื่อแยกผลวิเคราะห์ตามลักษณะของแบบทดสอบรูปปริมาตร ปรากฏผลดังตาราง 8

ตาราง 8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะของแบบทดสอบรูปปริมาตร

แบบทดสอบ	วิธีการตรวจ	y_1	y_2	y_3
x_1	y_1	-	.6122**	.7104**
	y_2		-	.6297**
	y_3			-
x_2	y_1	-	.1551**	.6297**
	y_2		-	.2375**
	y_3			-
x_3	y_1	-	.2380**	.3065**
	y_2		-	.6980**
	y_3			-

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 8 แสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี เมื่อแยกผลวิเคราะห์ตามลักษณะของแบบทดสอบรูปปริมาตร มีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า ซึ่งเมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงสุด ส่วนวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก มีความสัมพันธ์กันทางบวกต่ำสุด และเมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่

ตอบถูก กับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงสุด ส่วนวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ กับวิธีการตรวจให้คะแนน ตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก มีความสัมพันธ์กันทางบวกต่ำที่สุด

4. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดแต่ละฉบับ
กับความสามารถทางการเรียน

เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดแต่ละฉบับ
กับความสามารถทางการเรียนจำแนกตามวิธีการตรวจให้คะแนน ผู้วิจัยจึงนำค่าสหสัมพันธ์มา
ทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้สูตรของ ฮอลเทลลิง (Holtelling) ปรากฏผล
ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบ
รูปปริมาตรแต่ละฉบับ กับความสามารถทางการเรียน จำแนกตามวิธีการตรวจใช้คะแนน

วิธีการตรวจ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์		X_{10}	X_{20}	X_{30}
Y_1		ค่า r	.4028	.4499	.1796
	X_{10}	.4028	--	.0471	.2232**
	X_{20}	.4499		--	.2703**
	X_{30}	.1796			--
Y_2		ค่า r	.3799	.1043	.3320
	X_{10}	.3799	--	.2756**	.0479
	X_{20}	.1043		--	.2277**
	X_{30}	.3320 ⁴	correlation		--
Y_2		ค่า r	.4825	.5477	.4548
	X_{10}	.4825	--	.0652*	.0277
	X_{20}	.5477		--	.0929**
	X_{30}	.4548			--

**สำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

*สำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 9 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน กับความสามารถทางการเรียนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างคัต กับความสามารถทางการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบข้างคัต กับความสามารถทางการเรียนสูงกว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน กับความสามารถทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบข้างคัต กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน กับความสามารถทางการเรียนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่และแบบข้างคัตกับความสามารถทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่และแบบข้างคัต กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี จำแนกตามลักษณะของแบบทดสอบรูปปริมาตร

เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนน 3 วิธี จำแนกตามลักษณะของแบบทดสอบรูปปริมาตร ผู้วิจัยจึงนำค่าสหสัมพันธ์ภายในที่ได้แปลงเป็นคะแนนมาตรฐานของฟิชเชอร์ (Fisher's Z transformation) แล้วนำมาทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจ
ให้คะแนน 3 วิธี จำแนกตามลักษณะของแบบทดสอบรูปปริมาตร

แบบทดสอบ	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์		y_{12}	y_{13}	y_{23}
x_1		ค่า z	.7122	.8878	1.1441
	y_{12}	.7122	-	.1756*	.4319**
	y_{13}	.8878		-	.2563**
	y_{23}	1.1441			-
x_2		ค่า z	.1561	.7405	.2420
	y_{12}	.1561	-	.5844**	.0859
	y_{13}	.7405		-	.4985**
	y_{23}	.2420			-
x_3		ค่า z	.2426	.3168	.8634
	y_{12}	.2426	-	.0742	.6208**
	y_{13}	.3168		-	.5466**
	y_{23}	.8634			-

** อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 10 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดขั้นคงที่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ทุกค่า โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดขั้นแปรผัน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ กับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยที่ตอบถูกแตกต่างจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้ออย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบบางประการของแบบทดสอบรูปปิรามิดกับความสามารถทางการเรียนของนักเรียน ในวิชาคณิตศาสตร์
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบรูปปิรามิดในแต่ละรูปแบบ
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบบางประการของแบบทดสอบรูปปิรามิดกับความสามารถทางการเรียนของนักเรียน ในวิชาคณิตศาสตร์
4. เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบรูปปิรามิดในแต่ละรูปแบบ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา ในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 45 ห้องเรียน จำนวน 1,740 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มแบบธรรมดา (Simple Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ประกอบด้วยแบบทดสอบสองประเภท คือ

1. แบบทดสอบรูปปิรามิด

แบบทดสอบรูปปิรามิดเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแบบจำลองรูปปิรามิด มีจำนวน 3 ฉบับ ดังนี้

- 1.1 แบบทดสอบฉบับรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่
 - 1.2 แบบทดสอบฉบับรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน
 - 1.3 แบบทดสอบฉบับรูปปริมาตร แบบข้างตัด
2. แบบทดสอบดั้งเดิม

วิธีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้

1. วางแผนในการดำเนินการสอบ โดยติดต่อขอความร่วมมือในการนำเครื่องมือหรือแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ตลอดจนกำหนดวันและเวลาในการสอบ
2. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้น จำนวน 200 ข้อ มาจัดทำเป็น 8 ฉบับ ๆ ละ 50 ข้อ ฉะนั้นข้อสอบแต่ละข้อจะถูกจัดเข้าในฉบับใดฉบับหนึ่งเข้าหนึ่งครั้ง และนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1,392 คน ประมาณ 36 ห้องเรียน โดยนักเรียนคนที่ 1,2,...,8,9,...,16 สอบแบบทดสอบฉบับที่ 1,2,...,8,1,2,...,8 ฉะนั้นจำนวนนักเรียนที่ตอบแบบทดสอบในแต่ละฉบับจะมีจำนวนเท่า ๆ กัน
3. นำผลการสอบในข้อ 2 มาตรวจให้คะแนน แล้วจัดเตรียมข้อมูล สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบ และวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ โดยแยกเตรียมข้อมูลตามรายข้อที่กลุ่มตัวอย่างได้ตอบเนื่องจากในแบบทดสอบทั้ง 8 ฉบับ จำนวน 200 ข้อ มีข้อสอบที่จัดเข้าหนึ่งครั้ง เมื่อนำมาแยกตามรายข้อจึงแยกได้เป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 50 ข้อ
4. นำแบบทดสอบฉบับรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม ซึ่งทดสอบแล้วว่ามีโพอิงอินฟอร์เมชันใกล้เคียงกัน ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 348 คน ประมาณ 9 ห้องเรียน แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ และทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งไว้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ความมุ่งหมายและสมมุติฐานของการศึกษากันไว้ดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าคะแนนเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ และความสามารถทางการเรียน
2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับกับความสามารถทางการเรียน
3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี
4. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับกับความสามารถทางการเรียน
5. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ เมื่อแยกผลวิเคราะห์ตามวิธีการตรวจให้คะแนน พบว่าในแต่ละวิธีการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด และแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างคี่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างคี่มีจำนวนข้อสอบน้อยกว่า นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะเห็นว่าในแต่ละวิธีการตรวจให้คะแนนนี้แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปดมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุด ส่วนแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างคี่มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุด ยกเว้นเมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำที่แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปดที่มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุด

1.2 ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถทางการเรียน พบว่า ค่าเฉลี่ยของความสามารถทางการเรียนของนักเรียนใกล้เคียงค่ามาตรฐาน กล่าวคือ ความสามารถเฉลี่ยใกล้เคียงและมีผลการกระจายของระดับความสามารถทางการเรียนน้อย

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับกับความสามารถทางการเรียน พบว่า แบบทดสอบรูปปริมาตรทุกฉบับซึ่งตรวจให้คะแนนแต่ละวิธีกับความสามารถทางการเรียน มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ทุกค่า ซึ่งเมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ และวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชิ้นแปรรัน กับความสามารถทางการเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงสุด ส่วนแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัดกับความสามารถทางการเรียน มีความสัมพันธ์กันทางบวกต่ำสุด และเมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชิ้นแปรรันกับความสามารถทางการเรียน มีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงสุด ส่วนแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชิ้นแปรรันกับความสามารถทางการเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวกต่ำสุด

3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี เมื่อแยกผลวิเคราะห์ตามลักษณะของแบบทดสอบพบว่า วิธีการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธีมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า ซึ่งเมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชิ้นคงที่และขนาดชิ้นแปรรัน วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงสุด ส่วนวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกกับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ มีความสัมพันธ์กันทางบวกต่ำสุด และเมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก กับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงสุด ส่วนวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก มีความสัมพันธ์กันทางบวกต่ำสุด

4. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับ กับความสามารถทางการเรียน พบว่า เมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่และแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน กับความสามารถทางการเรียนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่และแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียนสูงกว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผันกับความสามารถทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาในวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน กับความสามารถทางการเรียนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่และแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่และแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี พบว่า เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก กับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อมีค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดขึ้นแปรผัน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก กับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ และวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ กับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

และเมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ กับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกแตกต่างจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผล

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับ ซึ่งตรวจให้คะแนนแต่ละวิธี กับความสามารถทางการเรียนมีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ทุกค่า ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ในข้อ 1.1, 1.2 และข้อ 1.3 และสอดคล้องกับการศึกษาของแฮนเซน (Larkin and Weiss. 1975 : citing Hansen.

1969) ที่พบว่าคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบรูปปริมาตรมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบดั้งเดิม เมื่อตัวเกณฑ์คือ เกเรตเฉลี่ย และคะแนนจากแบบทดสอบอิงเกณฑ์ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสอดคล้องกับการศึกษาของลินน์และคณะ (Larkin and Weiss. 1974 : 5 citing Linn and others. 1969) ที่ว่า แบบทดสอบรูปปริมาตรชนิด 10 ชั้นที่มีขนาดชั้นคงที่ คือ มีความแตกต่างระหว่างค่าความยากของข้อสอบในชั้นที่อยู่ติดกันประมาณ .02 มีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ 2 ชุด ซึ่งใช้เป็นตัวเกณฑ์สูงกว่าความสัมพันธ์กับแบบทดสอบดั้งเดิม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า แบบทดสอบรูปปริมาตรที่มีข้อสอบที่นักเรียนจะต้องตอบจำนวนน้อยข้อจะมีความเที่ยงตรงในเมื่อเปรียบเทียบกับแบบทดสอบดั้งเดิม โดยแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน ซึ่งตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ และตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางการเรียนสูงสุด และเมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางการเรียนสูงสุด

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนน 3 วิธี โดยแยกผลวิเคราะห์ตามแบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับ พบว่า วิธีการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธีมีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า เป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 2 โดยในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงสุด และเมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบช่วงตัด วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีความสัมพันธ์ทางบวกสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ลาร์กินและไวสส์ (Larkin and Weiss. 1974 : 10 - 43) ที่ว่าวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ มีความสัมพันธ์กับวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่น ๆ สูงสุด และมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่น ๆ เช่นกัน

3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับ กับความสามารถ เมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ ปรากฏว่าไม่เป็นไปตามสมมุติฐาน ข้อที่ 3.1 นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผันกับความสามารถทางการเรียน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และขนาดชั้นแปรผัน กับความสามารถทางการเรียนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัดกับความสามารถทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน มีจำนวนข้อสอบที่นักเรียนต้องตอบเท่ากันทุกฉบับ คือ 8 ข้อ ทั้ง 2 ฉบับ เมื่อตรวจให้คะแนนตาม ค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ จึงมีตัวหารเพื่อหาค่าเฉลี่ยของนักเรียนแต่ละคนเท่ากัน ซึ่งอาจทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติ แต่ในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัดมีหีสัยค่าความยากและจำนวนข้อสอบน้อยกว่า แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับแรก และจำนวนข้อสอบที่นักเรียนจะหึ่งตอบแต่ละคนก็ไม่เท่ากันจึงอาจ ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบที่ใช้ขนาดชั้น แปรผันกับความสามารถทางการเรียน

เมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ กับความสามารถทางการเรียน ไม่เป็นไปตามสมมุติฐาน ข้อที่ 3.2 นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียนสูงกว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน กับความสามารถทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัดนั้นจะตัดข้อสอบที่มีความยากสูงสุดหรือ ค่าสุดทั้งไป จึงลดประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่จะจำแนกความสามารถของผู้สอบที่มีความ

สามารถอยู่บริเวณสูงสุดหรือต่ำสุด ฉะนั้นจึงเหมาะที่จะวัดความสามารถในระดับความสามารถปานกลาง (เฉลี่ยใกล้ศูนย์) และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ก็มีค่าเฉลี่ยของระดับความสามารถใกล้เคียงศูนย์ เมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียนจึงมีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปดฟัน กับความสามารถทางการเรียน

เมื่อตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดแต่ละฉบับ กับความสามารถทางการเรียนไม่เกินไปตามสมมุติฐานข้อ 3.3 นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบที่ใช้ขนาดชั้นกลางที่และแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปดฟัน กับความสามารถทางการเรียนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบที่ใช้ขนาดชั้นกลางที่ และแบบข้างตัด กับความสามารถทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปดฟันมีความเที่ยงตรงในการให้คะแนนมากกว่า ๑ กันในทุกระดับความสามารถ โดยมีจำนวนข้อสอบไม่มากกว่าแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบที่ใช้ขนาดชั้นกลางที่ (Weiss. 1974 : 18 citing Paterson. 1962) และจากคำกล่าวของ ไวสส์ (Weiss. 1984 : 25) ที่ว่า แบบทดสอบรูปปิรามิดแบบข้างตัดมีข้อบกพร่องคือ เป็นการลดประสิทธิภาพของแบบทดสอบที่จะจำแนกความสามารถของผู้สอบที่มีความสามารถอยู่บริเวณสูงสุดหรือต่ำสุด ฉะนั้นจึงอาจทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปดฟันกับความสามารถทางการเรียนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดกับความสามารถทางการเรียน แต่ไม่แตกต่างกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบที่ใช้ขนาดชั้นกลางที่กับความสามารถทางการเรียน

4. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี พบว่า เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นกลางที่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4.1 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นเฉพาะ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนของข้อสอบที่ตอบถูก กับ วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำและวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ กับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ลาร์กินและไวสส์ (Larkin and Weiss. 1974 : 10 - 43) ที่ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ กับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อมีค่าสูงสุด

เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างคัก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก ที่แตกต่างจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อมีค่าสูงมาก (Larkin and

Weiss. 1974 : 10 - 34) และในปี ค.ศ. 1975 ลาร์กินและไวส์ (Larkin and Weiss. 1975 : 1 - 27) ก็ได้ศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกมีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่น ๆ จึงอาจทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก แตกต่างจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้ออย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. ควรมีการศึกษาวิจัยถึงรูปแบบหรือโครงสร้างของการจัดเรียงข้อสอบในรูปแบบใด ๆ เช่น จัดเรียงข้อสอบตามแบบจำลองรูปปิรามิดที่ใช้จำนวนชั้นมากกว่าหรือน้อยกว่า 8 ชั้น หรือใช้กฎการแยกทางแบบเพิ่มหนึ่ง/ลดสอง แทนกฎการแยกทางแบบเพิ่มหนึ่ง/ลดหนึ่ง หรือศึกษาวิธีการจัดเรียงข้อสอบแบบมีข้อสอบหลายข้อในแต่ละชั้น แบบชนิดสองชั้น (Two Stage) หรือวิธีการจัดเรียงข้อสอบแบบปรับตัวขึ้น (Stradaptive Test)
2. ควรมีการศึกษาวิจัยโดยการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อตามทฤษฎีคลาสสิกอล (The Classical Test Theory) ด้วยวิธีเพลลิด 27% ในครั้งแรกก่อนเพื่อแก้ไขปรับปรุงข้อเลือกและตัวดวงของข้อสอบ แล้วจึงนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างอีกครั้งหนึ่งและนำมาวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโลจิส เพื่อหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกและค่าสัมประสิทธิ์การแตก ที่จะนำมาใช้คัดเลือกข้อสอบ สำหรับสร้างเป็นกลุ่มข้อสอบในการจัดเรียงข้อสอบตามโครงสร้างที่ได้ออกการศึกษาต่อไป
3. ควรมีการศึกษาถึงจำนวนข้อสอบที่เหมาะสมของแบบทดสอบทั้งเต็มที่จะนำคะแนนมาประมาณค่าความสามารถทางการเรียนเพื่อใช้เป็นตัวเกณฑ์ เช่น กำหนดจำนวนข้อสอบเป็น 20 ข้อ 30 ข้อ 40 ข้อ หรือ 50 ข้อ แล้วศึกษาว่าแบบใดจะเหมาะสมที่สุด

4. ควรมีการศึกษาปรับปรุงวิธีการดำเนินการสอบ เช่น ปรับปรุงกระดาษคำตอบให้มีความสะดวกสบายในการตอบของนักเรียน หรือใช้คอมพิวเตอร์ในการดำเนินการสอบ เพื่อกำหนดข้อสอบที่นักเรียนจะต้องตอบเป็นข้อต่อไปแทนการใช้กระดาษคำตอบ ทั้งนี้เพราะการดำเนินการสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์นั้น ผู้สอบจะไม่สามารถเห็นข้อสอบทุกข้อในแบบทดสอบแต่ละฉบับ และยังสามารถประมาณค่าความสามารถของผู้สอบแต่ละคนได้ทันทีเมื่อตอบข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ ถูกต้อง หรือผิด

5. ควรมีการศึกษาถึงความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากการวัด (Standard Error of Measurement) ในการวิจัยต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ชวาล แพทย์กุล เทคนิคการเขียนข้อสอบ โรงพิมพ์คุรุสภา 2520, 407 หน้า
- ผจงจิต อินทสุวรรณ "Latent Trait Theory" วารสารวัดผลการศึกษา 3(3) :
51 - 69 มกราคม - เมษายน 2525
- _____ ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ม.ป.ท. 2528, 125 หน้า
- ส่ว ส่ายยศ และอังคณา ส่ายยศ หลักการวิจัยทางการศึกษา หวีกิจการพิมพ์ 2524,
287 หน้า
- _____ สถิติวิทยาทางการศึกษา วัฒนาพานิช 2522, 276 หน้า
- สงบ ลักษณะ "ความสามารถเกี่ยวกับการตอบข้อสอบ" วารสารวัดผลการศึกษา 4(1) :
47 - 54, 88 - 93 พฤษภาคม - สิงหาคม 2525
- _____ "การเทียบคะแนนระหว่างแบบทดสอบ" วารสารวัดผลการศึกษา 4(2) :
21 - 32 กันยายน - ธันวาคม 2525
- สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์ และอนุสรณ์ สกุลฤดี การประเมินผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ม.ป.ป., 146 หน้า
- สำเริง บุญเรืองรัตน์ "การพัฒนาทฤษฎีเลเด็นเทรทเพื่อวิเคราะห์ข้อสอบ" วารสารวัดผล
การศึกษา 4(2) : 1 - 3 กันยายน - ธันวาคม 2525
- Green, Bert F. "Technical Guidelines For Assessing Computerrized Adaptive Tests," Journal of Educational Measurement. 21(4) :
347 - 360, 1984.
- Gronlund, Norman E. Constructing Achievement Test. 3th ed.,
Prentice - Hall Inc., 1982. 132 p.
- Guildford, Joy Haul. and Fruchter, Benjamin. Fundamental Statistics In Psychology and Education. 6th ed., Tokyo, McGraw-Hill
Kogakuaha, 1978. 545 p.
- Haladyna, Thomas M. and Roid, Gale H. A Technology for Test Item Writing. New York, Academic Press, 1982. 247 p.
- Hambleton, Ronald K. and Cook, Linda L. "Latent Trait Models and Their Use In The Analysis of Educational Test Data," Journal of Educational Measurement. 14(2) : 75 - 96, 1977.

Larkin, Kevin C. and Weiss, David J. An Empirical Comparison of Two-Stage and Pyramidal Adaptive Ability Testing. Research Report, Psychometric Methods Program, Department of Psychology, University of Minnesota Minneapolis, 1975. 27 p.

An Empirical Investigation of Computer Administered Pyramidal Ability Testing. Research Report, Psychometric Methods Program, Department of Psychology, University of Minnesota Minneapolis, 1974. 54 p.

Lord, F.M. "Robbins-Monra Procedures For Tailored Testing," Education and Psychological Measurement. 31 : 3 - 61, 1971.

"Practical Application of Item Characteristic Curve Theory," Journal of Educational Measurement. 14 : 117 - 138, 1977.

Application of Item Response Theory to Practical Testing Problems. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1980. 247 p.

Lord, F.M. and Novick, M.R. Statistical Theories of Mental Test Scores. Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1968. 568 p.

Rudner, Lawrence. "A Closer Look At Latent Trait Parameter Invariance," Educational and Psychological Measurement. 43 : 951 - 955, 1983.

Urry, Vern W. "Tailored Testing : A Successful Application of Latent Trait Theory," Journal of Educational Measurement. 14(2) : 181 - 196, 1977.

Vale, C.D. and Weiss, D.J. A Simulation Study of Stratified Ability Testing. Research Report, Psychometric Method Program, Department of Psychology, University of Minnesota, Minneapolis, 1975.

Warm, Thomas A. A Primer of Item Response Theory. Oklahoma, Coast Guard Institute, 1979.

X Weiss, David J. Strategies of Adaptive Ability Measurement. Research Report, Psychometric Method Program, Department of Psychology, University of Minnesota Minneapolis, 1975. 78 p.

- Weiss, David J. and Kingsbury Gage G. "Application of Computerized Adaptive Testing To Educational Problems," Journal of Educational Measurement. 21(4) : 361 - 375, 1984.

Wright, Benjamin D. and Stone Mark H. Best Test Design. Chicago, Mesa Press, 1979. 222 p.

מחשבות

ภาคผนวก ก

ตาราง ค่าประมาณคอมมูนาลิตี้ (Estimate Communality)
ค่าไอเกนแวลิว (Eigen Value) เปอร์เซนต์ความแปรปรวนและ
ค่าเปอร์เซนต์ความแปรปรวนสะสม ของแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์
ทั้ง 4 กลุ่ม

ตาราง 11 ค่าประมาณคอมมูนาลิตี้ (Estimate Communality) ค่าไอเกนแวลิว (Eigen Value) เพอร์เซ็นต์ความแปรปรวน และค่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนสะสม ของแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 4 กลุ่ม ๆ ละ 50 ข้อ

แบบทดสอบ	ค่าประมาณ คอมมูนาลิตี้	องค์ประกอบ	ค่าไอเกนแวลิว	ค่าเปอร์เซ็นต์ ความแปรปรวน	ค่าเปอร์เซ็นต์ความ แปรปรวนสะสม
กลุ่มที่ 1	.31639	1	7.81265	15.6	15.6
	.45511	2	2.04964	4.1	19.7
	.47122	3	1.99734	4.0	23.7
	.43031	4	1.70224	3.4	27.1
	.34823	5	1.64532	3.3	30.4
กลุ่มที่ 2	.64144	1	9.19793	18.4	18.4
	.52248	2	2.23437	4.5	22.9
	.66604	3	1.80888	3.6	26.5
	.72650	4	1.72223	3.4	29.9
	.59970	5	1.65288	3.3	33.2
กลุ่มที่ 3	.32385	1	10.09475	20.2	20.2
	.19710	2	1.93552	3.9	24.1
	.21140	3	1.88021	3.9	27.8
	.27315	4	1.62542	3.3	31.1
	.27680	5	1.61769	3.2	34.3

ตาราง 11 (ต่อ)

แบบทดสอบ	ค่ากระประมาณ กอมมูลาลิตี	องค์ประกอบ	ค่าไอเกนแวลว	ค่าเปอร์เซนต์ ความแปรปรวน	ค่าเปอร์เซนต์ความ แปรปรวนสะสม
กลุ่มที่ 4	.61766	1	5.89815	11.8	11.8
	.62741	2	2.71188	5.4	17.2
	.63424	3	2.14365	4.3	21.5
	.76754	4	2.10777	4.2	25.7
	.77999	5	1.88267	3.8	29.5

ภาคผนวก ข

ตาราง ค่าการมีเทอร์ ค่าความน่าจะเป็นในการคอม ค่าอินฟอร์เมชัน
ของข้อสอบ และค่าอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ ของแบบทดสอบรูปปรามิต
ทั้ง 3 ฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม

ตาราง 12 ค่าพหามิตเตอร์ ความน่าจะเป็นในการตอบ และอินฟลูเอนซ์เพิ่มขึ้นของข้อสอบ ของแบบทดสอบรูปปรีวิดิเมนต์ที่พัฒนาขึ้น

ข้อ	พหามิตเตอร์			ความน่าจะเป็นในการตอบ							อินฟลูเอนซ์เพิ่มขึ้นของข้อสอบ						
				-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
	a	b	c														
1	0.964	-0.087	.045	.054	.085	.220	.557	.862	.970	.994	.003	.050	.318	.613	.175	.078	.016
2	0.729	-	.325	.061	.136	.321	.610	.842	.948	.984	.028	.121	.296	.353	.202	.075	.023
3	1.216	.225	.098	.099	.107	.165	.446	.848	.978	.998	.000	.004	.118	.789	.527	.093	.012
4	0.827	-	.414	.067	.137	.336	.658	.885	.969	.992	.017	.117	.363	.424	.199	.059	.015
5	1.177	-	.088	.161	.177	.276	.616	.914	.987	.998	.000	.008	.203	.736	.303	.050	.007
6	1.954	.480	.147	.147	.147	.153	.291	.871	.995	.999	.000	.000	.003	.765	1.175	.060	.002
7	.990	-	.929	.054	.163	.484	.831	.963	.993	.999	.043	.291	.568	.393	.099	.020	.004
8	1.486	-	.388	.102	.116	.259	.754	.974	.998	.999	.000	.014	.564	1.097	.126	.014	.001
9	.905	.219	.118	.125	.146	.236	.486	.796	.947	.988	.001	.014	.136	.435	.358	.118	.028
10	1.846	.901	.276	.276	.276	.278	.316	.694	.978	.999	.000	.000	.000	.066	1.448	.211	.010
11	.839	-1.106	.025	.087	.238	.549	.833	.954	.989	.997	.085	.310	.482	.280	.089	.023	.006
12	1.283	-	.562	.062	.097	.320	.786	.970	.996	.999	.002	.077	.781	.773	.139	.016	.002
13	1.484	.037	.185	.186	.190	.241	.574	.934	.994	.999	.000	.001	.093	1.074	.379	.036	.003
14	.979	.435	.218	.221	.231	.284	.474	.780	.946	.989	.000	.003	.049	.328	.403	.136	.029

ตาราง 12 (ต่อ)

No	พารามิเตอร์			ความน่าจะเป็นในการทดสอบ							สัมประสิทธิ์การแปรผันของข้อมูล						
	a	b	c	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
15	.823	1.130	.162	.165	.173	.203	.305	.543	.809	.943	.000	.001	.018	.130	.340	.276	.103
16	.476	1.495	.145	.341	.478	.657	.804	.900	.952	.978	.066	.110	.122	.095	.057	.029	.014
17	.891	-.833	.045	.079	.184	.462	.789	.944	.987	.997	.095	.216	.510	.372	.121	.029	.007
18	1.459	-.353	.297	.298	.309	.415	.793	.976	.997	.999	.000	.004	.243	.799	.139	.013	.001
19	2.000	.404	.235	.235	.235	.241	.389	.911	.997	.999	.000	.000	.002	.739	.884	.039	.001
20	1.321	.903	.120	.120	.121	.132	.222	.608	.931	.992	.000	.000	.006	.239	1.000	.316	.039
21	1.624	1.423	.168	.168	.168	.169	.184	.365	.859	.989	.000	.000	.000	.093	.743	.861	.079
22	.802	-1.645	.027	.160	.398	.715	.907	.974	.993	.998	.181	.408	.371	.156	.047	.012	.003
23	.913	-1.051	.027	.072	.209	.333	.841	.961	.992	.998	.066	.317	.570	.319	.089	.020	.004
24	.888	-.586	.027	.050	.122	.347	.697	.912	.979	.995	.024	.156	.463	.470	.182	.047	.011
25	1.168	.138	.088	.090	.104	.175	.482	.861	.978	.997	.000	.007	.167	.790	.458	.083	.012
26	1.390	.533	.185	.185	.187	.206	.365	.797	.975	.998	.000	.000	.014	.474	.803	.133	.013
27	1.794	1.054	.071	.071	.071	.073	.107	.497	.951	.998	.000	.000	.000	.116	1.980	.432	.023
28	.979	1.720	.158	.159	.160	.167	.204	.353	.675	.910	.000	.000	.002	.032	.502	.217	

ตาราง 12 (ต่อ)

ข้อ	พารามิเตอร์			ความน่าจะเป็นในการตอบ							สัมประสิทธิ์การวัดของข้อสอบ						
	a	b	c	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
29	1.355	-1.866	.195	.250	.536	.904	.989	.999	.999	.999	.074	.823	.438	.056	.006	.001	.000
30	1.058	-1.315	.027	.072	.247	.648	.916	.985	.997	.999	.088	.503	.716	.246	.047	.008	.001
31	.971	-.842	.045	.071	.168	.416	.810	.957	.991	.998	.027	.224	.604	.410	.113	.023	.004
32	.980	-.163	.084	.091	.125	.266	.604	.885	.976	.995	.002	.039	.303	.587	.277	.065	.013
33	.864	.378	.240	.245	.263	.329	.517	.782	.936	.984	.000	.005	.060	.268	.305	.124	.033
34	1.850	.874	.245	.245	.245	.247	.290	.696	.979	.999	.000	.000	.000	.087	1.542	.203	.009
35	1.670	1.132	.118	.118	.118	.120	.152	.477	.931	.996	.000	.000	.000	.067	1.464	.509	.035
36	2.000	1.963	.193	.193	.193	.193	.194	.222	.621	.977	.000	.000	.000	.000	.054	1.985	.258

ตาราง 13 ค่าการมีเงื่อนไข ความน่าจะเป็นในการตอบ และอินพุตในตารางข้อมูลตาม แผนการสอนรูปแบบที่ใช้มาทั้งหมด

ข้อ	การมีเงื่อนไข			ความน่าจะเป็นในการตอบ							อินพุตในตารางข้อมูลตาม						
	a	b	c	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
1	.964	-.087	.046	.053	.085	.220	.557	.862	.969	.994	.003	.049	.318	.614	.313	.079	.016
2	.989	-.939	.025	.043	.291	.484	.831	.963	.993	.999	.044	.291	.668	.393	.099	.020	.003
3	1.321	.903	.120	.027	.029	.041	.140	.566	.924	.991	.000	.000	.022	.417	1.185	.354	.043
4	1.058	-1.315	.027	.146	.307	.676	.923	.986	.998	.999	.040	.372	.632	.225	.044	.007	.001
5	1.261	-.035	.105	.106	.118	.205	.569	.912	.989	.999	.000	.007	.224	.936	.360	.051	.006
6	1.623	1.423	.168	.247	.250	.266	.338	.554	.832	.959	.000	.000	.000	.012	.745	.861	.079
7	.802	-1.645	.027	.160	.398	.715	.907	.974	.993	.998	.181	.408	.370	.156	.046	.012	.003
8	1.383	-.692	.130	.133	.168	.414	.857	.984	.998	.999	.000	.053	.834	.644	.087	.008	.001
9	1.446	.687	.101	.101	.102	.115	.241	.715	.966	.997	.000	.000	.001	.462	1.123	.199	.018
10	1.100	1.583	.114	.114	.115	.121	.158	.337	.721	.942	.000	.000	.002	.045	.435	.635	.189
11	.351	-1.744	.145	.440	.540	.666	.777	.861	.917	.952	.051	.064	.066	.056	.040	.026	.016
12	.839	-1.106	.025	.087	.238	.550	.833	.954	.989	.997	.085	.310	.483	.280	.089	.023	.005
13	1.268	.118	.177	.178	.186	.243	.536	.893	.986	.998	.000	.002	.037	.765	.421	.064	.008
14	1.240	1.158	.167	.167	.168	.176	.233	.515	.879	.983	.000	.000	.002	.093	.729	.446	.073

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อ	พหุนาม			ความน่าจะเป็นในการสอบ							อันดับเปอร์เซ็นต์รายข้อของข้อสอบ						
	a	b	c	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
15	2.022	1.819	.205	.206	.206	.206	.207	.250	.722	.986	.000	.000	.000	.000	.113	1.922	.156
16	2.169	-1.826	.025	.038	.362	.956	.998	.999	.999	1.000	.058	2.857	.573	.016	.000	.000	.000
17	.703	-1.127	.145	.228	.368	.605	.823	.938	.980	.994	.045	.166	.269	.192	.082	.028	.009
18	1.283	-0.562	.057	.062	.097	.319	.786	.969	.996	.999	.002	.007	.781	.773	.139	.017	.002
19	1.519	.573	.037	.037	.038	.053	.215	.760	.976	.998	.000	.000	.034	.835	1.187	.153	.012
20	.949	1.228	.246	.163	.163	.163	.168	.318	.902	.997	.000	.000	.005	.075	.350	.318	.099
21	1.355	1.866	.195	.195	.196	.197	.206	.296	.659	.945	.000	.000	.000	.004	.185	.911	.268
22	.351	-1.864	.145	.433	.555	.681	.789	.869	.923	.956	.053	.066	.065	.054	.038	.025	.015
23	.991	-1.681	.027	.122	.386	.766	.946	.989	.998	.999	.195	.614	.500	.145	.030	.006	.001
24	.912	-1.050	.027	.072	.209	.533	.840	.961	.992	.998	.066	.317	.570	.319	.090	.020	.004
25	1.163	.120	.135	.137	.148	.220	.516	.871	.979	.997	.000	.005	.134	.712	.420	.078	.011
26	2.000	1.051	.141	.141	.141	.142	.165	.533	.967	.999	.000	.000	.000	.044	2.120	.362	.013
27	.979	1.720	.158	.159	.160	.167	.204	.353	.675	.911	.000	.000	.002	.032	.272	.502	.217
28	.813	1.910	.082	.802	.803	.805	.815	.846	.907	.964	.000	.000	.000	.002	.017	.055	.088

ตาราง 13 (ต่อ)

No	พารามิเตอร์			ความน่าจะเป็นในการทดสอบ							อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของผลตอบแทน						
	a	b	c	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
29	.916	-2.078	.145	.469	.582	.693	.787	.863	.914	.948	.047	.054	.052	.044	.032	.021	.014
30	.714	-1.829	.027	.216	.463	.740	.905	.970	.991	.997	.202	.343	.278	.126	.043	.013	.004
31	.476	-1.495	.145	.341	.487	.657	.804	.898	.952	.978	.066	.120	.122	.095	.057	.029	.014
32	.888	-.526	.027	.050	.122	.347	.697	.912	.979	.995	.024	.156	.463	.470	.183	.047	.011
33	2.000	.517	.129	.130	.130	.135	.258	.859	.994	.999	.000	.000	.002	.722	1.333	.064	.002
34	1.669	1.132	.118	.118	.118	.120	.152	.471	.931	.035	.000	.000	.000	.067	1.464	.509	.305
35	2.168	1.856	.161	.262	.262	.262	.263	.292	.727	.989	.000	.000	.000	.000	.055	2.025	.143
36	2.000	1.921	.206	.206	.206	.206	.207	.239	.656	.980	.000	.000	.000	.000	.064	1.946	.221

ตาราง 14 ค่าพหุนามเทออร์ ความน่าจะเป็นในการตอบ และสัมประสิทธิ์ของข้อสอบ ของแบบทดสอบรูปปรนัยแบบ 5 ข้อ

ข้อ	พหุนามเทออร์			ความน่าจะเป็นในการตอบ							สัมประสิทธิ์ของข้อสอบ						
	a	b	c	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
1	1.028	.120	.137	.140	.158	.243	.523	.847	.969	.994	.000	.009	.145	.558	.373	.091	.017
2	.980	-.163	.083	.092	.125	.266	.604	.685	.976	.995	.002	.039	.303	.587	.277	.065	.013
3	1.228	.224	.101	.103	.110	.166	.448	.852	.979	.997	.000	.003	.114	.798	.629	.091	.012
4	.827	-.414	.045	.069	.138	.336	.658	.885	.969	.992	.017	.116	.363	.423	.199	.059	.015
5	1.484	-.051	.110	.111	.116	.184	.584	.942	.995	.999	.000	.002	.197	1.287	.346	.031	.003
6	2.000	.503	.239	.239	.239	.243	.355	.881	.995	.999	.000	.000	.001	.491	1.110	.054	.002
7	.989	-.929	.025	.054	.163	.484	.831	.963	.993	.999	.044	.291	.668	.393	.099	.020	.004
8	1.459	-.353	.297	.298	.309	.415	.793	.976	.998	.999	.000	.004	.243	.799	.139	.013	.001
9	.911	.319	.152	.157	.175	.250	.474	.781	.942	.987	.000	.008	.095	.383	.370	.129	.031
10	1.846	.901	.276	.276	.276	.278	.316	.694	.978	.999	.000	.000	.002	.066	1.448	.211	.010
11	.888	-.526	.027	.050	.122	.347	.697	.912	.979	.995	.024	.155	.463	.470	.183	.047	.011
12	1.308	.006	.156	.157	.165	.237	.575	.917	.990	.999	.000	.003	.147	.902	.366	.048	.005
13	1.063	.406	.406	.108	.117	.171	.396	.772	.953	.992	.000	.004	.084	.525	.535	.146	.026
14	.929	-.829	.025	.056	.158	.447	.723	.949	.989	.998	.041	.246	.577	.404	.121	.027	.006

ตาราง 14 (ต่อ)

No	พารามิเตอร์			ความน่าจะเป็นในการตอบ							อีกลักษณะหนึ่งของข้อสอบ						
	a	b	c	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
15	1.486	-.388	.101	.102	.116	.259	.754	.974	.998	.999	.000	.014	.564	1.097	.162	.014	.001
16	1.435	.386	.102	.102	.105	.132	.354	.836	.983	.999	.000	.000	.045	.854	.781	.100	.009
17	.825	.727	.120	.124	.138	.191	.353	.643	.874	.965	.000	.006	.055	.254	.366	.209	.066
18	1.368	-.464	.073	.075	.098	.280	.765	.970	.997	.999	.000	.037	.694	.927	.156	.016	.002
19	1.539	-.073	.201	.201	.206	.266	.639	.955	.997	.999	.000	.001	.125	1.162	.290	.024	.002
20	.803	.608	.076	.082	.101	.168	.356	.659	.880	.966	.001	.013	.092	.310	.384	.193	.061
21	1.383	-.692	.130	.133	.168	.414	.857	.964	.998	.999	.001	.053	.834	.644	.867	.009	.001
22	.729	-.325	.027	.061	.136	.321	.610	.842	.948	.985	.029	.121	.296	.353	.202	.075	.023
23	1.047	.341	.078	.080	.092	.156	.403	.782	.954	.992	.000	.007	.122	.584	.515	.137	.025
24	2.000	.805	.236	.236	.236	.238	.282	.740	.987	.999	.000	.000	.000	.109	1.767	.146	.005

ตาราง 15 ค่าพหุคูณการกระจาย การกระจายเป็นการกระจาย และค่าพหุคูณการกระจาย ของแบบทดสอบคงเดิม

No	พหุคูณการกระจาย			ความน่าจะเป็นในการทดสอบ							ค่าพหุคูณการกระจาย						
	a	b	c	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
1	.913	-1.051	.027	.072	.209	.533	.841	.961	.992	.998	.066	.317	.570	.319	.090	.020	.004
2	.991	-1.681	.027	.122	.386	.766	.946	.989	.998	.999	.195	.614	.500	.145	.030	.006	.001
3	1.283	-.562	.058	.062	.097	.320	.786	.970	.996	.999	.002	.077	.781	.773	.139	.017	.002
4	1.466	-.388	.101	.102	.118	.259	.754	.974	.993	.999	.000	.014	.564	1.097	.162	.014	.001
5	.888	-.526	.027	.050	.122	.347	.697	.912	.979	.995	.024	.156	.463	.470	.183	.047	.011
6	.949	1.228	.246	.247	.250	.266	.338	.555	.832	.959	.000	.000	.005	.075	.350	.318	.100
7	1.768	.113	.230	.230	.231	.260	.550	.950	.997	.999	.000	.000	.030	1.278	.417	.024	.001
8	2.000	.801	.299	.299	.300	.301	.343	.764	.983	.999	.000	.000	.000	.084	1.570	.132	.005
9	1.695	-.531	.141	.144	.155	.320	.848	.980	.999	.999	.000	.009	.749	1.009	.084	.005	.000
10	1.449	-.181	.070	.070	.080	.179	.637	.952	.996	.999	.000	.009	.384	1.286	.276	.026	.002
11	2.000	.805	.236	.236	.236	.238	.282	.740	.987	.999	.000	.000	.000	.109	1.767	.146	.005
12	1.899	.148	.268	.269	.269	.284	.545	.961	.999	.999	.000	.000	.012	1.360	.415	.016	.001
13	1.303	-.692	.130	.133	.168	.414	.857	.684	.998	.999	.001	.053	.834	.644	.087	.009	.001
14	1.459	-.353	.297	.298	.309	.415	.793	.976	.998	.999	.000	.004	.243	.799	.139	.013	.001
15	.950	-.929	.025	.054	.163	.484	.831	.963	.993	.999	.044	.291	.668	.393	.039	.020	.004

ตาราง 15 (ต่อ)

No	พหุนามดีเทอร์มิแนนต์			ความน่าจะเป็นในการทดสอบ							อัตรากำลังในการคำนวณ						
	a	b	c	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0	-3.0	-2.0	-1.0	0	1.0	2.0	3.0
16	.924	.794	.056	.058	.067	.109	.266	.604	.877	.980	.000	.005	.064	.338	.546	.263	.068
17	.929	.829	.025	.056	.158	.447	.793	.949	.989	.998	.042	.246	.577	.404	.121	.027	.006
18	1.364	.464	.073	.075	.098	.280	.927	.970	.997	.999	.000	.037	.694	.927	.156	.016	.002
19	1.624	1.423	.168	.168	.168	.169	.184	.365	.859	.989	.000	.000	.000	.013	.746	.861	.079
20	1.313	.465	.159	.160	.163	.190	.558	.713	.974	.997	.000	.000	.029	.558	.713	.127	.015
21	.802	-1.645	.027	.160	.398	.715	.907	.974	.993	.998	.181	.408	.371	.157	.047	.012	.003
22	.980	-.163	.084	.092	.125	.266	.604	.885	.976	.995	.002	.039	.303	.587	.227	.065	.013
23	1.355	.957	.186	.186	.186	.190	.246	.616	.951	.996	.000	.000	.001	.117	1.216	.316	.026
24	1.493	.359	.270	.270	.272	.293	.576	.613	.070	.006	.000	.000	.015	.576	.618	.070	.006
25	1.698	1.104	.150	.150	.150	.150	.156	.250	.749	.981	.000	.000	.000	.038	1.442	.456	.030
26	1.170	.270	.080	.082	.090	.148	.420	.826	.971	.996	.000	.004	.125	.745	.549	.109	.016
27	1.954	.480	.147	.147	.148	.153	.291	.871	.995	.999	.000	.000	.003	.765	1.175	.060	.002
28	.961	.301	.154	.158	.173	.244	.475	.795	.950	.990	.000	.007	.094	.424	.395	.124	.027
29	1.064	.559	.259	.260	.266	.300	.457	.770	.949	.991	.000	.000	.024	.278	.465	.152	.028
30	2.000	1.289	.210	.210	.210	.211	.220	.425	.935	.998	.000	.000	.000	.006	1.160	.673	.027

ตาราง 16 ค่าอินเทอร์เมียนของแบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดขั้นละ 1

๐	TESTIN	๑	TESTIN	๒	TESTIN
-3.00	.745	-1.00	8.867	1.00	16.724
-2.90	.902	- .90	9.307	1.10	15.869
-2.80	1.038	- .80	9.949	1.20	14.813
-2.70	1.308	- .70	10.599	1.30	13.629
-2.60	1.566	- .60	11.239	1.40	12.403
-2.50	1.862	- .50	11.853	1.50	11.216
-2.40	2.196	- .40	12.429	1.60	10.127
-2.30	2.565	- .30	12.970	1.70	9.157
-2.20	2.964	- .20	13.492	1.80	8.292
-2.10	3.387	- .10	14.024	1.90	7.489
-2.00	3.824	.00	14.593	2.00	6.705
-1.90	4.269	.10	15.212	2.10	5.914
-1.80	4.717	.20	15.866	2.20	5.119
-1.70	5.165	.30	16.509	2.30	4.346
-1.60	5.614	.40	17.076	2.40	3.625
-1.50	6.070	.50	17.511	2.50	2.982
-1.40	6.539	.60	17.774	2.60	2.429
-1.30	7.029	.70	17.846	2.70	1.967
-1.20	7.547	.80	17.707	2.80	1.590
-1.10	8.099	.90	17.339	2.90	1.285
-1.00	8.637	1.00	16.724	3.00	1.041

ตาราง 17 ค่าอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบรูปปริมาตร แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปลผัน

θ	TESTIN	δ	TESTIN	θ	TESTIN
-3.00	1.61	-1.00	7.589	1.00	14.200
-2.90	1.361	- .90	7.750	1.10	14.101
-2.80	1.608	- .80	8.112	1.20	13.313
-2.70	1.916	- .70	8.293	1.30	13.702
-2.60	2.301	- .60	8.472	1.40	13.548
-2.50	2.777	- .50	8.659	1.50	13.502
-2.40	3.354	- .40	8.760	1.60	13.548
-2.30	4.032	- .30	8.870	1.70	13.568
-2.20	4.789	- .20	9.129	1.80	13.458
-2.10	5.579	- .10	9.458	1.90	13.015
-2.00	6.325	.00	9.875	2.00	12.190
-1.90	6.943	.10	10.388	2.10	11.027
-1.80	7.365	.20	10.984	2.20	9.653
-1.70	7.572	.30	11.628	2.30	8.219
-1.60	7.605	.40	12.272	2.40	6.850
-1.50	7.537	.50	12.862	2.50	5.624
-1.40	7.447	.60	13.362	2.60	4.575
-1.30	7.390	.70	13.751	2.70	3.706
-1.20	7.394	.80	14.040	2.80	2.998
-1.10	7.464	.90	14.176	2.90	2.428
-1.00	7.589	1.00	14.200	3.00	1.927

ตาราง 18 ค่าอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบรูปปริมาตร แบบข้างคี่

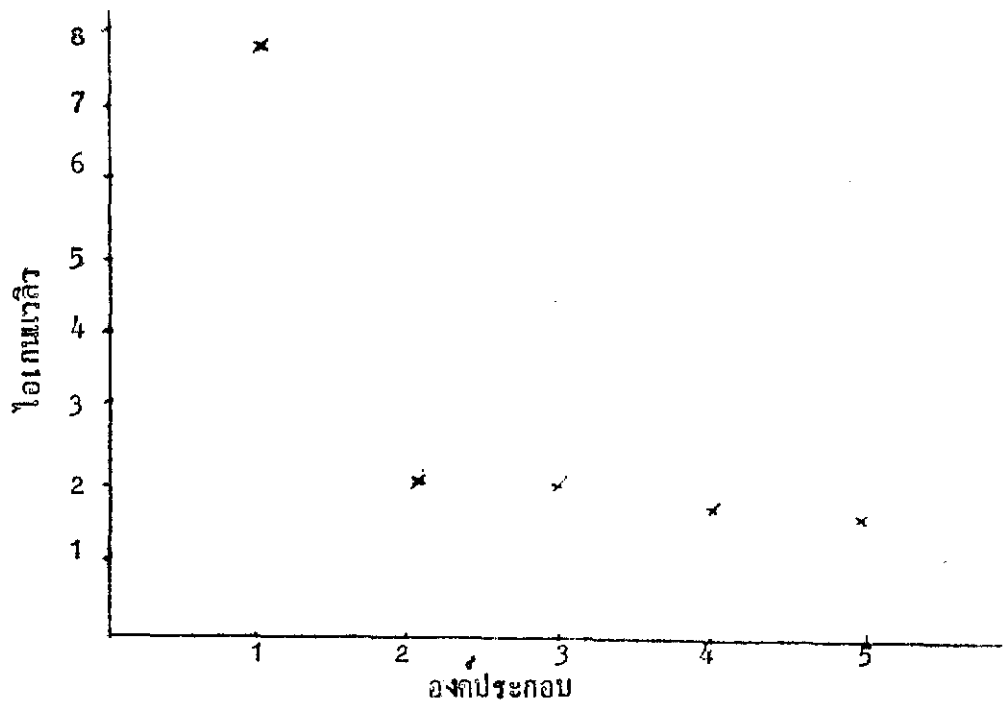
θ	TESTIN	θ	TESTIN	θ	TESTIN
-3.00	.161	-1.00	6.229	1.00	10.824
-2.90	.200	- .90	7.193	1.10	9.598
-2.80	.247	- .80	8.219	1.20	8.339
-2.70	.304	- .70	9.276	1.30	7.121
-2.60	.371	- .60	10.326	1.40	6.000
-2.50	.451	- .50	11.325	1.50	5.009
-2.40	.546	- .40	12.230	1.60	4.158
-2.30	.658	- .30	13.004	1.70	3.442
-2.20	.791	- .20	13.621	1.80	2.847
-2.10	.949	- .10	14.076	1.90	2.357
-2.00	1.135	.00	14.330	2.00	1.956
-1.90	1.356	.10	14.561	2.10	1.627
-1.80	1.618	.20	14.646	2.20	1.357
-1.70	1.930	.30	14.655	2.30	1.135
-1.60	2.300	.40	14.583	2.40	.952
-1.50	2.738	.50	14.403	2.50	.801
-1.40	3.254	.60	14.088	2.60	.676
-1.30	3.857	.70	13.584	2.70	.571
-1.20	4.553	.80	12.867	2.80	.484
-1.10	5.345	.90	11.935	2.90	.411
-1.00	6.229	1.00	10.824	3.00	.350

ตาราง 19 ค่าอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบดั้งเดิม

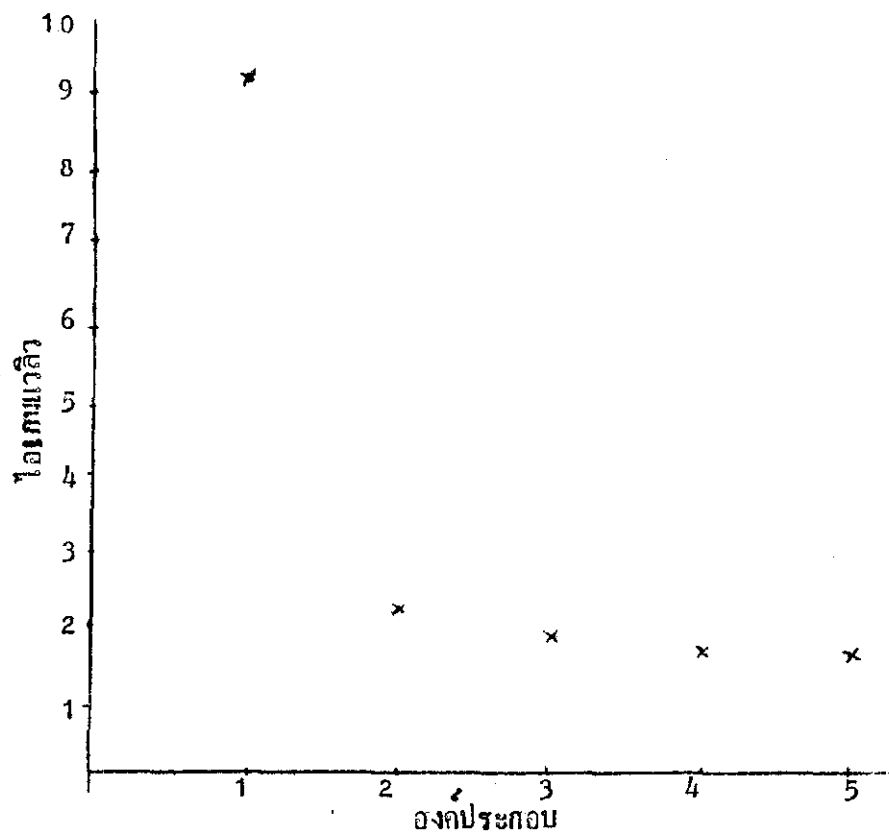
6	TESTIN	๑	TESTIN	๑	TESTIN
-3.00	.556	-1.00	8.078	1.00	15.428
-2.90	.606	- .90	9.100	1.10	14.647
-2.80	.658	- .80	10.142	1.20	13.694
-2.70	.902	- .70	11.156	1.30	12.583
-2.60	1.047	- .60	12.095	1.40	11.343
-2.50	1.208	- .50	12.930	1.50	10.018
-2.40	1.386	- .40	13.653	1.60	8.671
-2.30	1.582	- .30	14.277	1.70	7.365
-2.20	1.797	- .20	14.828	1.80	6.155
-2.10	2.034	- .10	15.325	1.90	5.076
-2.00	2.296	.00	15.770	2.00	4.144
-1.90	2.588	.10	16.148	2.10	3.358
-1.80	2.915	.20	16.442	2.20	2.708
-1.70	3.288	.30	16.645	2.30	2.178
-1.60	3.716	.40	16.766	2.40	1.750
-1.50	4.214	.50	16.818	2.50	1.406
-1.40	4.793	.60	16.799	2.60	1.131
-1.30	5.466	.70	16.686	2.70	.911
-1.20	6.241	.80	16.440	2.80	.736
-1.10	7.116	.90	16.026	2.90	.596
-1.00	8.078	1.00	15.428	3.00	.485

ภาคผนวก ก

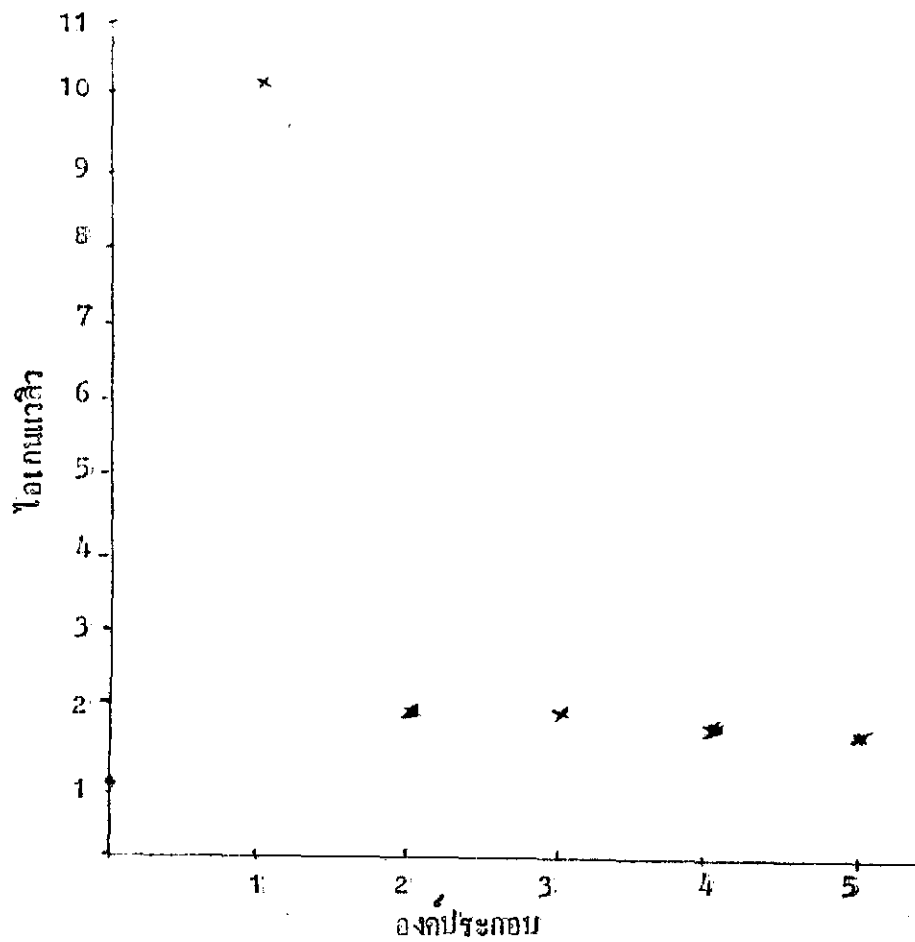
ภาพประกอบ คำโอเคเนเวลิโน 5 องค์ประกอบแรก ของแบบทดสอบ
วิภาษคดีศาสตร์ทั้ง 4 กลุ่ม



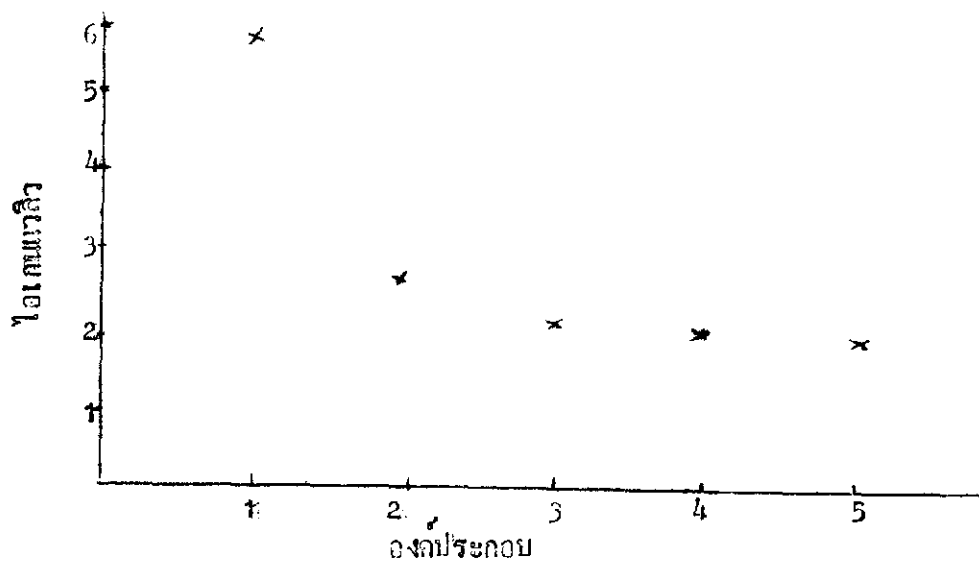
ภาพประกอบ 1 แสดงค่าไอเกนเฉลี่ยใน 5 องค์ประกอบแรก ของ
แบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ในกลุ่มที่ 1



ภาพประกอบ 2 แสดงค่าไอเกนเฉลี่ย ใน 5 องค์ประกอบแรก ของ
แบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ในกลุ่มที่ 2



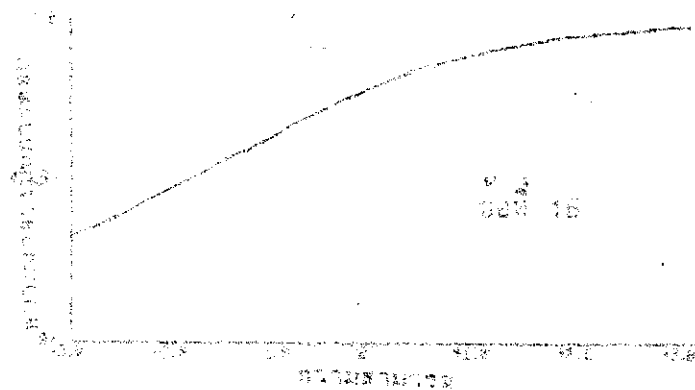
ภาพประกอบ 3 แสดงค่าไอเทมเฉลี่ยใน 5 องค์ประกอบแรก ของ
แบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ในกลุ่มที่ 3



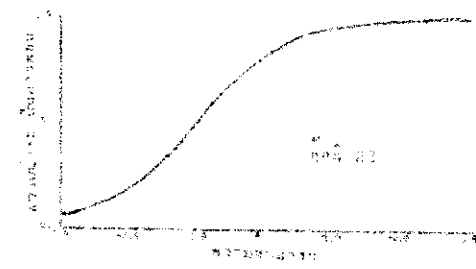
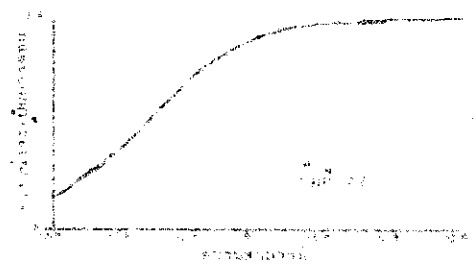
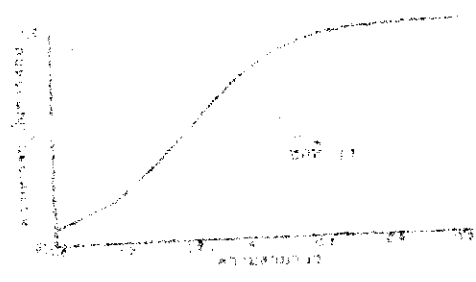
ภาพประกอบ 4 แสดงค่าไอเทมเฉลี่ยใน 5 องค์ประกอบแรก ของ
แบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ในกลุ่มที่ 4

ภาคผนวก ง

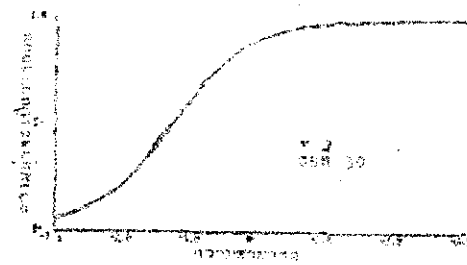
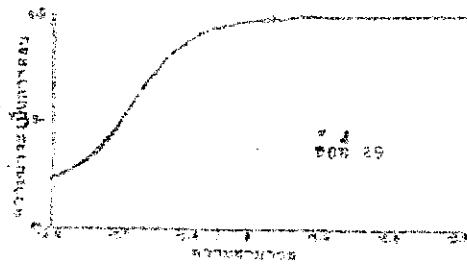
ภาพประกอบ โฉงลักษณะข้อสอบ จำแนกตามเวลาความยาว และ
จำนวนคำถามจำแนก ของแบบทดสอบรูปปริมาตรทั้ง 3 ฉบับ แยก
แบบทดสอบดังนี้



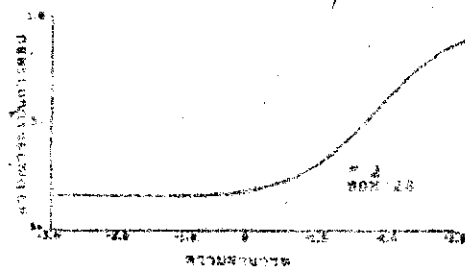
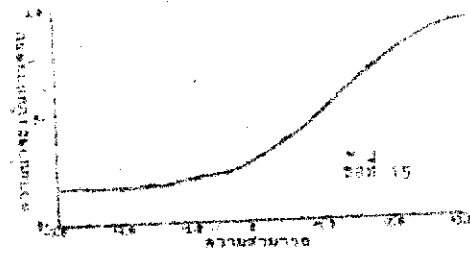
ภาพประกอบ 5 แสดงโค้งลักษณะของสมการที่มีค่าความยาวค่า และเมื่อ
ค่าความยาวค่า ของสมการประกอบเป็นสมการที่มีค่าความยาวค่า



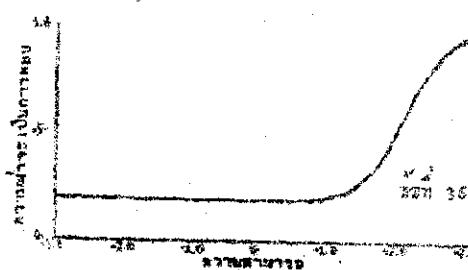
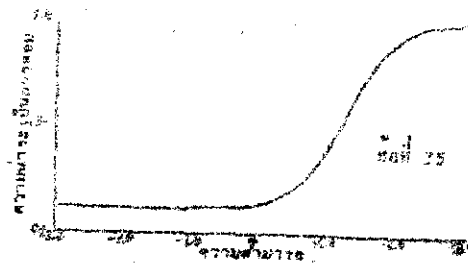
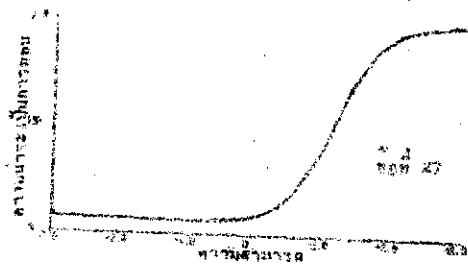
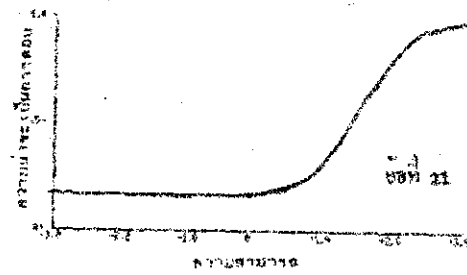
ภาพประกอบ ๖ แสดงให้เห็นถึงลักษณะของเส้นกราฟที่มีความยาว และ
มีค่าด้านยาวด้านหนึ่ง และของแบบทดสอบรูปปริมาณที่ใช้
ขนาดนี้คงที่



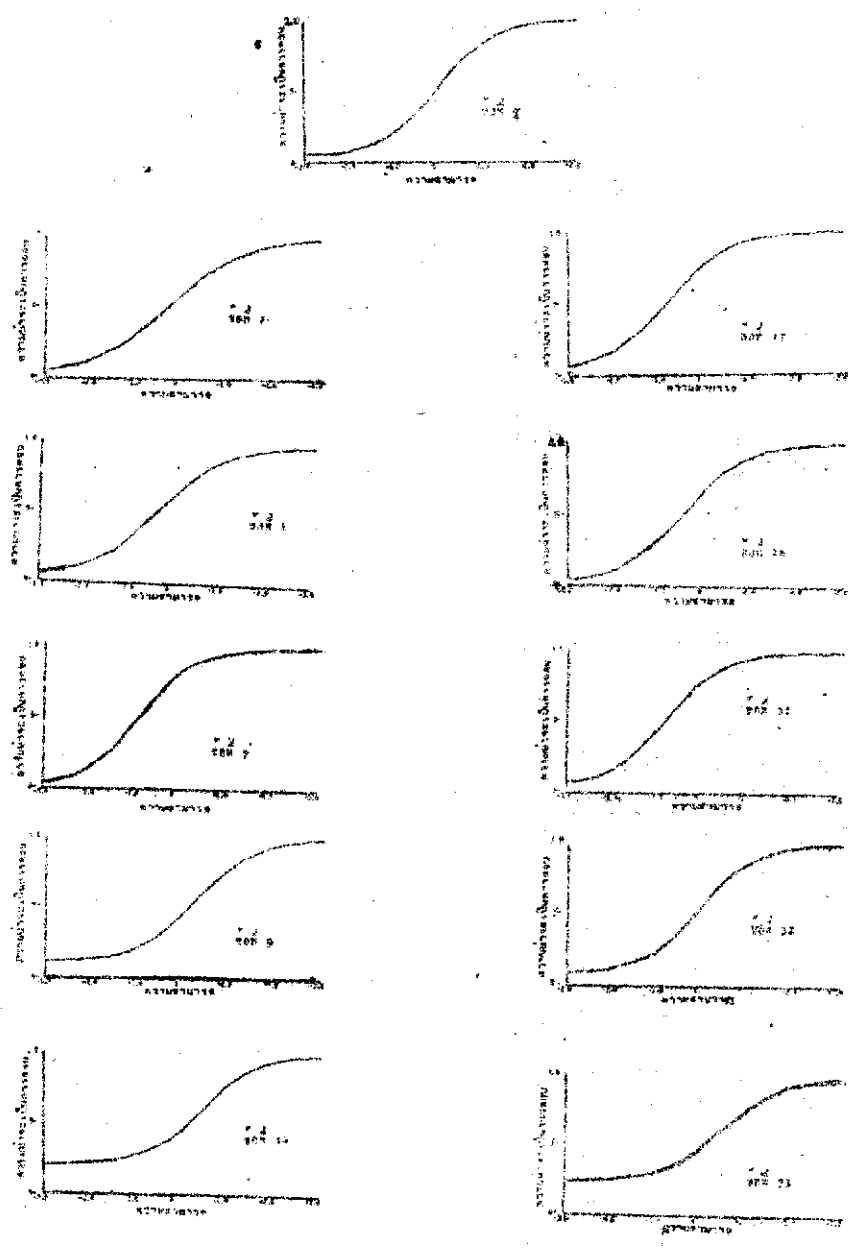
ภาพประกอบ 7 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากค่า และ
ค่าอำนาจจำแนกสูง ของแบบทดสอบแบบปรัมาที่มีค่านานี้



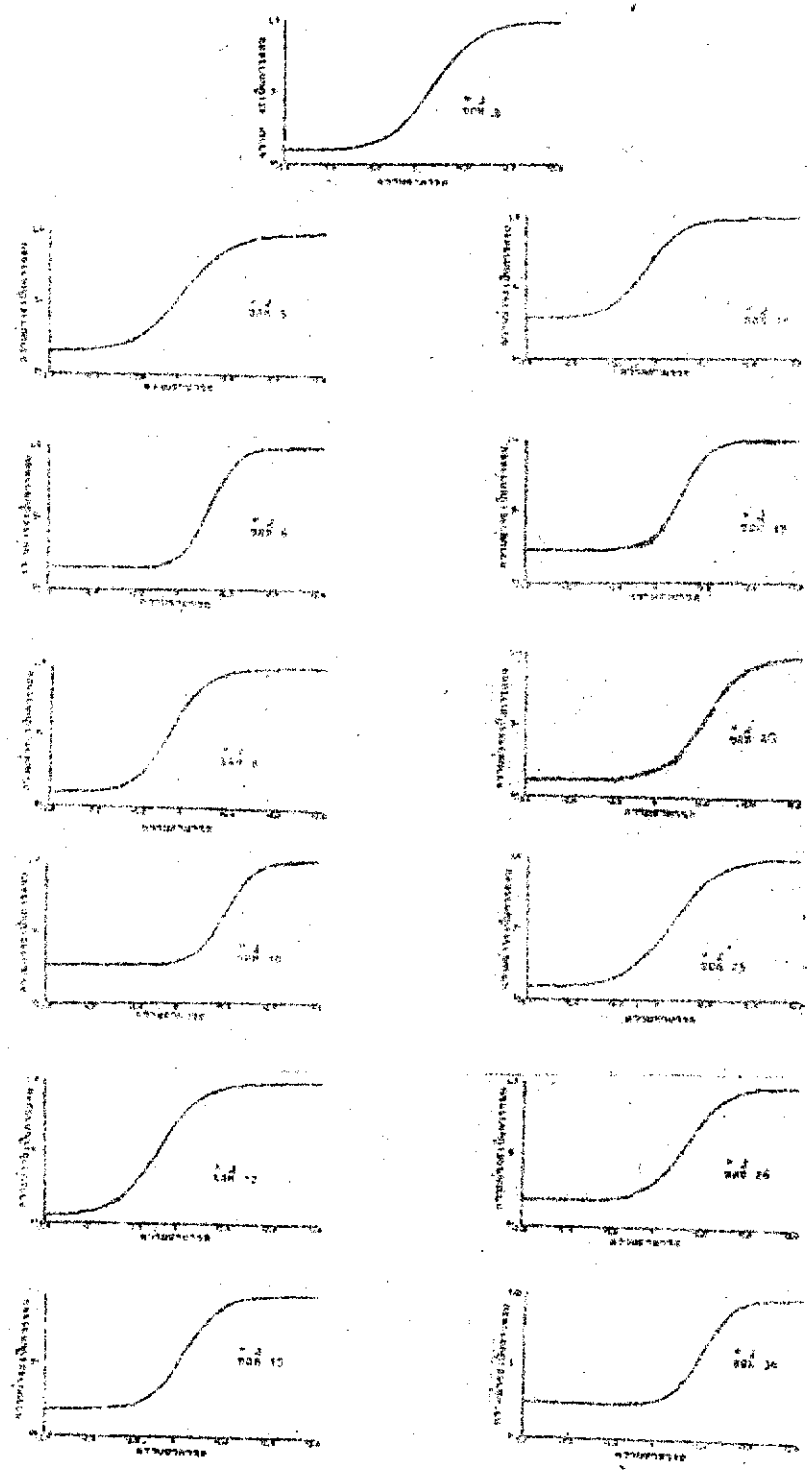
ภาพประกอบ 8 แสดงโค้งลักษณะข้อสองที่มีค่าความทากปานกลาง และมีความจำแนกปานกลาง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดข้อสอง



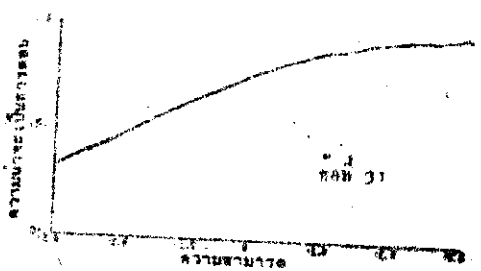
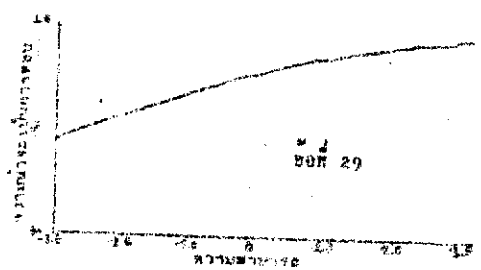
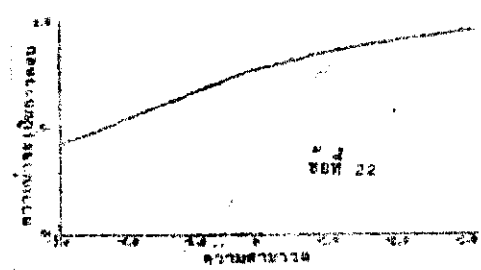
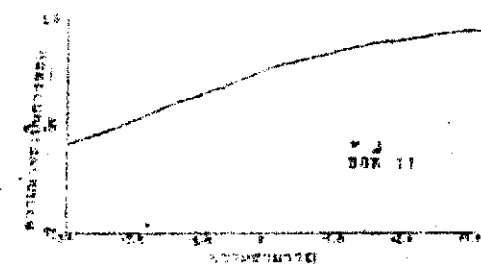
ภาพประกอบ ๑ แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากปานกลาง และ
มีค่าอำนาจจำแนกสูง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดตั้งท้อง



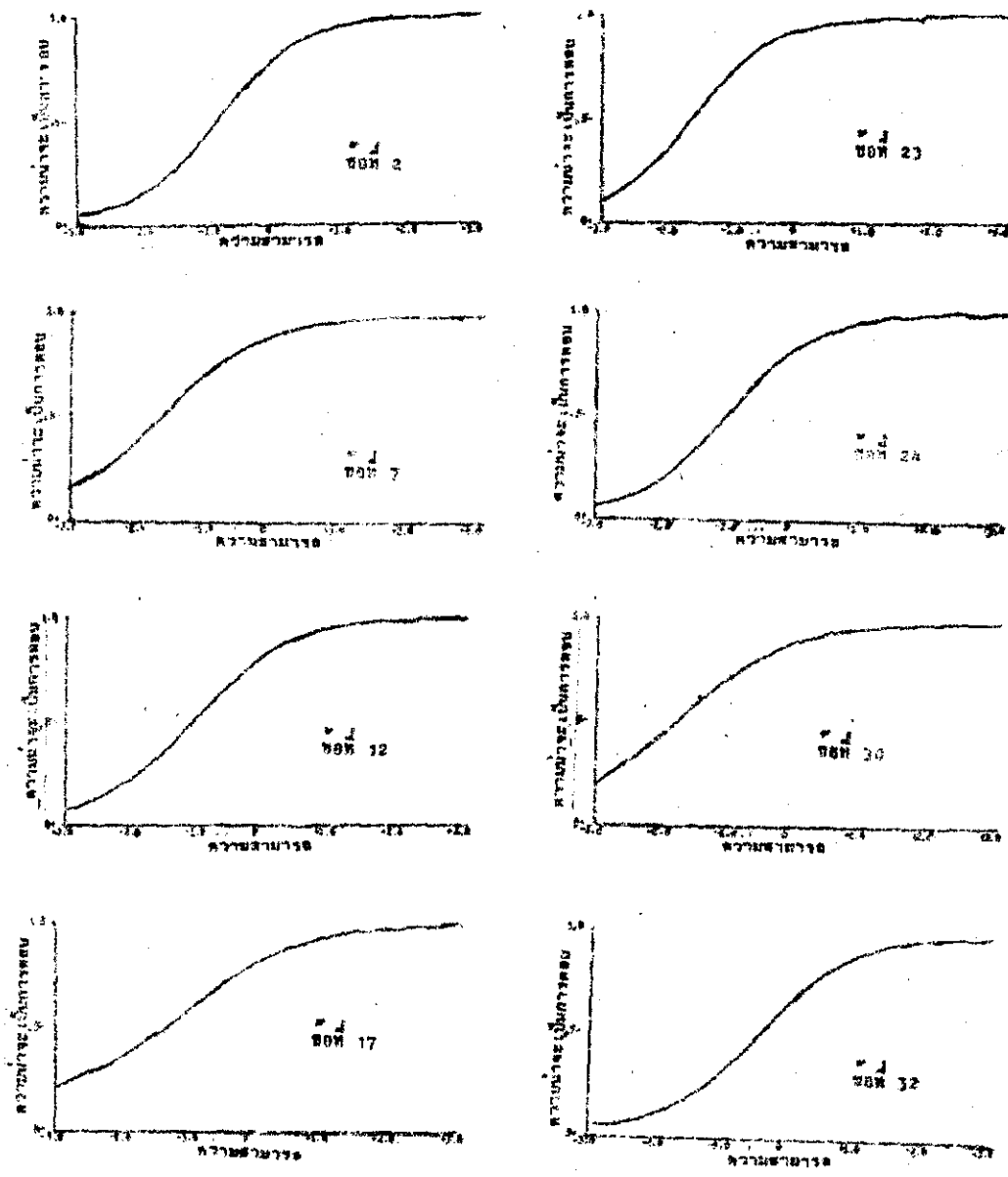
ภาพประกอบ 10 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากสูง และมีค่า
อำนาจจำแนกปานกลาง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดตั้งลงที่



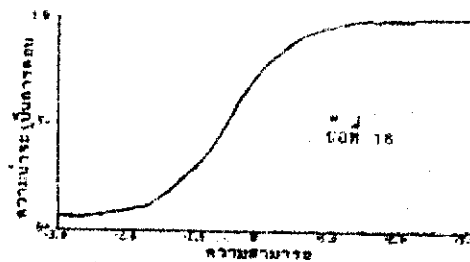
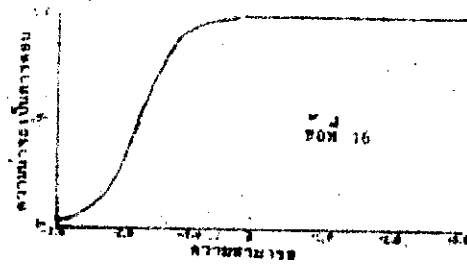
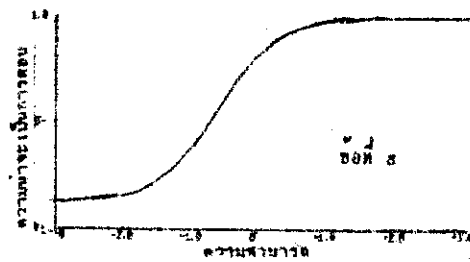
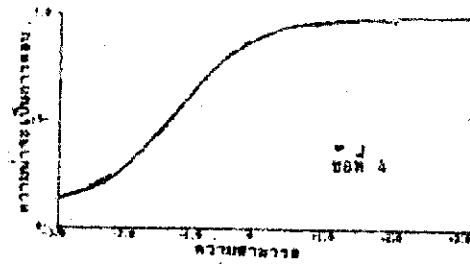
ภาพประกอบ ๑๑ แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากสูง และ
มีค่าอำนาจจำแนกสูง สอดคล้องกับแบบรูปนัยที่มีลักษณะที่ไว้นิยามขึ้น



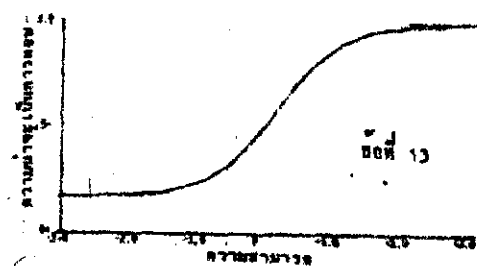
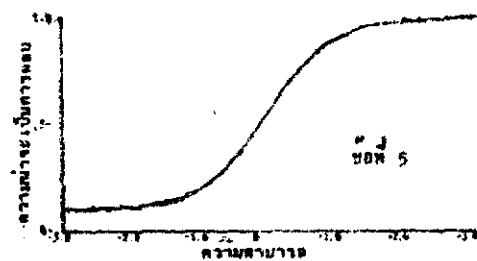
ภาพประกอบ 12 แสดงโค้งลักษณะท่อสอที่มีค่าความยาวท่อ และค่า
อำนาจอัดตัว ของแบบท่อสอรูปปริมาตรคงที่ไว้ขนาดขึ้นแนวดิ่ง



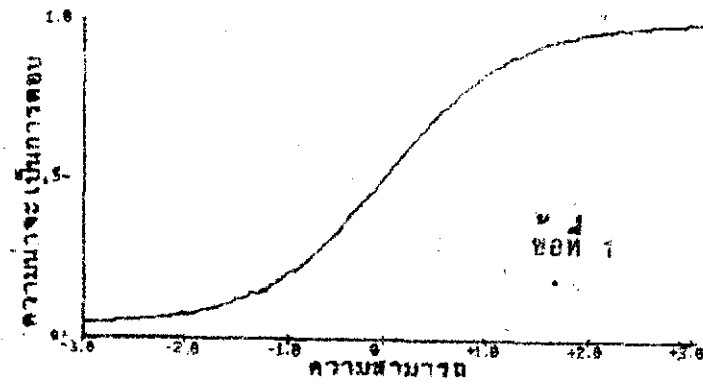
ภาพประกอบ 13 แสดงถึงลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากค่า และมีความ
อำนาจจำแนกปานกลาง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นมาไว้ต้น



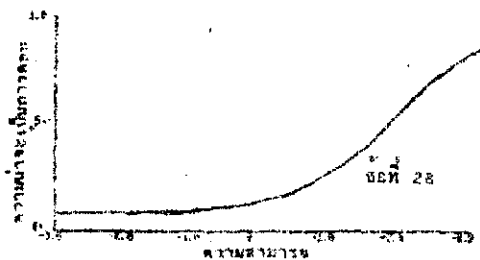
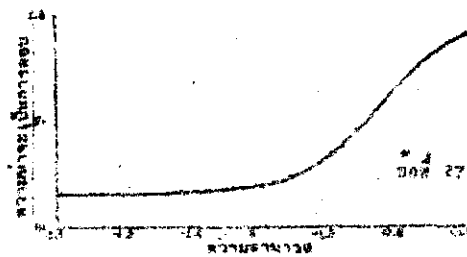
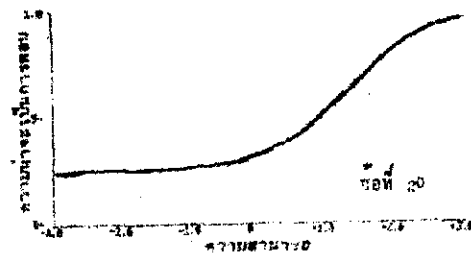
ภาพประกอบ 15 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากต่ำ และมีค่า
ค่าเบี่ยงเบนค่าสูง พองแบบทดสอบรูปร่างมาตรฐานที่ใช้มาคั่นแปรผัน



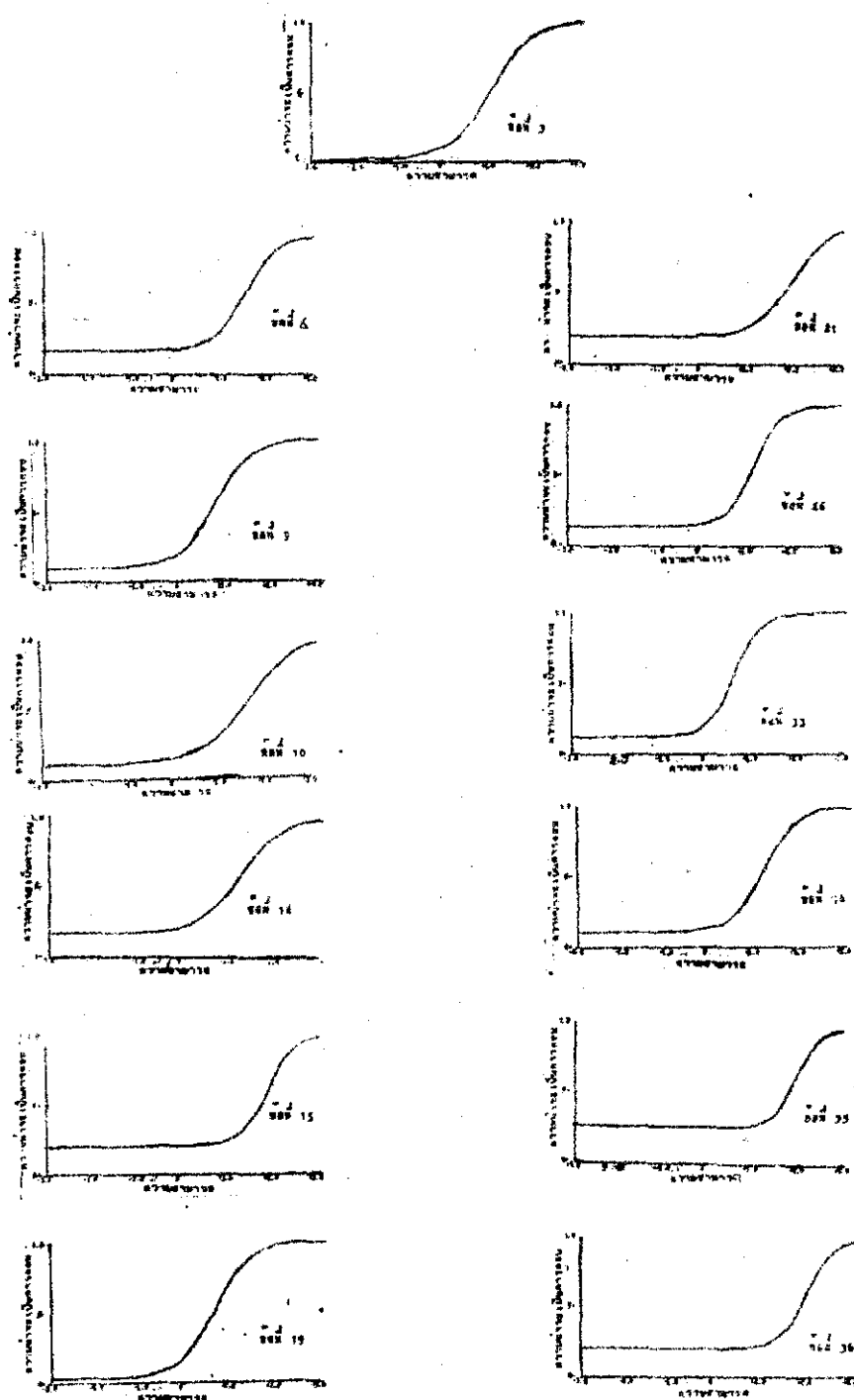
ภาพประกอบ 15 แสดงถึงลักษณะข้อสอบที่มีความยากปานกลาง และ
มีค่าอำนาจจำแนกสูง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน



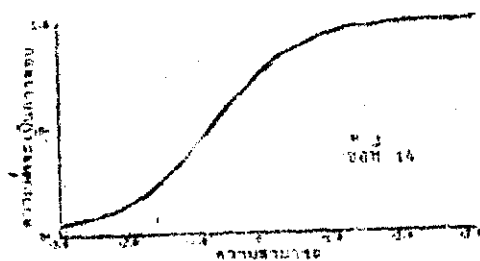
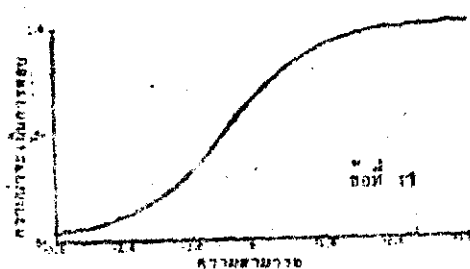
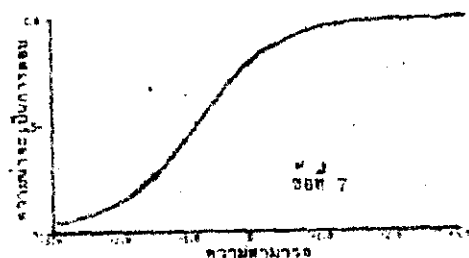
ภาพประกอบ 16 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากปานกลาง
และมีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง ของแบบทดสอบรูปปิรามิดแบบที่ให้
ขนาดข้อสอบ



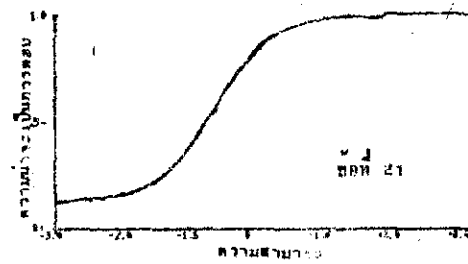
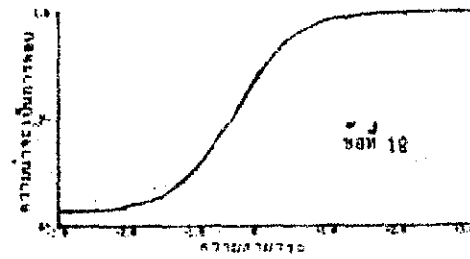
ภาพประกอบ 17 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความชื้นสูง และ
มีค่าความจุจำแนกปานกลาง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่
ขนาดชั้นแปดสิบ



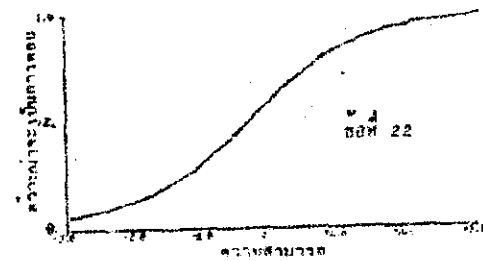
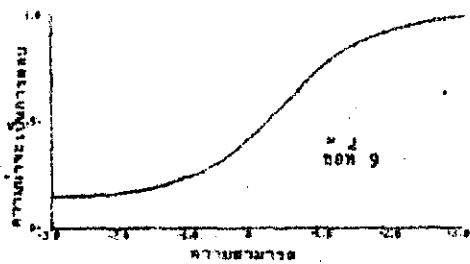
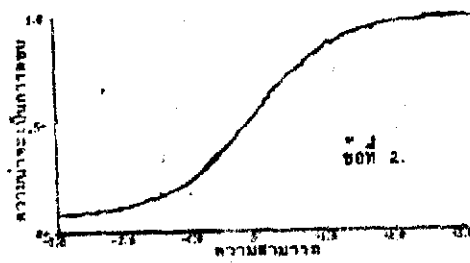
ภาพประกอบ 18 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากสูง และมีค่า
อำนาจจำแนกสูง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดขึ้นแปรผัน



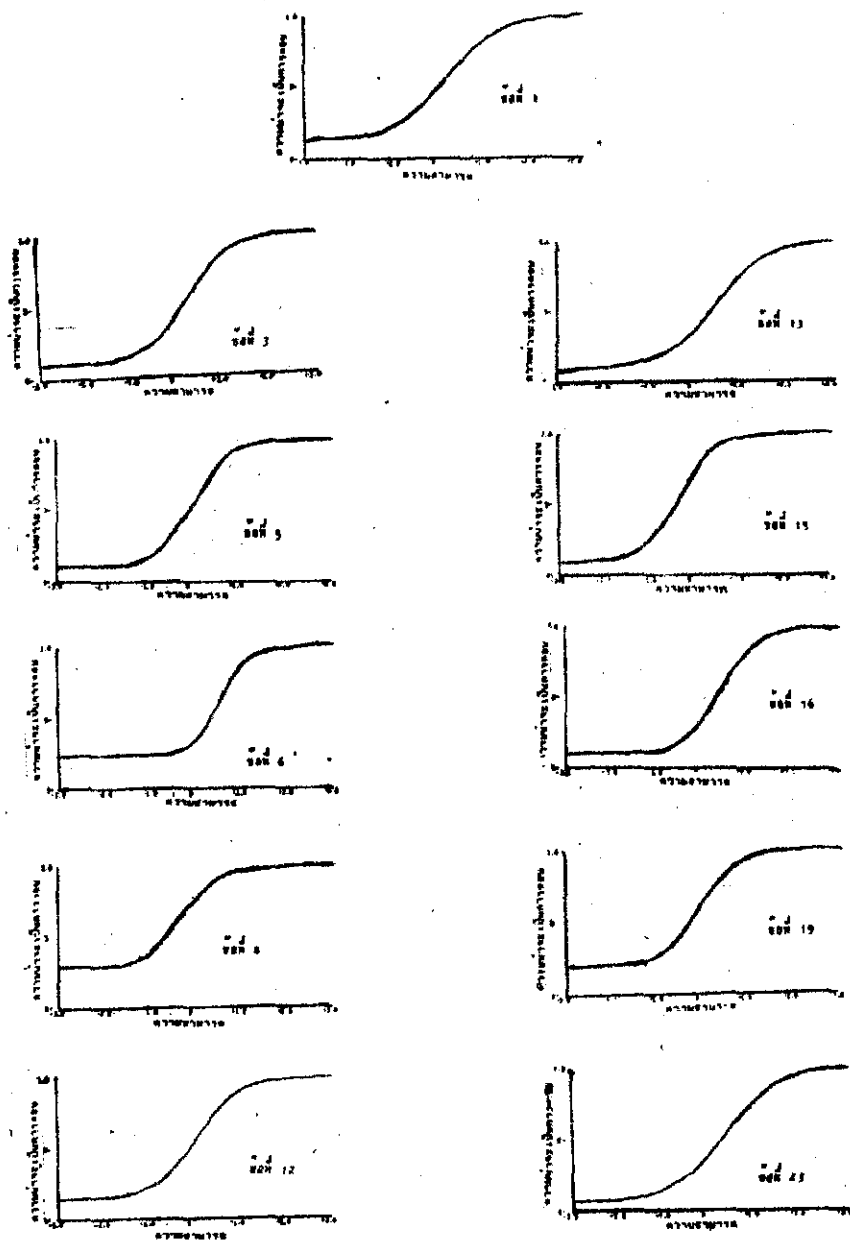
ภาพประกอบ 19 แสดงให้เห็นลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากค่า และมีค่า
อำนาจจำแนกปานกลาง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างคี่



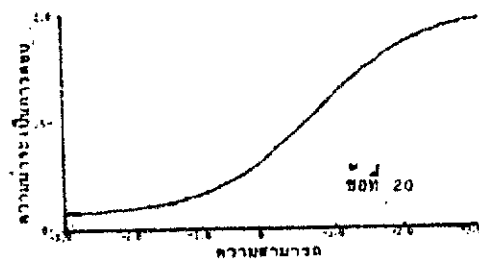
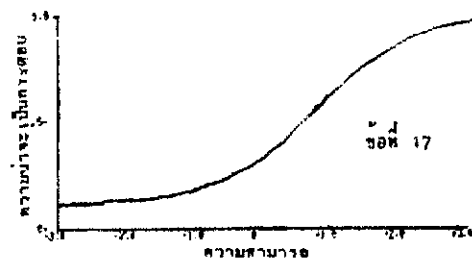
ภาพประกอบ 20, แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากต่ำ และมีค่า
อำนาจจำแนกสูง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด



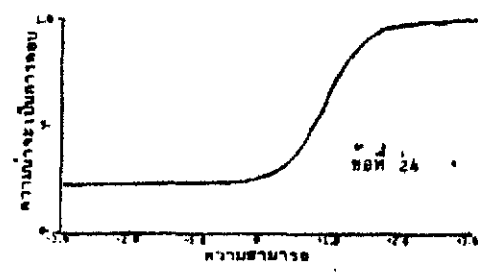
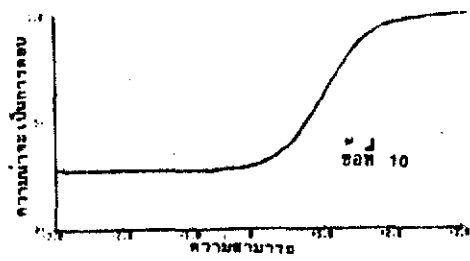
ภาพประกอบ 21 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากปานกลาง และ
มีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัด



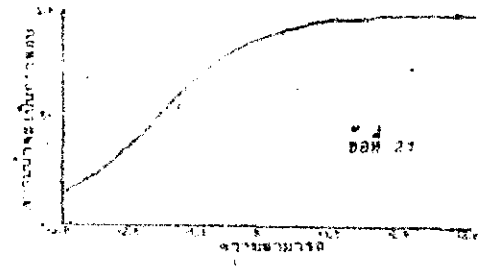
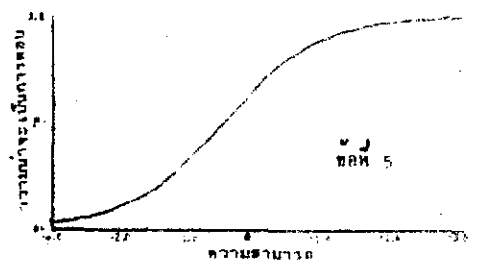
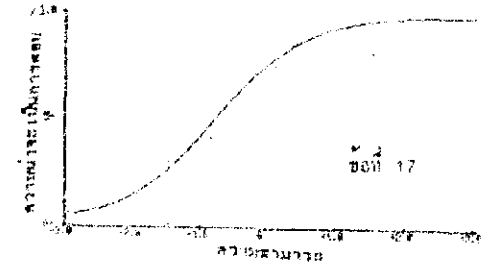
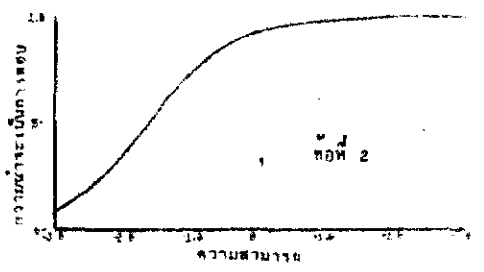
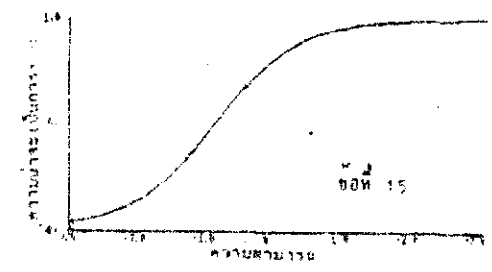
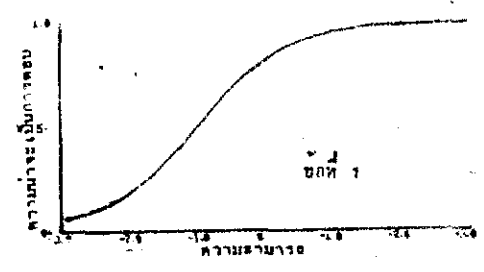
ภาพประกอบ 22 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากปานกลาง และ
มีค่าอำนาจจำแนกสูง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างคัท



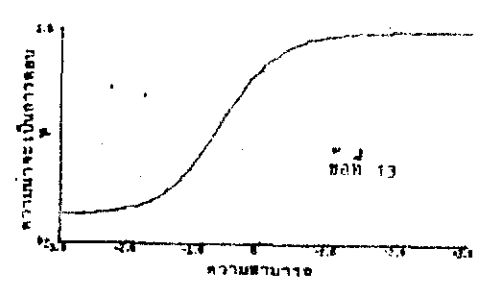
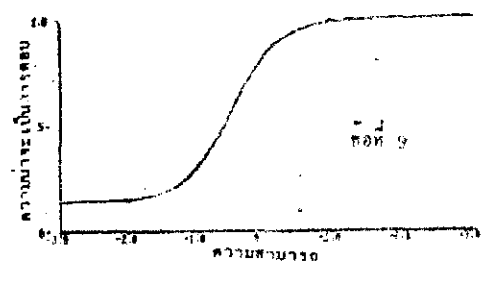
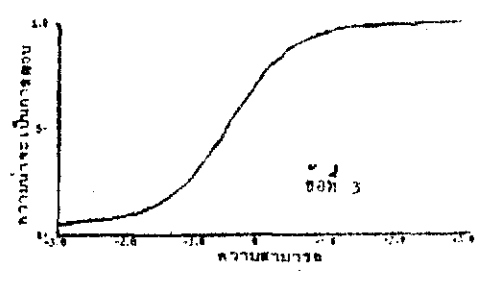
ภาพประกอบ 23 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากสูง และ
มีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างหัก



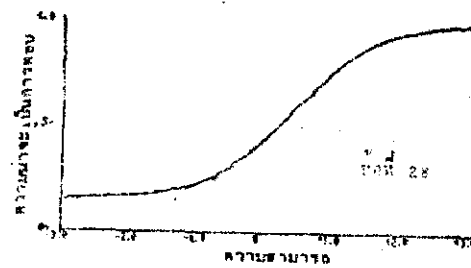
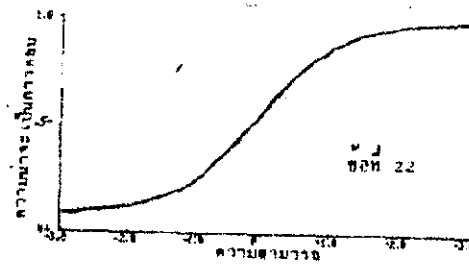
ภาพประกอบ 24 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากสูง และ
มีค่าอำนาจจำแนกสูง ของแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างคัก



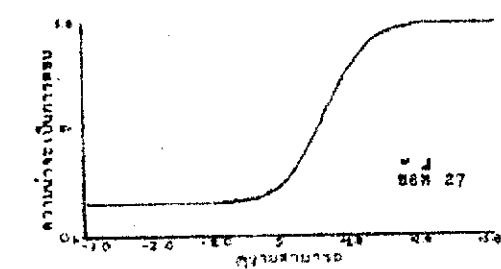
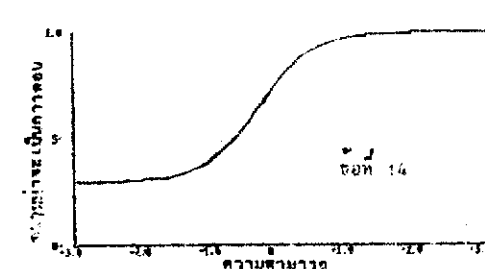
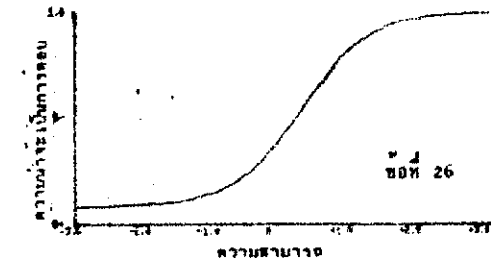
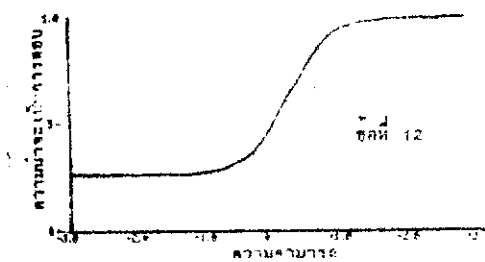
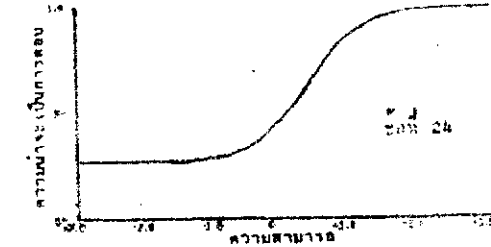
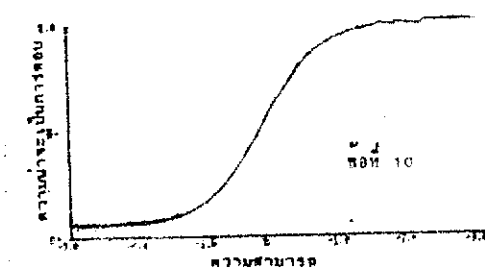
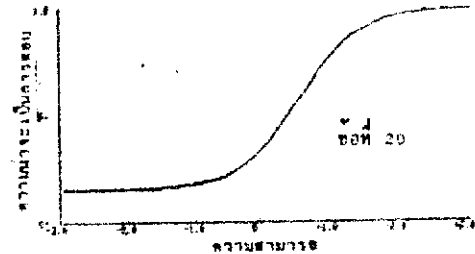
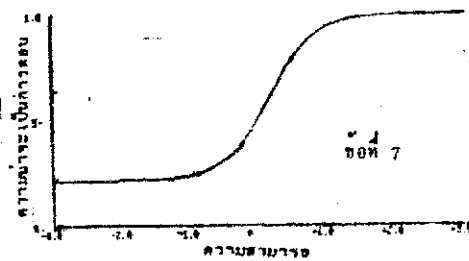
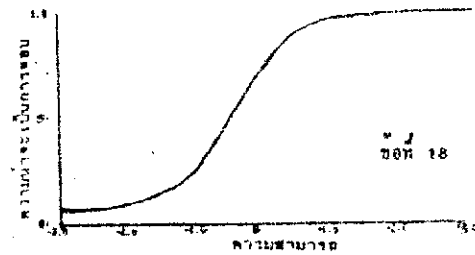
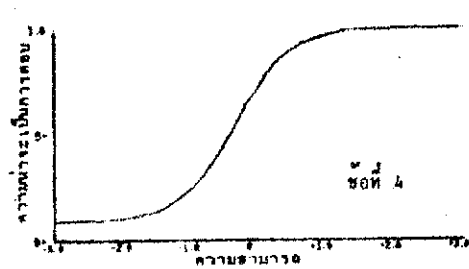
ภาพประกอบ 25 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีความยากค่า และมีค่าอำนาจจำแนก
ปานกลาง ของแบบทดสอบดั้งเดิม



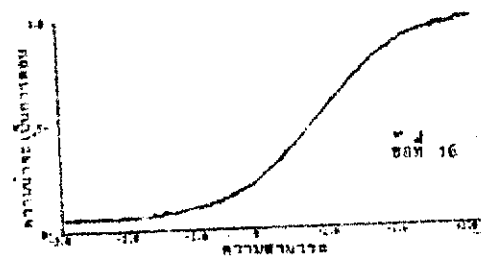
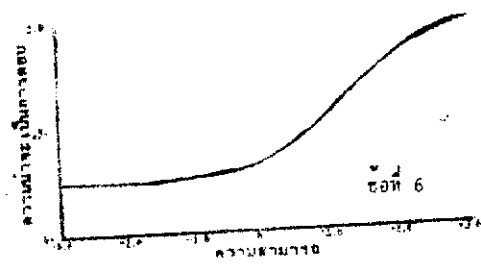
ภาพประกอบ 26 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากต่ำ และมี
ค่าอำนาจจำแนกสูง ของแบบทดสอบทั้งเต็ม



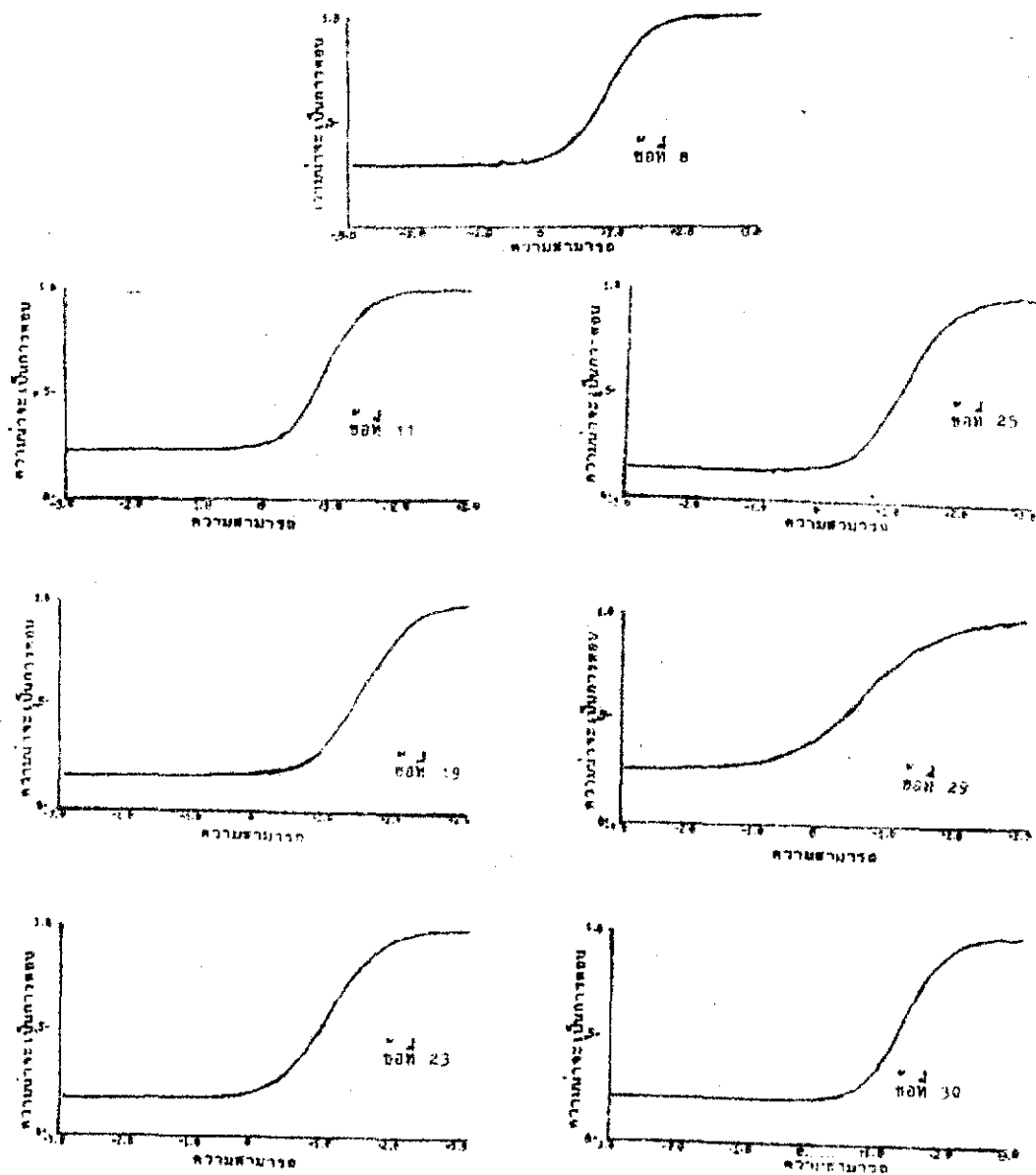
ภาพประกอบ 27 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากปานกลาง และ
มีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง ของแบบทดสอบทั้งเต็ม



ภาพประกอบ 28 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากปานกลาง และมีค่าอำนาจจำแนกสูง ของแบบทดสอบทั้งเดิม



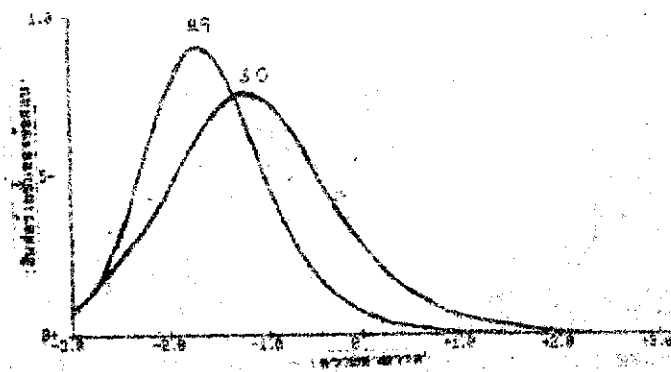
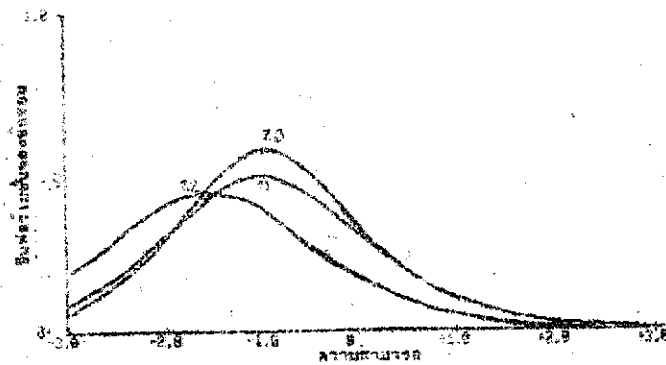
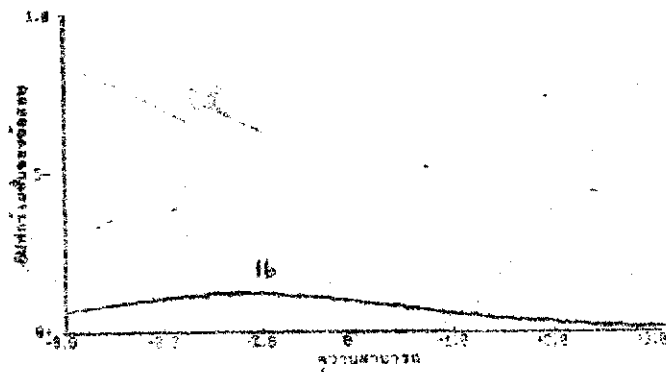
ภาพประกอบ 29 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากสูง และ
มีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง ของแบบทดสอบทั้งเดิม



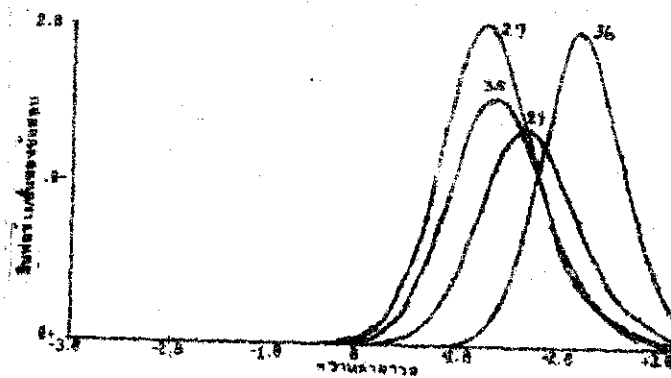
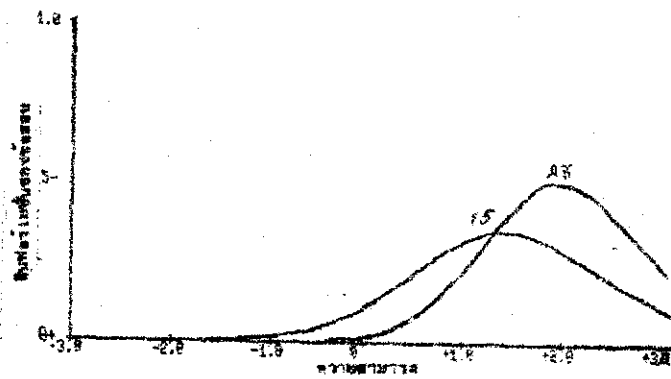
ภาพประกอบ 30 แสดงโค้งลักษณะข้อสอบที่มีค่าความยากสูง และมีค่าอำนาจจำแนกสูง ของแบบทดสอบดั้งเดิม

ภาคผนวก จ

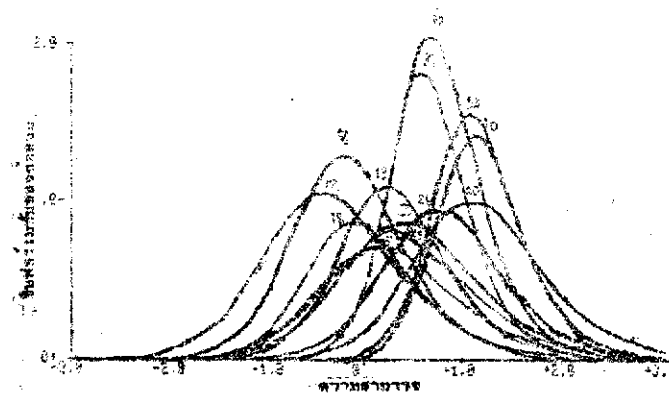
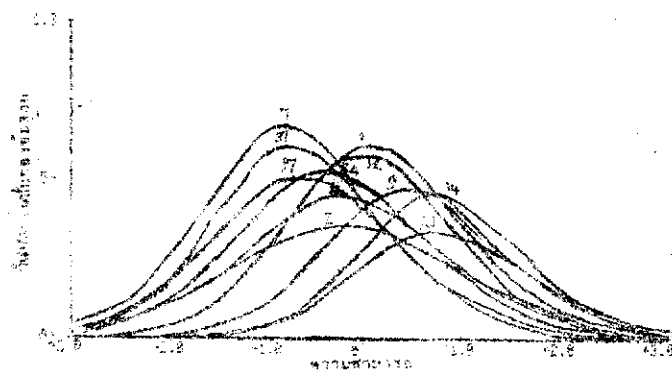
ภาพประกอบ แสดงโครงสร้างไม้ของข้อสอบ จำแนกตามค่า
ความยากและจำนวนข้อ จำแนก ของแบบทดสอบรูปปิรามิดทั้ง
3 ฉบับ และแบบทดสอบตั้งเดิม



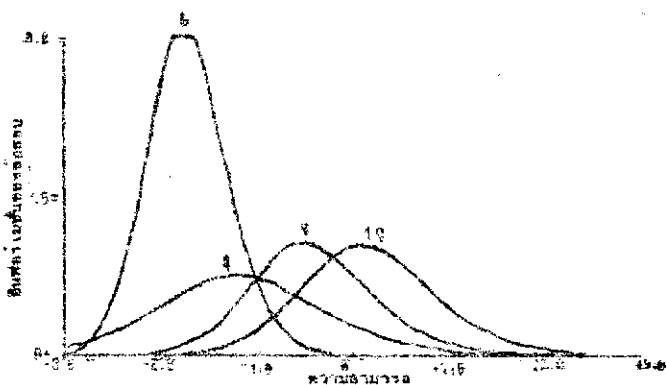
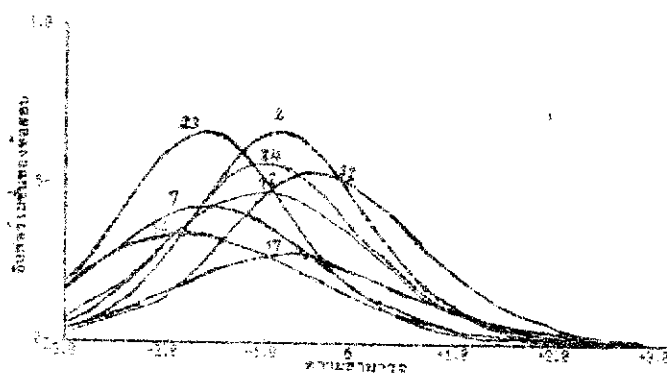
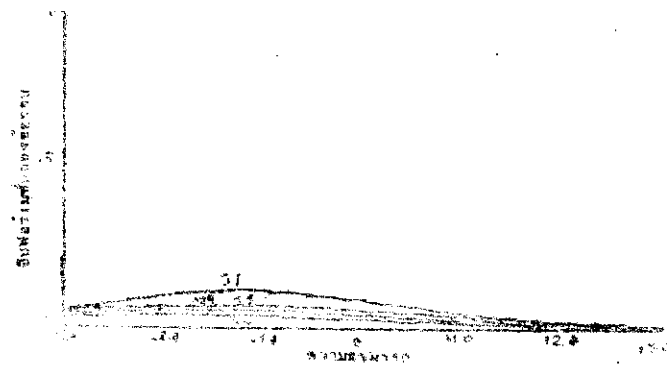
ภาพประกอบ 31 แสดงโกล์ดไลน์ฟร้อมบนของหลอดหลอดที่มีค่าความยาวคลื่น
และมีค่าอำนาจหักเหต่างกัน ปานกลาง และสูงตามลำดับ ของหลอดหลอด
ที่มีปริมาณน้ำที่ใส่มากขึ้นเรื่อยๆ



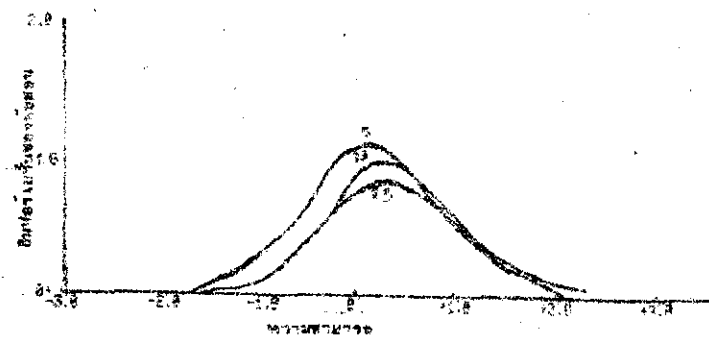
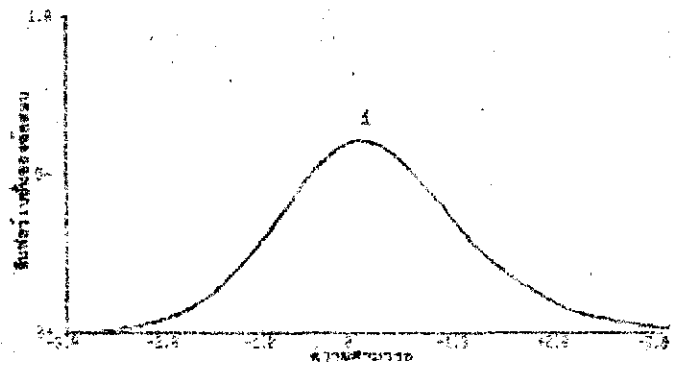
ภาพประกอบ 32 แสดงโค้งอินฟอร์เมชันของข้อสอบ ที่มีค่าความยากปานกลาง และมีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง และสูง ของแบบทดสอบรูปปิรามิด แบบที่ใช้ ขนาดชั้นคงที่



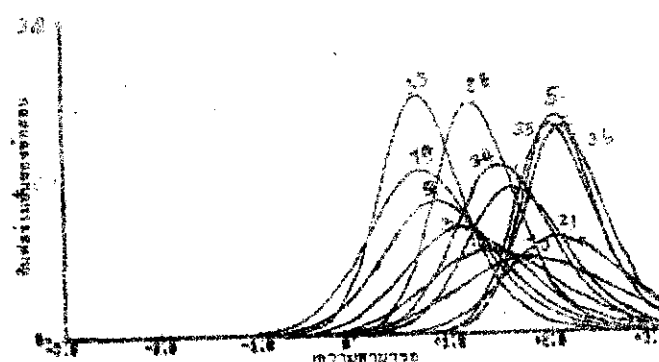
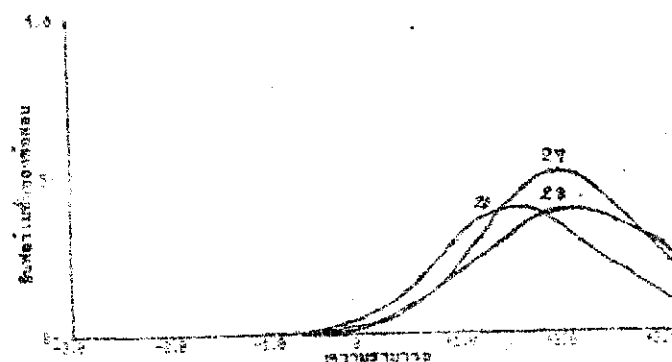
ภาพประกอบ 33 แสดงโค้งอินฟอर्मेशनของข้อสอบที่มีค่าความยากสูง
และมีความง่ายปานกลาง และสูง ตามลำดับ ของแบบทดสอบ
รูปปรมาณแบบที่ใช้ขนาดขึ้นลงที่



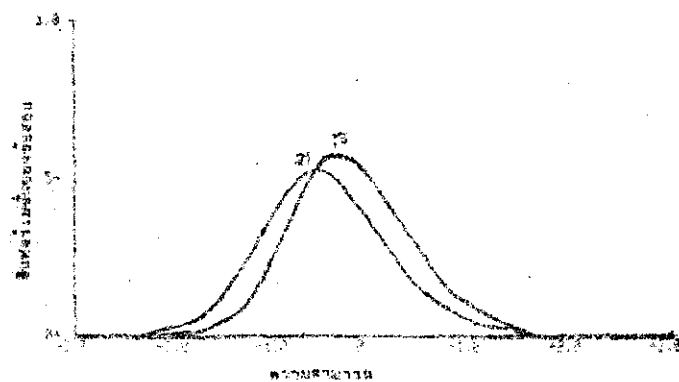
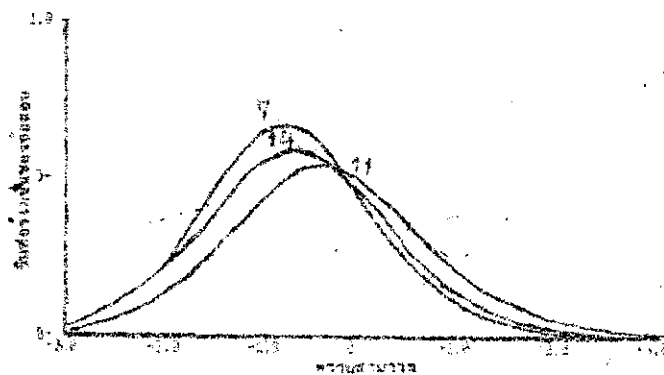
ภาพประกอบ 34 แสดงโค้งอินฟราเรดของวัสดุที่มีค่าความยาวคลื่น
และมีค่าอำนาจหักเหปานกลาง และสูง ตามลำดับ ของแบบทดสอบ
รูปปริมาตรแบบที่ใช้นาฬิกาจับเวลา



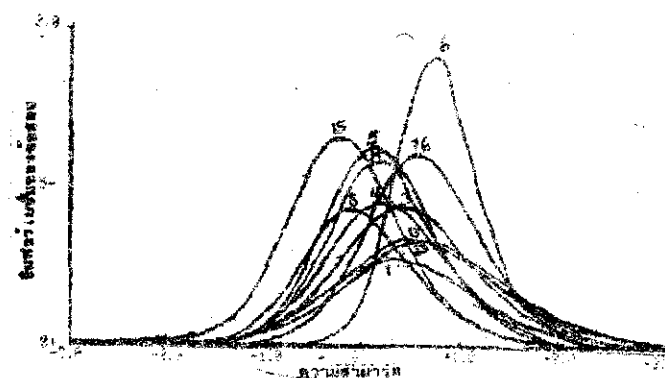
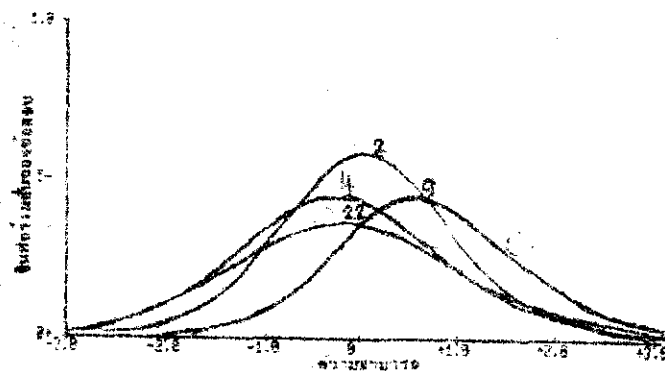
ภาพประกอบ 35 แสดงโค้งอินฟอร์เมชันของข้อสอบที่มีค่าความยากปานกลาง
และมีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง และสูง ตามลำดับ ของแบบทดสอบรูปนิรนาถ
แบบที่ใช้ขนาดขั้นแปดขั้น



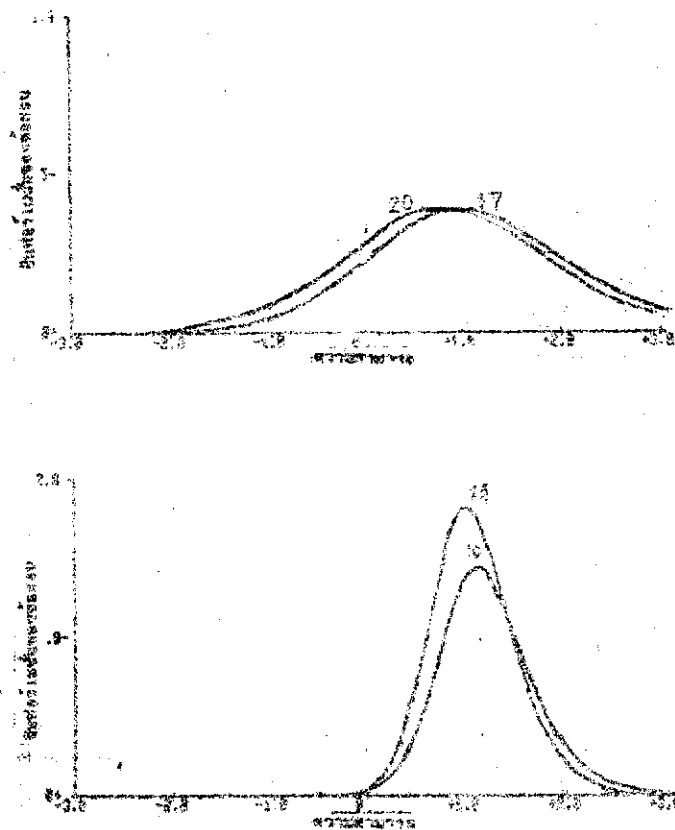
ภาพประกอบ 36 แสดงโค้งอินฟราเรด เมื่อนำของผสมที่มีความยาวสูง และ
มีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง และสูง ตามลำดับ ของแบบทดสอบรูปเรขาคณิต
แบบที่ใช้ขนาดตัวแปรขึ้น



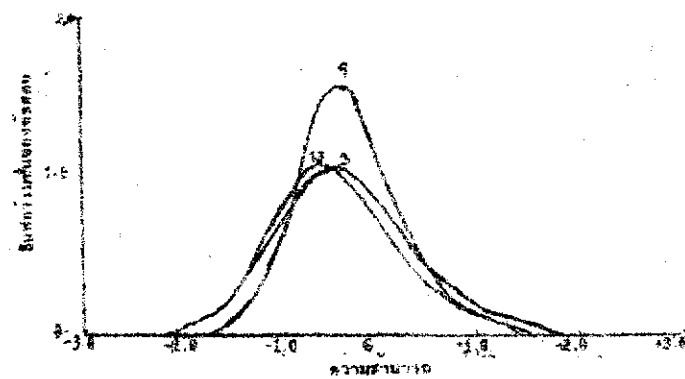
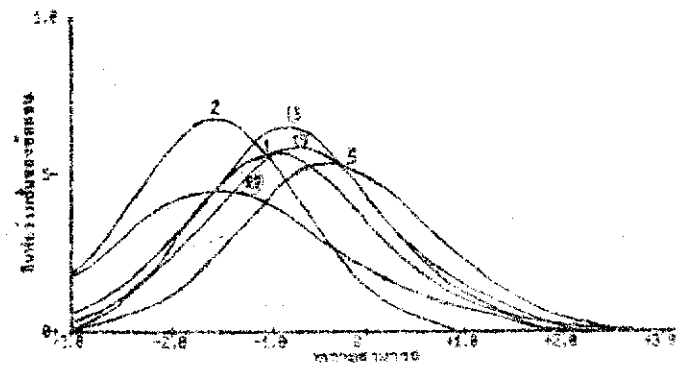
ภาพประกอบ 37 แสดงโค้งอินฟอร์เมชันของร้อยละที่มีความหมาย
และมีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง และสูง ตามลำดับ ของแบบทดสอบ
รูปแบบมิกซ์แบบข้างคึก



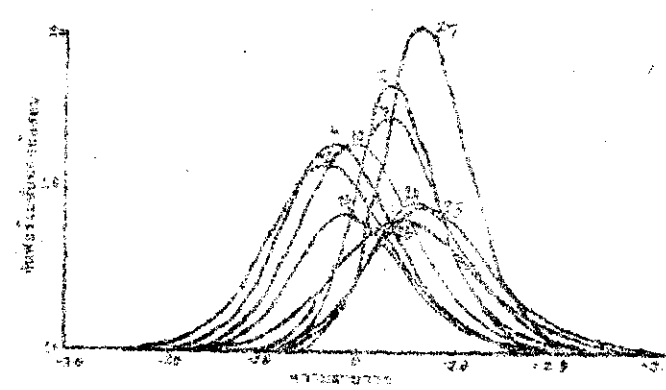
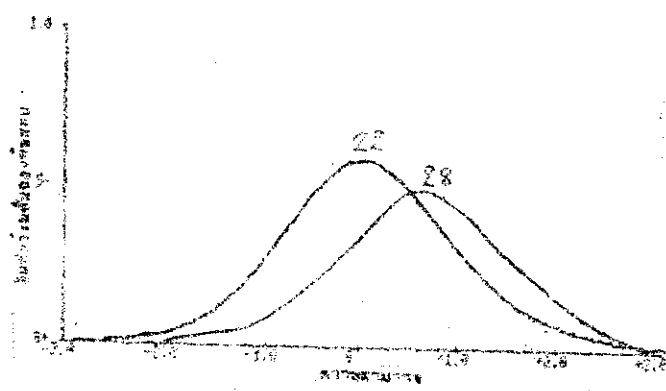
ภาพประกอบ 38 แสดงโค้งซินฟอร์มเม้นต์ของข้อสอบที่มีค่าความยากปานกลาง
และมีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง และสูง ตามลำดับ ของแบบทดสอบรูป
ปิรามิดแบบข้างคึก



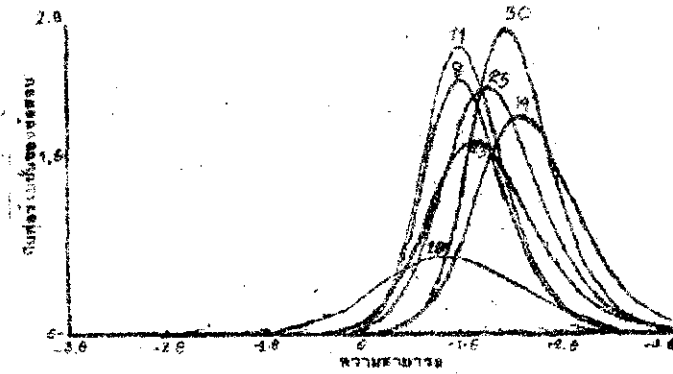
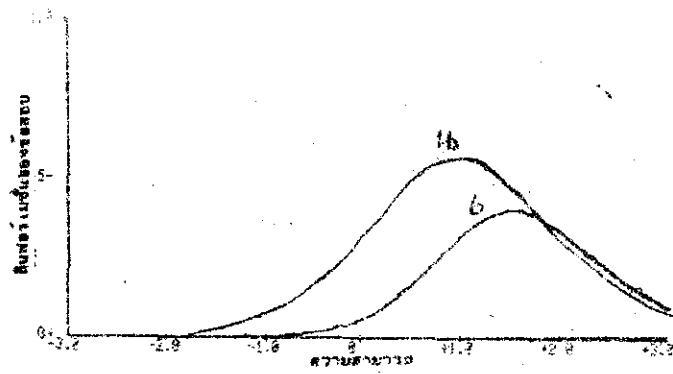
ภาพประกอบ 39 แสดงโค้งป็นตัวแปรของยอดของที่มีความสูง
และมีค่าจำนวนปานกลาง และสูง ความคล้าย ของแบบทดสอบ
รูปปริมาตรแบบร่างคัล



ภาพประกอบ 40 แสดงโค้งเส้นสำหรับ ¹ ² ³ ⁴ ⁵ ⁶ ⁷ ⁸ ⁹ ¹⁰ ¹¹ ¹² ¹³ ¹⁴ ¹⁵ ¹⁶ ¹⁷ ¹⁸ ¹⁹ ²⁰ ²¹ ²² ²³ ²⁴ ²⁵ ²⁶ ²⁷ ²⁸ ²⁹ ³⁰ ³¹ ³² ³³ ³⁴ ³⁵ ³⁶ ³⁷ ³⁸ ³⁹ ⁴⁰ ⁴¹ ⁴² ⁴³ ⁴⁴ ⁴⁵ ⁴⁶ ⁴⁷ ⁴⁸ ⁴⁹ ⁵⁰ ⁵¹ ⁵² ⁵³ ⁵⁴ ⁵⁵ ⁵⁶ ⁵⁷ ⁵⁸ ⁵⁹ ⁶⁰ ⁶¹ ⁶² ⁶³ ⁶⁴ ⁶⁵ ⁶⁶ ⁶⁷ ⁶⁸ ⁶⁹ ⁷⁰ ⁷¹ ⁷² ⁷³ ⁷⁴ ⁷⁵ ⁷⁶ ⁷⁷ ⁷⁸ ⁷⁹ ⁸⁰ ⁸¹ ⁸² ⁸³ ⁸⁴ ⁸⁵ ⁸⁶ ⁸⁷ ⁸⁸ ⁸⁹ ⁹⁰ ⁹¹ ⁹² ⁹³ ⁹⁴ ⁹⁵ ⁹⁶ ⁹⁷ ⁹⁸ ⁹⁹ ¹⁰⁰ ¹⁰¹ ¹⁰² ¹⁰³ ¹⁰⁴ ¹⁰⁵ ¹⁰⁶ ¹⁰⁷ ¹⁰⁸ ¹⁰⁹ ¹¹⁰ ¹¹¹ ¹¹² ¹¹³ ¹¹⁴ ¹¹⁵ ¹¹⁶ ¹¹⁷ ¹¹⁸ ¹¹⁹ ¹²⁰ ¹²¹ ¹²² ¹²³ ¹²⁴ ¹²⁵ ¹²⁶ ¹²⁷ ¹²⁸ ¹²⁹ ¹³⁰ ¹³¹ ¹³² ¹³³ ¹³⁴ ¹³⁵ ¹³⁶ ¹³⁷ ¹³⁸ ¹³⁹ ¹⁴⁰ ¹⁴¹ ¹⁴² ¹⁴³ ¹⁴⁴ ¹⁴⁵ ¹⁴⁶ ¹⁴⁷ ¹⁴⁸ ¹⁴⁹ ¹⁵⁰ ¹⁵¹ ¹⁵² ¹⁵³ ¹⁵⁴ ¹⁵⁵ ¹⁵⁶ ¹⁵⁷ ¹⁵⁸ ¹⁵⁹ ¹⁶⁰ ¹⁶¹ ¹⁶² ¹⁶³ ¹⁶⁴ ¹⁶⁵ ¹⁶⁶ ¹⁶⁷ ¹⁶⁸ ¹⁶⁹ ¹⁷⁰ ¹⁷¹ ¹⁷² ¹⁷³ ¹⁷⁴ ¹⁷⁵ ¹⁷⁶ ¹⁷⁷ ¹⁷⁸ ¹⁷⁹ ¹⁸⁰ ¹⁸¹ ¹⁸² ¹⁸³ ¹⁸⁴ ¹⁸⁵ ¹⁸⁶ ¹⁸⁷ ¹⁸⁸ ¹⁸⁹ ¹⁹⁰ ¹⁹¹ ¹⁹² ¹⁹³ ¹⁹⁴ ¹⁹⁵ ¹⁹⁶ ¹⁹⁷ ¹⁹⁸ ¹⁹⁹ ²⁰⁰ ²⁰¹ ²⁰² ²⁰³ ²⁰⁴ ²⁰⁵ ²⁰⁶ ²⁰⁷ ²⁰⁸ ²⁰⁹ ²¹⁰ ²¹¹ ²¹² ²¹³ ²¹⁴ ²¹⁵ ²¹⁶ ²¹⁷ ²¹⁸ ²¹⁹ ²²⁰ ²²¹ ²²² ²²³ ²²⁴ ²²⁵ ²²⁶ ²²⁷ ²²⁸ ²²⁹ ²³⁰ ²³¹ ²³² ²³³ ²³⁴ ²³⁵ ²³⁶ ²³⁷ ²³⁸ ²³⁹ ²⁴⁰ ²⁴¹ ²⁴² ²⁴³ ²⁴⁴ ²⁴⁵ ²⁴⁶ ²⁴⁷ ²⁴⁸ ²⁴⁹ ²⁵⁰ ²⁵¹ ²⁵² ²⁵³ ²⁵⁴ ²⁵⁵ ²⁵⁶ ²⁵⁷ ²⁵⁸ ²⁵⁹ ²⁶⁰ ²⁶¹ ²⁶² ²⁶³ ²⁶⁴ ²⁶⁵ ²⁶⁶ ²⁶⁷ ²⁶⁸ ²⁶⁹ ²⁷⁰ ²⁷¹ ²⁷² ²⁷³ ²⁷⁴ ²⁷⁵ ²⁷⁶ ²⁷⁷ ²⁷⁸ ²⁷⁹ ²⁸⁰ ²⁸¹ ²⁸² ²⁸³ ²⁸⁴ ²⁸⁵ ²⁸⁶ ²⁸⁷ ²⁸⁸ ²⁸⁹ ²⁹⁰ ²⁹¹ ²⁹² ²⁹³ ²⁹⁴ ²⁹⁵ ²⁹⁶ ²⁹⁷ ²⁹⁸ ²⁹⁹ ³⁰⁰ ³⁰¹ ³⁰² ³⁰³ ³⁰⁴ ³⁰⁵ ³⁰⁶ ³⁰⁷ ³⁰⁸ ³⁰⁹ ³¹⁰ ³¹¹ ³¹² ³¹³ ³¹⁴ ³¹⁵ ³¹⁶ ³¹⁷ ³¹⁸ ³¹⁹ ³²⁰ ³²¹ ³²² ³²³ ³²⁴ ³²⁵ ³²⁶ ³²⁷ ³²⁸ ³²⁹ ³³⁰ ³³¹ ³³² ³³³ ³³⁴ ³³⁵ ³³⁶ ³³⁷ ³³⁸ ³³⁹ ³⁴⁰ ³⁴¹ ³⁴² ³⁴³ ³⁴⁴ ³⁴⁵ ³⁴⁶ ³⁴⁷ ³⁴⁸ ³⁴⁹ ³⁵⁰ ³⁵¹ ³⁵² ³⁵³ ³⁵⁴ ³⁵⁵ ³⁵⁶ ³⁵⁷ ³⁵⁸ ³⁵⁹ ³⁶⁰ ³⁶¹ ³⁶² ³⁶³ ³⁶⁴ ³⁶⁵ ³⁶⁶ ³⁶⁷ ³⁶⁸ ³⁶⁹ ³⁷⁰ ³⁷¹ ³⁷² ³⁷³ ³⁷⁴ ³⁷⁵ ³⁷⁶ ³⁷⁷ ³⁷⁸ ³⁷⁹ ³⁸⁰ ³⁸¹ ³⁸² ³⁸³ ³⁸⁴ ³⁸⁵ ³⁸⁶ ³⁸⁷ ³⁸⁸ ³⁸⁹ ³⁹⁰ ³⁹¹ ³⁹² ³⁹³ ³⁹⁴ ³⁹⁵ ³⁹⁶ ³⁹⁷ ³⁹⁸ ³⁹⁹ ⁴⁰⁰ ⁴⁰¹ ⁴⁰² ⁴⁰³ ⁴⁰⁴ ⁴⁰⁵ ⁴⁰⁶ ⁴⁰⁷ ⁴⁰⁸ ⁴⁰⁹ ⁴¹⁰ ⁴¹¹ ⁴¹² ⁴¹³ ⁴¹⁴ ⁴¹⁵ ⁴¹⁶ ⁴¹⁷ ⁴¹⁸ ⁴¹⁹ ⁴²⁰ ⁴²¹ ⁴²² ⁴²³ ⁴²⁴ ⁴²⁵ ⁴²⁶ ⁴²⁷ ⁴²⁸ ⁴²⁹ ⁴³⁰ ⁴³¹ ⁴³² ⁴³³ ⁴³⁴ ⁴³⁵ ⁴³⁶ ⁴³⁷ ⁴³⁸ ⁴³⁹ ⁴⁴⁰ ⁴⁴¹ ⁴⁴² ⁴⁴³ ⁴⁴⁴ ⁴⁴⁵ ⁴⁴⁶ ⁴⁴⁷ ⁴⁴⁸ ⁴⁴⁹ ⁴⁵⁰ ⁴⁵¹ ⁴⁵² ⁴⁵³ ⁴⁵⁴ ⁴⁵⁵ ⁴⁵⁶ ⁴⁵⁷ ⁴⁵⁸ ⁴⁵⁹ ⁴⁶⁰ ⁴⁶¹ ⁴⁶² ⁴⁶³ ⁴⁶⁴ ⁴⁶⁵ ⁴⁶⁶ ⁴⁶⁷ ⁴⁶⁸ ⁴⁶⁹ ⁴⁷⁰ ⁴⁷¹ ⁴⁷² ⁴⁷³ ⁴⁷⁴ ⁴⁷⁵ ⁴⁷⁶ ⁴⁷⁷ ⁴⁷⁸ ⁴⁷⁹ ⁴⁸⁰ ⁴⁸¹ ⁴⁸² ⁴⁸³ ⁴⁸⁴ ⁴⁸⁵ ⁴⁸⁶ ⁴⁸⁷ ⁴⁸⁸ ⁴⁸⁹ ⁴⁹⁰ ⁴⁹¹ ⁴⁹² ⁴⁹³ ⁴⁹⁴ ⁴⁹⁵ ⁴⁹⁶ ⁴⁹⁷ ⁴⁹⁸ ⁴⁹⁹ ⁵⁰⁰ ⁵⁰¹ ⁵⁰² ⁵⁰³ ⁵⁰⁴ ⁵⁰⁵ ⁵⁰⁶ ⁵⁰⁷ ⁵⁰⁸ ⁵⁰⁹ ⁵¹⁰ ⁵¹¹ ⁵¹² ⁵¹³ ⁵¹⁴ ⁵¹⁵ ⁵¹⁶ ⁵¹⁷ ⁵¹⁸ ⁵¹⁹ ⁵²⁰ ⁵²¹ ⁵²² ⁵²³ ⁵²⁴ ⁵²⁵ ⁵²⁶ ⁵²⁷ ⁵²⁸ ⁵²⁹ ⁵³⁰ ⁵³¹ ⁵³² ⁵³³ ⁵³⁴ ⁵³⁵ ⁵³⁶ ⁵³⁷ ⁵³⁸ ⁵³⁹ ⁵⁴⁰ ⁵⁴¹ ⁵⁴² ⁵⁴³ ⁵⁴⁴ ⁵⁴⁵ ⁵⁴⁶ ⁵⁴⁷ ⁵⁴⁸ ⁵⁴⁹ ⁵⁵⁰ ⁵⁵¹ ⁵⁵² ⁵⁵³ ⁵⁵⁴ ⁵⁵⁵ ⁵⁵⁶ ⁵⁵⁷ ⁵⁵⁸ ⁵⁵⁹ ⁵⁶⁰ ⁵⁶¹ ⁵⁶² ⁵⁶³ ⁵⁶⁴ ⁵⁶⁵ ⁵⁶⁶ ⁵⁶⁷ ⁵⁶⁸ ⁵⁶⁹ ⁵⁷⁰ ⁵⁷¹ ⁵⁷² ⁵⁷³ ⁵⁷⁴ ⁵⁷⁵ ⁵⁷⁶ ⁵⁷⁷ ⁵⁷⁸ ⁵⁷⁹ ⁵⁸⁰ ⁵⁸¹ ⁵⁸² ⁵⁸³ ⁵⁸⁴ ⁵⁸⁵ ⁵⁸⁶ ⁵⁸⁷ ⁵⁸⁸ ⁵⁸⁹ ⁵⁹⁰ ⁵⁹¹ ⁵⁹² ⁵⁹³ ⁵⁹⁴ ⁵⁹⁵ ⁵⁹⁶ ⁵⁹⁷ ⁵⁹⁸ ⁵⁹⁹ ⁶⁰⁰ ⁶⁰¹ ⁶⁰² ⁶⁰³ ⁶⁰⁴ ⁶⁰⁵ ⁶⁰⁶ ⁶⁰⁷ ⁶⁰⁸ ⁶⁰⁹ ⁶¹⁰ ⁶¹¹ ⁶¹² ⁶¹³ ⁶¹⁴ ⁶¹⁵ ⁶¹⁶ ⁶¹⁷ ⁶¹⁸ ⁶¹⁹ ⁶²⁰ ⁶²¹ ⁶²² ⁶²³ ⁶²⁴ ⁶²⁵ ⁶²⁶ ⁶²⁷ ⁶²⁸ ⁶²⁹ ⁶³⁰ ⁶³¹ ⁶³² ⁶³³ ⁶³⁴ ⁶³⁵ ⁶³⁶ ⁶³⁷ ⁶³⁸ ⁶³⁹ ⁶⁴⁰ ⁶⁴¹ ⁶⁴² ⁶⁴³ ⁶⁴⁴ ⁶⁴⁵ ⁶⁴⁶ ⁶⁴⁷ ⁶⁴⁸ ⁶⁴⁹ ⁶⁵⁰ ⁶⁵¹ ⁶⁵² ⁶⁵³ ⁶⁵⁴ ⁶⁵⁵ ⁶⁵⁶ ⁶⁵⁷ ⁶⁵⁸ ⁶⁵⁹ ⁶⁶⁰ ⁶⁶¹ ⁶⁶² ⁶⁶³ ⁶⁶⁴ ⁶⁶⁵ ⁶⁶⁶ ⁶⁶⁷ ⁶⁶⁸ ⁶⁶⁹ ⁶⁷⁰ ⁶⁷¹ ⁶⁷² ⁶⁷³ ⁶⁷⁴ ⁶⁷⁵ ⁶⁷⁶ ⁶⁷⁷ ⁶⁷⁸ ⁶⁷⁹ ⁶⁸⁰ ⁶⁸¹ ⁶⁸² ⁶⁸³ ⁶⁸⁴ ⁶⁸⁵ ⁶⁸⁶ ⁶⁸⁷ ⁶⁸⁸ ⁶⁸⁹ ⁶⁹⁰ ⁶⁹¹ ⁶⁹² ⁶⁹³ ⁶⁹⁴ ⁶⁹⁵ ⁶⁹⁶ ⁶⁹⁷ ⁶⁹⁸ ⁶⁹⁹ ⁷⁰⁰ ⁷⁰¹ ⁷⁰² ⁷⁰³ ⁷⁰⁴ ⁷⁰⁵ ⁷⁰⁶ ⁷⁰⁷ ⁷⁰⁸ ⁷⁰⁹ ⁷¹⁰ ⁷¹¹ ⁷¹² ⁷¹³ ⁷¹⁴ ⁷¹⁵ ⁷¹⁶ ⁷¹⁷ ⁷¹⁸ ⁷¹⁹ ⁷²⁰ ⁷²¹ ⁷²² ⁷²³ ⁷²⁴ ⁷²⁵ ⁷²⁶ ⁷²⁷ ⁷²⁸ ⁷²⁹ ⁷³⁰ ⁷³¹ ⁷³² ⁷³³ ⁷³⁴ ⁷³⁵ ⁷³⁶ ⁷³⁷ ⁷³⁸ ⁷³⁹ ⁷⁴⁰ ⁷⁴¹ ⁷⁴² ⁷⁴³ ⁷⁴⁴ ⁷⁴⁵ ⁷⁴⁶ ⁷⁴⁷ ⁷⁴⁸ ⁷⁴⁹ ⁷⁵⁰ ⁷⁵¹ ⁷⁵² ⁷⁵³ ⁷⁵⁴ ⁷⁵⁵ ⁷⁵⁶ ⁷⁵⁷ ⁷⁵⁸ ⁷⁵⁹ ⁷⁶⁰ ⁷⁶¹ ⁷⁶² ⁷⁶³ ⁷⁶⁴ ⁷⁶⁵ ⁷⁶⁶ ⁷⁶⁷ ⁷⁶⁸ ⁷⁶⁹ ⁷⁷⁰ ⁷⁷¹ ⁷⁷² ⁷⁷³ ⁷⁷⁴ ⁷⁷⁵ ⁷⁷⁶ ⁷⁷⁷ ⁷⁷⁸ ⁷⁷⁹ ⁷⁸⁰ ⁷⁸¹ ⁷⁸² ⁷⁸³ ⁷⁸⁴ ⁷⁸⁵ ⁷⁸⁶ ⁷⁸⁷ ⁷⁸⁸ ⁷⁸⁹ ⁷⁹⁰ ⁷⁹¹ ⁷⁹² ⁷⁹³ ⁷⁹⁴ ⁷⁹⁵ ⁷⁹⁶ ⁷⁹⁷ ⁷⁹⁸ ⁷⁹⁹ ⁸⁰⁰ ⁸⁰¹ ⁸⁰² ⁸⁰³ ⁸⁰⁴ ⁸⁰⁵ ⁸⁰⁶ ⁸⁰⁷ ⁸⁰⁸ ⁸⁰⁹ ⁸¹⁰ ⁸¹¹ ⁸¹² ⁸¹³ ⁸¹⁴ ⁸¹⁵ ⁸¹⁶ ⁸¹⁷ ⁸¹⁸ ⁸¹⁹ ⁸²⁰ ⁸²¹ ⁸²² ⁸²³ ⁸²⁴ ⁸²⁵ ⁸²⁶ ⁸²⁷ ⁸²⁸ ⁸²⁹ ⁸³⁰ ⁸³¹ ⁸³² ⁸³³ ⁸³⁴ ⁸³⁵ ⁸³⁶ ⁸³⁷ ⁸³⁸ ⁸³⁹ ⁸⁴⁰ ⁸⁴¹ ⁸⁴² ⁸⁴³ ⁸⁴⁴ ⁸⁴⁵ ⁸⁴⁶ ⁸⁴⁷ ⁸⁴⁸ ⁸⁴⁹ ⁸⁵⁰ ⁸⁵¹ ⁸⁵² ⁸⁵³ ⁸⁵⁴ ⁸⁵⁵ ⁸⁵⁶ ⁸⁵⁷ ⁸⁵⁸ ⁸⁵⁹ ⁸⁶⁰ ⁸⁶¹ ⁸⁶² ⁸⁶³ ⁸⁶⁴ ⁸⁶⁵ ⁸⁶⁶ ⁸⁶⁷ ⁸⁶⁸ ⁸⁶⁹ ⁸⁷⁰ ⁸⁷¹ ⁸⁷² ⁸⁷³ ⁸⁷⁴ ⁸⁷⁵ ⁸⁷⁶ ⁸⁷⁷ ⁸⁷⁸ ⁸⁷⁹ ⁸⁸⁰ ⁸⁸¹ ⁸⁸² ⁸⁸³ ⁸⁸⁴ ⁸⁸⁵ ⁸⁸⁶ ⁸⁸⁷ ⁸⁸⁸ ⁸⁸⁹ ⁸⁹⁰ ⁸⁹¹ ⁸⁹² ⁸⁹³ ⁸⁹⁴ ⁸⁹⁵ ⁸⁹⁶ ⁸⁹⁷ ⁸⁹⁸ ⁸⁹⁹ ⁹⁰⁰ ⁹⁰¹ ⁹⁰² ⁹⁰³ ⁹⁰⁴ ⁹⁰⁵ ⁹⁰⁶ ⁹⁰⁷ ⁹⁰⁸ ⁹⁰⁹ ⁹¹⁰ ⁹¹¹ ⁹¹² ⁹¹³ ⁹¹⁴ ⁹¹⁵ ⁹¹⁶ ⁹¹⁷ ⁹¹⁸ ⁹¹⁹ ⁹²⁰ ⁹²¹ ⁹²² ⁹²³ ⁹²⁴ ⁹²⁵ ⁹²⁶ ⁹²⁷ ⁹²⁸ ⁹²⁹ ⁹³⁰ ⁹³¹ ⁹³² ⁹³³ ⁹³⁴ ⁹³⁵ ⁹³⁶ ⁹³⁷ ⁹³⁸ ⁹³⁹ ⁹⁴⁰ ⁹⁴¹ ⁹⁴² ⁹⁴³ ⁹⁴⁴ ⁹⁴⁵ ⁹⁴⁶ ⁹⁴⁷ ⁹⁴⁸ ⁹⁴⁹ ⁹⁵⁰ ⁹⁵¹ ⁹⁵² ⁹⁵³ ⁹⁵⁴ ⁹⁵⁵ ⁹⁵⁶ ⁹⁵⁷ ⁹⁵⁸ ⁹⁵⁹ ⁹⁶⁰ ⁹⁶¹ ⁹⁶² ⁹⁶³ ⁹⁶⁴ ⁹⁶⁵ ⁹⁶⁶ ⁹⁶⁷ ⁹⁶⁸ ⁹⁶⁹ ⁹⁷⁰ ⁹⁷¹ ⁹⁷² ⁹⁷³ ⁹⁷⁴ ⁹⁷⁵ ⁹⁷⁶ ⁹⁷⁷ ⁹⁷⁸ ⁹⁷⁹ ⁹⁸⁰ ⁹⁸¹ ⁹⁸² ⁹⁸³ ⁹⁸⁴ ⁹⁸⁵ ⁹⁸⁶ ⁹⁸⁷ ⁹⁸⁸ ⁹⁸⁹ ⁹⁹⁰ ⁹⁹¹ ⁹⁹² ⁹⁹³ ⁹⁹⁴ ⁹⁹⁵ ⁹⁹⁶ ⁹⁹⁷ ⁹⁹⁸ ⁹⁹⁹ ¹⁰⁰⁰ ¹⁰⁰¹ ¹⁰⁰² ¹⁰⁰³ ¹⁰⁰⁴ ¹⁰⁰⁵ ¹⁰⁰⁶ ¹⁰⁰⁷ ¹⁰⁰⁸ ¹⁰⁰⁹ ¹⁰¹⁰ ¹⁰¹¹ ¹⁰¹² ¹⁰¹³ ¹⁰¹⁴ ¹⁰¹⁵ ¹⁰¹⁶ ¹⁰¹⁷ ¹⁰¹⁸ ¹⁰¹⁹ ¹⁰²⁰ ¹⁰²¹ ¹⁰²² ¹⁰²³ ¹⁰²⁴ ¹⁰²⁵ ¹⁰²⁶ ¹⁰²⁷ ¹⁰²⁸ ¹⁰²⁹ ¹⁰³⁰ ¹⁰³¹ ¹⁰³² ¹⁰³³ ¹⁰³⁴ ¹⁰³⁵ ¹⁰³⁶ ¹⁰³⁷ ¹⁰³⁸ ¹⁰³⁹ ¹⁰⁴⁰ ¹⁰⁴¹ ¹⁰⁴² ¹⁰⁴³ ¹⁰⁴⁴ ¹⁰⁴⁵ ¹⁰⁴⁶ ¹⁰⁴⁷ ¹⁰⁴⁸ ¹⁰⁴⁹ ¹⁰⁵⁰ ¹⁰⁵¹ ¹⁰⁵² ¹⁰⁵³ ¹⁰⁵⁴ ¹⁰⁵⁵ ¹⁰⁵⁶ ¹⁰⁵⁷ ¹⁰⁵⁸ ¹⁰⁵⁹ ¹⁰⁶⁰ ¹⁰⁶¹ ¹⁰⁶² ¹⁰⁶³ ¹⁰⁶⁴ ¹⁰⁶⁵ ¹⁰⁶⁶ ¹⁰⁶⁷ ¹⁰⁶⁸ ¹⁰⁶⁹ ¹⁰⁷⁰ ¹⁰⁷¹ ¹⁰⁷² ¹⁰⁷³ ¹⁰⁷⁴ ¹⁰⁷⁵ ¹⁰⁷⁶ ¹⁰⁷⁷ ¹⁰⁷⁸ ¹⁰⁷⁹ ¹⁰⁸⁰ ¹⁰⁸¹ ¹⁰⁸² ¹⁰⁸³ ¹⁰⁸⁴ ¹⁰⁸⁵ ¹⁰⁸⁶ ¹⁰⁸⁷ ¹⁰⁸⁸ ¹⁰⁸⁹ ¹⁰⁹⁰ ¹⁰⁹¹ ¹⁰⁹² ¹⁰⁹³ ¹⁰⁹⁴ ¹⁰⁹⁵ ¹⁰⁹⁶ ¹⁰⁹⁷ ¹⁰⁹⁸ ¹⁰⁹⁹ ¹¹⁰⁰ ¹¹⁰¹ ¹¹⁰² ¹¹⁰³ ¹¹⁰⁴ ¹¹⁰⁵ ¹¹⁰⁶ ¹¹⁰⁷ ¹¹⁰⁸ ¹¹⁰⁹ ¹¹¹⁰ ¹¹¹¹ ¹¹¹² ¹¹¹³ ¹¹¹⁴ ¹¹¹⁵ ¹¹¹⁶ ¹¹¹⁷ ¹¹¹⁸ ¹¹¹⁹ ¹¹²⁰ ¹¹²¹ ¹¹²² ¹¹²³ ¹¹²⁴ ¹¹²⁵ ¹¹²⁶ ¹¹²⁷ ¹¹²⁸ ¹¹²⁹ ¹¹³⁰ ¹¹³¹ ¹¹³² ¹¹³³ ¹¹³⁴ ¹¹³⁵ ¹¹³⁶ ¹¹³⁷ ¹¹³⁸ ¹¹³⁹ ¹¹⁴⁰ ¹¹⁴¹ ¹¹⁴² ¹¹⁴³ ¹¹⁴⁴ ¹¹⁴⁵ ¹¹⁴⁶ ¹¹⁴⁷ ¹¹⁴⁸ ¹¹⁴⁹ ¹¹⁵⁰ ¹¹⁵¹ ¹¹⁵² ¹¹⁵³ ¹¹⁵⁴ ¹¹⁵⁵ ¹¹⁵⁶ ¹¹⁵⁷ ¹¹⁵⁸ ¹¹⁵⁹ ¹¹⁶⁰ ¹¹⁶¹ ¹¹⁶² ¹¹⁶³ ¹¹⁶⁴ ¹¹⁶⁵ ¹¹⁶⁶ ¹¹⁶⁷ ¹¹⁶⁸ ¹¹⁶⁹ ¹¹⁷⁰ ¹¹⁷¹ ¹¹⁷² ¹¹⁷³ ¹¹⁷⁴ ¹¹⁷⁵ ¹¹⁷⁶ ¹¹⁷⁷ ¹¹⁷⁸ ¹¹⁷⁹ ¹¹⁸⁰ ¹¹⁸¹ ¹¹⁸² ¹¹⁸³ ¹¹⁸⁴ ¹¹⁸⁵ ¹¹⁸⁶ ¹¹⁸⁷ ¹¹⁸⁸ ¹¹⁸⁹ ¹¹⁹⁰ ¹¹⁹¹ ¹¹⁹² ¹¹⁹³ ¹¹⁹⁴ ¹¹⁹⁵ ¹¹⁹⁶ ¹¹⁹⁷ ¹¹⁹⁸ ¹¹⁹⁹ ¹²⁰⁰ ¹²⁰¹ ¹²⁰² ¹²⁰³ ¹²⁰⁴ ¹²⁰⁵ ¹²⁰⁶ ¹²⁰⁷ ¹²⁰⁸ ¹²⁰⁹ ¹²¹⁰ ¹²¹¹ ¹²¹² ¹²¹³ ¹²¹⁴ ¹²¹⁵ ¹²¹⁶ ¹²¹⁷ ¹²¹⁸ ¹²¹⁹ ¹²²⁰ ¹²²¹ ¹²²² ¹²²³ ¹²²⁴ ¹²²⁵ ¹²²⁶ ¹²²⁷ ¹²²⁸ ¹²²⁹ ¹²³⁰ ¹²³¹ ¹²³² ¹²³³ ¹²³⁴ ¹²³⁵ ¹²³⁶ ¹²³⁷ ¹²³⁸ ¹²³⁹ ¹²⁴⁰ ¹²⁴¹ ¹²⁴² ¹²⁴³ ¹²⁴⁴ ¹²⁴⁵ ¹²⁴⁶ ¹²⁴⁷ ¹²⁴⁸ ¹²⁴⁹ ¹²⁵⁰ ¹²⁵¹ ¹²⁵² ¹²⁵³ ¹²⁵⁴ ¹²⁵⁵ ¹²⁵⁶ ¹²⁵⁷ ¹²⁵⁸ ¹²⁵⁹ ¹²⁶⁰ ¹²⁶¹ ¹²⁶² ¹²⁶³ ¹²⁶⁴ ¹²⁶⁵ ¹²⁶⁶ ¹²⁶⁷ ¹²⁶⁸ ¹²⁶⁹ ¹²⁷⁰ ¹²⁷¹ ¹²⁷² ¹²⁷³ ¹²⁷⁴ ¹²⁷⁵ ¹²⁷⁶ ¹²⁷⁷ ¹²⁷⁸ ¹²⁷⁹ ¹²⁸⁰ ¹²⁸¹ ¹²⁸² ¹²⁸³ ¹²⁸⁴ ¹²⁸⁵ ¹²⁸⁶ ¹²⁸⁷ ¹²⁸⁸ ¹²⁸⁹ ¹²⁹⁰ ¹²⁹¹ ¹²⁹² ¹²⁹³ ¹²⁹⁴ ¹²⁹⁵ ¹²⁹⁶ ¹²⁹⁷ ¹²⁹⁸ ¹²⁹⁹ ¹³⁰⁰ ¹³⁰¹ ¹³⁰² ¹³⁰³ ¹³⁰⁴ ¹



ภาพประกอบ 41 แสดงโค้งอินทรีย์และเส้นของระบบที่มีความยาวปานกลาง
และมีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง และสูง ตามลำดับ ของแบบทดสอบทั้ง 10



ภาพประกอบ 42 แสดงโค้งอินเทอร์เฟรนซ์ของหลอดที่มีค่าความยาวสูง
และมีค่าอำนาจจำแนกปานกลาง และสูง ของแบบทดสอบทั้งเิน

ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบบางประการของแบบทดสอบรูปปริมาตร
กับความสามารถทางการเรียน ในวิชาคณิตศาสตร์

บทคัดย่อ
ของ
จิราพร ไกรสรสิ่วเว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
มิถุนายน 2529

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ใช้แบบทดสอบ
รูปปริมาตรจำนวนสามฉบับ คือ แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ แบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผัน
และแบบข้างตัดกับความสามารถทางการเรียนของนักเรียน ในวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
เรื่องสมการและอสมการ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบ
รูปปริมาตร 3 วิธี คือ วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำวิธีการตรวจให้
คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก และวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ และ
ศึกษาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับกับความสามารถ
ทางการเรียนและ เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ
ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม โดยใช้โปรแกรมโลจิส 5 แล้วจัดลำดับข้อสอบเข้าลักษณะของแบบ
ทดสอบรูปปริมาตรฉบับต่าง ๆ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 2 ปีการศึกษา 2528 โรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดกำแพงเพชร จำนวน
1,740 คน เลือกมาโดยการสุ่มอย่างง่ายผลของการศึกษาสรุปได้ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ใช้แบบทดสอบรูปปริมาตรแต่ละฉบับ ซึ่งตรวจ
ให้คะแนนในแต่ละวิธี กับความสามารถทางการเรียนมีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
และ .05 และผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคู่ หมายว่า

เมื่อตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง
แบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผันกับความสามารถทางการเรียน
มีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบข้างตัดกับความสามารถทางการเรียน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบที่ใช้
ขนาดชั้นแปรผัน กับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบข้างตัดกับความสามารถทางการเรียนสูงกว่า
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นแปรผันกับความสามารถทาง
การเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบ
รูปปริมาตรแบบที่ใช้ขนาดชั้นคงที่ และแบบข้างตัดกับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มี
นัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบ
รูปปารามิคแบบที่ใช้ขนาดขั้นแปดกับความสามารถทางการเรียนสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง
แบบทดสอบรูปปารามิคแบบที่ใช้ขนาด ขั้นคงที่และแบบข้างตัดกับความสามารถทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบรูปปารามิค
แบบที่ใช้ขนาดขั้นคงที่ และแบบข้างตัดกับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ
ทางสถิติ

3) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนน 3 วิธี โดยแยกผลวิเคราะห์
ตามแบบทดสอบรูปปารามิคแต่ละฉบับ มีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า และ
ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคู่ พบว่า เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปารามิคแต่ละฉบับ
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ยกเว้นเมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปารามิคที่ใช้ขนาด
ขั้นแปด ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบ
ที่ตอบถูกกับวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำ และวิธีการตรวจให้คะแนน
ข้อสอบทุกข้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบรูปปารามิคแบบข้างตัด
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการ
ตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกแตกต่างจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง
วิธีการตรวจให้คะแนนตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ทำกับวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อ
อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

THE RELATIONSHIP BETWEEN SELECTED PYRAMIDAL TEST DESIGNS AND
STUDENTS' ABILITY IN MATHEMATICS

AN ABSTRACT

BY

JIRAPRON KRAISRONSEIVAVET

presented partial fulfillment of the requirement
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University
June 1986

The purposes of the study were to explore the relationship between three types of Pyramidal Test (Constant Step Size Pyramids, Variable Step Size Pyramids and Truncated Pyramids) and the Mathematics Achievement of Mathayom Suksa II students measured in the contents of equation and inequation, to [redacted] the relationship between the three scoring methods of the Pyramidal Test (average item difficulty, average corrected item difficulty, and all item score) and to explore the pairwise differences between correlation coefficients within the three types of Pyramidal test and within the three types of scoring methods. The author constructed a 200 multiple choices items and applied the Item Response Theory (Program LOGIST Version 5) in analyzing the selected 126 items, then composed the three Pyramidal Tests and a conventional test. The randomly selected samples were 1740 students in academic year 1985. The results of the study were summarized as follows.

All correlation coefficients between scores from each Pyramidal Test within each scoring methods and [redacted] Mathematics Achievements by conventional test were positive and were significant differences from zero. For the average item difficulty scoring method, the correlation coefficient produced by Constant Step size Pyramid and Variable Step [redacted] Size Pyramid were equal but significant differences from Truncated Pyramidal Test. For the average corrected item difficulty scoring method, the Constant Step Size Pyramidal Test and Truncated Pyramidal Test the correlation coefficients were equal but highly significant from the Variable Step Size Pyramidal Test. And for all item score procedure, Variable Step-Size Pyramidal Test produced the highest correlation coefficient and was

significant differences from Constant and Truncated Pyramidal Test. Within each type of Pyramidal Test. The correlation coefficients produced by three types of Scoring method were significant differences mostly. However, for Variable Step Size, the correlation coefficients between the average item difficulty and average corrected item difficulty were not significant differences from others.