

371.26013

ศ ๒๕๔ ๗

๘.3

**ปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบอัตโนมัติ
ที่สร้างโดยการคัดเลือกข้อความวิธี Binary Programming**

ปริญญานิพนธ์

ของ

สมหวัง บุญสิทธิ์

๕-9 เม.ย. 2542

**เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิบัณฑิต สาขาการทดสอบและวัดผลการศึกษา**

มีนาคม 2542

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการควบคุม และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขา
การทดสอบและวัดผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. ส.วาสนา ประมวลพฤกษ์)
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี)
..... กรรมการ
(ดร. วันทยา วงศ์ศิลปภิรมย์)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. ส.วาสนา ประมวลพฤกษ์)
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี)
..... กรรมการ
(ดร. วันทยา วงศ์ศิลปภิรมย์)
..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร. จริยา เสดบุตร)
..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ดร. สุพร เข้มเฮง)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาการทดสอบและวัดผลการศึกษา ของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
วันที่ 12 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2542

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ เพราะได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ส.วาสนา ประวาลพุกภัย รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี ดร.วันทยา วงศ์ศิลปภิรมย์ รองศาสตราจารย์ ดร.จริยา เสถบุตร และ ดร.สุวพร เข้มเฮง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณ จึงขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่น สำนักงานการประถมศึกษาอำเภอเมืองขอนแก่น ผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน ตลอดจนผู้บริหารโรงเรียน คณะครู นักเรียนของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ ร่วมมือ ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการพัฒนาเครื่องมือวิจัย และเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณตาแสง คุณยายจันทร์ สุวรรณกลาง ญาติพี่น้อง ภรรยาและลูก อันเป็นที่รัก ที่ให้ความช่วยเหลือ กระตุ้น และเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณ นักวัดผลฯ รุ่นพี่ รุ่นน้อง เพื่อนๆ และผู้เกี่ยวข้องทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือ ในการทำปริญญานิพนธ์

คุณประโยชน์ที่ได้จากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องเทิดบูชาพระคุณพ่อแม่ ผู้ล่วงลับ และครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรม สั่งสอนผู้วิจัยให้มีความมานะ พากเพียร อดทน จนประสบผลสำเร็จในการศึกษา

สมหวัง บุญสิทธิ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า.....	7
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า.....	7
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า.....	8
	ข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษาค้นคว้า.....	9
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	10
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
	ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม	14
	มโนทัศน์ในการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ	35
	การประยุกต์ทฤษฎีการตอบข้อคำถามเพื่อสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติ	54
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	72
	สมมุติฐานของการวิจัย.....	78
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	80
	ประชากร.....	80
	กลุ่มตัวอย่าง.....	80
	ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....	82
	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....	88
	การออกแบบเก็บข้อมูล.....	91
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	92
	★ การวิเคราะห์ข้อมูล.....	92
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	96
	สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	96
	การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	96

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	96
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	120
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า.....	120
สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า.....	121
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	121
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....	122
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	122
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	123
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	123
อภิปรายผล.....	127
ข้อเสนอแนะ.....	135
บรรณานุกรม.....	139
ภาคผนวก.....	151
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	322

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ลักษณะของข้อมูล โมเดลที่ใช้วิเคราะห์ และผู้เสนอโมเดล.....	19
2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	29
3 ค่าอนุพันธ์ และค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามใน โมเดลโลจิสติก.....	31
4 ฟังก์ชันสารสนเทศของโมเดลโลจิสติก จำแนกตามพารามิเตอร์.....	32
5 การจำแนกระดับข้อคำถามที่ดี ตามหน่วยงานที่ใช้.....	38
6 ฟังก์ชันเป้าหมายสำหรับคัดเลือกข้อคำถามเพื่อสร้างแบบทดสอบออฟติมอล.....	57
7 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดอำเภอและโรงเรียน.....	81
8 จำนวนข้อคำถามที่บรรจุในคลังข้อสอบทั้ง 3 ขนาด จำแนกเป็นรายสมรรถภาพ.....	83
9 การจัดชุดแบบทดสอบ เพื่อนำไปสอบวัดกับกลุ่มตัวอย่าง.....	87
10 จำนวนข้อคำถามและเวลาที่ใช้ในการดำเนินการสอบของแบบทดสอบ.....	87
11 การออกแบบแผนการทดสอบ จำแนกตามตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัย.....	91
12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบทดสอบ ทั้ง 10 ฉบับ.....	97
13 จำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบแต่ละฉบับ ที่คัดเลือกโดยวิธี Binary Programming เมื่อจำแนกตามตัวแปรอิสระ.....	99
14 ข้อคำถาม 10 ลำดับแรก ที่ได้รับการคัดเลือกจากการคำนวณ ด้วยเงื่อนไขต่างๆ จำแนกตามตัวแปรอิสระ.....	100
15 การทดสอบความแตกต่างจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ ระหว่างการวิเคราะห์ข้อคำถามด้วยโมเดล 1PL , 2PL และ 3PL โดยใช้ Friedman Two-way Anova.....	101
16 การทดสอบความแตกต่างจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ ระหว่าง ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย Peak Target และ Uniform Target โดยใช้ Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks Test.....	101
17 การทดสอบความแตกต่างจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ ระหว่างพิสัยของ ตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศ แบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$, $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ และ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ โดยใช้ Friedman Two-way Anova.....	102

18 การทดสอบความแตกต่างจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ ระหว่างคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ 200 ข้อ และ 300 ข้อ โดยใช้ Friedman Two-way Anova	103
19 ค่าพารามิเตอร์ประจำข้อ สำหรับข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือกมาก 12 ลำดับแรก...	104
20 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ณ ระดับความสามารถต่างๆ ของ แบบทดสอบที่กำหนดลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ เป้าหมายประเภท Peak Target รวม 27 ฉบับ.....	105
21 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ณ ระดับความสามารถต่างๆ ของ แบบทดสอบที่กำหนดลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ เป้าหมายประเภท Uniform Target รวม 27 ฉบับ.....	108
22 จำนวนข้อคำถาม จำนวนผู้ตอบทั้งหมด จำนวนผู้ตอบที่เหมาะสมกับ โมเดล ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ได้จากแบบทดสอบทั้ง 54 เงื่อนไข.....	111
23 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ผู้สอบ จำแนกตามโมเดลการวิเคราะห์ข้อคำถาม.....	114
24 การทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถ ผู้สอบของแบบทดสอบ เมื่อใช้โมเดลวิเคราะห์ข้อคำถามต่างกัน.....	115
25 การทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่า ความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบ เมื่อกำหนดลักษณะการแจกแจง ของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายต่างกัน.....	116
26 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ผู้สอบ จำแนกตามพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่า ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ.....	117
27 การทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถ ผู้สอบของแบบทดสอบเมื่อกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับ ประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบแตกต่างกัน.....	117

ตาราง

หน้า

28	ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ผู้สอบ จำแนกตามขนาดคลังข้อสอบ.....	118
29	การทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่า ความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบ เมื่อขนาดคลังข้อสอบแตกต่างกัน.....	119
30	เวลา (Run Time) และจำนวนรอบวน (Iteration) ที่ใช้ในการคำนวณ แต่ละแฟ้มข้อมูล.....	133

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	ระบบคลังข้อสอบ.....	39
2	การพัฒนาาระบบคลังข้อสอบ.....	41
3	การออกแบบฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายของ แบบทดสอบอัตโนมัติ กรณีแบบทดสอบวินิจัยและ แบบทดสอบวัดความรู้(Mastery Test).....	62
4	ลักษณะการบรรจุข้อคำถามไว้ในคลังข้อสอบขนาด 100, 200 และ 300 ข้อ.....	82
5	ลักษณะการแจกแจงค่าสารสนเทศข้อคำถามของคลังข้อสอบขนาดต่างๆ จำแนกตามโมเดลการวิเคราะห์	84
6	เปรียบเทียบ Target Test Information Curve กับ Test Information Curve ทั้ง 27 ฉบับของแบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงแบบทดสอบเป้าหมาย ประเภท Peak Target	107
7	เปรียบเทียบ Target Test Information Curve กับ Test Information Curve ทั้ง 27 ฉบับของแบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงแบบทดสอบเป้าหมาย ประเภท Uniform Target	110

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในการวัดผลทางการศึกษาและจิตวิทยานั้น สิ่งที่วัดและตรวจสอบส่วนใหญ่เป็นคุณลักษณะภายใน (Latent Traits) ที่มีความซับซ้อนและแปรเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ ทำให้ไม่สามารถวัดคุณลักษณะดังกล่าวได้โดยตรง ดังนั้นจึงอาศัยวิธีการวัดทางอ้อมโดยกำหนดสิ่งเร้า (Stimuli) เช่น แบบทดสอบ แบบสอบถามหรือเครื่องมืออื่นๆ เป็นตัวกระตุ้นคุณลักษณะให้บุคคลตอบสนอง (Response) ออกมา จากนั้นนำผลการตอบสนองไปอนุมานถึงคุณลักษณะของสิ่งที่วัดนั้น ๆ เช่น คุณลักษณะด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย

จุดมุ่งหมายสำคัญที่สุดในการวัดคุณลักษณะหรือความสามารถ คือ เพื่อกำหนดจำนวนเชิงปริมาณที่แสดงถึงตำแหน่ง (Location) ของผู้สอบเป็นรายบุคคลตามคุณลักษณะตัวแปรทางจิตวิทยานามาตราวัดที่มีความต่อเนื่อง (Guilford.1954; Wright and Stone.1979; Crocker and Algina.1986) ด้วยเหตุนี้ นักจิตวิทยาและนักวัดผลการศึกษาจึงพยายามคิดค้นทฤษฎี เครื่องมือ และเทคนิคการวัดต่างๆ ขึ้นมา เพื่อให้ผลจากการวัดมีความแม่นยำและเป็นตัวแทนคุณลักษณะหรือความสามารถของบุคคลอย่างแท้จริง ทฤษฎีการวัดที่สำคัญในปัจจุบันสามารถแบ่งเป็น 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory : CTT) และทฤษฎีการตอบข้อคำถาม (Item Response Theory : IRT)

ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม นับเป็นทฤษฎีการวัดที่สำคัญซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากมีลักษณะที่ง่ายต่อการใช้ประโยชน์ แต่จากผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมตั้งอยู่บนพื้นฐานข้อตกลงเบื้องต้นที่อ่อน (Weak Assumptions) และไม่เพียงพอต่อการประมาณค่าความสามารถที่แท้จริง (Allen and Yen. 1979; Lord. 1980) รวมทั้งมีข้อจำกัดและปัญหาเกี่ยวกับการวัดที่ไม่ชัดเจนอีกหลายประการ (Hambleton and Swaminathan. 1985; Hambleton, Swaminathan and Rogers. 1991) เช่น

- 1) ค่าคุณลักษณะประจำของข้อคำถามและแบบทดสอบผันแปรไปตามระดับความสามารถของกลุ่มผู้สอบ (Group Dependent)
- 2) คะแนนความสามารถของผู้สอบขึ้นกับชุดของข้อคำถามหรือแบบทดสอบที่ได้รับ (Test Dependent)

3) คะแนนที่ได้จากการทดสอบบอกในลักษณะภาพรวมๆ ว่ามีคะแนนสูงหรือต่ำเมื่อเทียบกับเกณฑ์หรือกลุ่ม ไม่สามารถบอกได้ว่าผู้สอบจะตอบคำถามอย่างไร

4) การเปรียบเทียบความสามารถผู้สอบต้องใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกัน หรือแบบทดสอบคู่ขนาน ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นสิ่งที่ยากที่จะทำให้การสอบทั้งสองครั้งมีสภาพเหมือนกัน หรือสร้างแบบทดสอบให้คู่ขนานกันอย่างแท้จริง

จากจุดอ่อน ข้อจำกัดและปัญหาที่เกิดจากการใช้ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม จึงมีการพัฒนาทฤษฎีแนวใหม่ขึ้นบนแนวคิดพื้นฐานสองประการคือ ผลการตอบข้อคำถามสามารถทำนายหรืออธิบายคุณลักษณะภายในได้ และความสัมพันธ์ระหว่างผลการตอบข้อคำถามกับคุณลักษณะภายใน สามารถอธิบายโดยใช้ฟังก์ชันคุณลักษณะข้อคำถามหรือโค้งแสดงลักษณะข้อคำถาม (Hambleton, Swaminathan and Rogers, 1991:7) ทฤษฎีนี้คือ ทฤษฎีการตอบข้อคำถามหรือทฤษฎีคุณลักษณะแฝง (Latent Trait Theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่อธิบายลักษณะข้อคำถามแต่ละข้อด้วยพารามิเตอร์ของข้อคำถาม และอธิบายความสามารถของผู้สอบด้วยพารามิเตอร์ของผู้สอบ โดยค่าพารามิเตอร์เหล่านี้พิจารณาจากโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของผู้สอบ (Ability) กับลักษณะการตอบข้อคำถามหรือคะแนนของผู้สอบ (Test Performance) แต่เนื่องจากมีความเชื่อหลากหลายในเรื่องดังกล่าว จึงเกิดโมเดลทางคณิตศาสตร์ขึ้นมากมาย เช่น ราสช์โมเดล (Rasch Model) โลจิสติก โมเดล (Logistic Model) ที่มี 1 พารามิเตอร์ (1PL) 2 พารามิเตอร์ (2PL) 3 พารามิเตอร์ (3PL) และ 4 พารามิเตอร์ (4PL) เป็นต้น

นอกจากนี้ทฤษฎีการตอบข้อคำถามยังตั้งอยู่บนพื้นฐานข้อตกลงเบื้องต้นที่แข็งแกร่ง และเมื่อเลือกโมเดลเหมาะสมกับข้อมูลแล้วจะทำให้เกิดผลดีคือ ประการที่หนึ่งค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามจะไม่แปรผันไปตามกลุ่มผู้สอบ (Invariant Item Parameters) ประการที่สองเมื่อทราบลักษณะการตอบข้อคำถามแต่ละข้อของผู้สอบคนใด เราสามารถคำนวณค่าความสามารถที่แท้จริงของบุคคลนั้นได้ ประการที่สาม การประมาณค่าความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบอยู่บนสเกลความสามารถ (Ability Scale) เดียวกัน ซึ่งอาจจะใช้ข้อคำถามข้อใดก็ได้ (Item Free) ที่อยู่ในแหล่งข้อคำถามเดียวกัน (Pool of Test Items) และวัดคุณลักษณะเดียวกัน (Hambleton and Swaminathan, 1985) จากคุณลักษณะที่เป็นจุดเด่นของทฤษฎีทำให้ในระยะ 10 ปีมานี้มีการประยุกต์ทฤษฎีการตอบข้อคำถามไปใช้ประโยชน์สำหรับการทดสอบในหน่วยงานต่างๆ อย่างแพร่หลาย (Hambleton, Swaminathan and Rogers, 1991; Yen, 1992; Hambleton, Jones and Rogers, 1993; Stocking, Swanson and Pearlman, 1993; Oosterhof, 1994) เช่น โครงการประเมิน

เพื่อรายงานผลคะแนน และวิเคราะห์ความลำเอียงข้อคำถามของมลรัฐแคลิฟอร์เนียและมลรัฐแมรี่แลนด์ การสร้างและพัฒนาคลังข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของโรงเรียนต่างๆ ในเมืองพอร์ตแลนด์ โอเรกอน และลอส แองเจลีส แคลิฟอร์เนีย(Hambleton.1986:415) หรือแม้แต่โครงการประเมิน ติดตามความก้าวหน้าทางการศึกษาของนักเรียนเกรดต่างๆ ระดับประเทศของสหรัฐอเมริกา เช่น NAEP Mathematics Assessment ก็ใช้ทฤษฎีการตอบข้อคำถามสร้างแบบทดสอบจากคลังข้อสอบ เทียบคะแนนและรายงานสารสนเทศ เป็นต้น (Hambleton, Swaminathan and Rogers.1991)

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เครื่องมือวัดผลทางการศึกษาและจิตวิทยาที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ แบบทดสอบ การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบส่วนใหญ่มักดำเนินการตามวิธีการของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม กล่าวคือจะคัดเลือกข้อคำถามที่มีคุณภาพโดยพิจารณาเนื้อหา และคุณลักษณะประจำข้อคำถามอันได้แก่ ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก แต่เนื่องจากค่าคุณลักษณะประจำข้อคำถามแปรผันไปตามระดับความสามารถของกลุ่มผู้สอบ ดังนั้นการคัดเลือกข้อคำถามจะประสบผลสำเร็จหรือไม่ขึ้นกับกลุ่มผู้สอบที่ใช้ในการประมาณค่าข้อคำถามกับกลุ่มที่สนใจจะวัดว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกันมากน้อยเพียงใด ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นเป็นสิ่งที่ยากมาก โดยเฉพาะกรณีที่ใช้ระบบคลังข้อสอบ เพราะค่าคุณลักษณะประจำข้อสอบมาจากกลุ่มประชากรย่อยที่หลากหลาย เมื่อสุ่มข้อคำถามมาใช้แต่ละครั้งมักเกิดปัญหาเกี่ยวกับความไม่เท่าเทียมกันของแบบทดสอบ ทำให้ไม่อาจเปรียบเทียบความสามารถกลุ่มผู้สอบที่ใช้แบบทดสอบต่างฉบับกันได้ นอกจากนี้ยังไม่สามารถคัดเลือกข้อคำถามจากคลังข้อสอบได้เหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบ อันส่งผลถึงความแม่นยำหรือความเชื่อมั่นในการวัด เพราะความเชื่อมั่นตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมหมายถึงความคงที่ภายในของแบบทดสอบ ซึ่งพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามรายข้อกับแบบทดสอบทั้งฉบับ นั้นแสดงว่าถ้าฟังข้อคำถามแต่ละข้อไม่สามารถบ่งบอกถึงความเชื่อมั่นหรือความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของแบบทดสอบได้

ดังนั้นการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบข้อคำถามจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ(Powerful Method)สูงกว่า (Hambleton, Swaminathan and Rogers.1991:99-100; Hambleton, Jones and Rogers.1993:144) เพราะมีคุณลักษณะเด่นหลายประการ โดยเฉพาะการใช้ฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม (Item Information Functions:IIF) คัดเลือกข้อคำถามให้เหมาะสมกับขอบเขตความสามารถของผู้สอบ แต่ทั้งนี้ข้อคำถามที่อยู่ในคลังข้อสอบต้องวิเคราะห์ตามโมเดลของทฤษฎีและมีคุณภาพเชื่อถือได้ (Baker.1984; Thissen.1985; Green

Yen and Burkett.1989;Bockkooi-Timminga.1990;Wainer.1990) กอปรกับปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วส่งผลให้สาขาวิชาชีพต่างๆ พัฒนาวิทยาการไปมาก สำหรับวิชาชีพทางการทดสอบและวัดผลการศึกษาเช่นกัน มีการพัฒนาทฤษฎีและวิธีการให้สอดคล้องกับวิทยาการสมัยใหม่ โดยเฉพาะการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบแบบอัตโนมัติ (Automated Test) ทั้งนี้ด้วยเหตุผลสองประการ คือ ประการแรกให้การทดสอบมีมาตรฐานและเป็นปรนัย อาทิ เช่น การตรวจกระดาษคำตอบหรือข้อคำถาม การให้คะแนน การรายงานผลและการจัดเก็บแฟ้มข้อมูลอย่างเป็นระบบ ประการที่สอง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ นับว่ามีความจำเป็นหลังจากผ่านการทดสอบไปแล้ว เช่น ค่าคุณลักษณะประจำข้อคำถาม โครงสร้างแบบทดสอบ ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ และการเทียบมาตรฐานคะแนน เป็นต้น ซึ่งกระบวนการต่างๆ เหล่านี้ ถ้านำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยก็จะทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว น่าเชื่อถือ (van der Linden.1994:992-993)

การออกแบบและการสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติ เป็นความพยายามของนักวัดผลที่ต้องการให้นักพัฒนาแบบทดสอบ ครูหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทดสอบและวัดผล สามารถจัดชุดข้อสอบได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายหรือความต้องการ (Customized Test) อย่างไรก็ตาม การสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติจะต้องประกอบด้วย คลังข้อสอบที่มีคุณภาพ เครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสำหรับจัดเก็บ/คัดเลือกข้อคำถามและพิมพ์แบบทดสอบ ฯลฯ

การออกแบบและคัดเลือกข้อคำถามเพื่อสร้างแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม นับเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของแบบทดสอบโดยตรง จากผลการวิจัยที่ผ่านมา มีข้อสรุปที่ชัดเจน กล่าวคือ การสร้างแบบทดสอบด้วยการคัดเลือกข้อคำถามแบบออฟติมอล ทำให้ได้แบบทดสอบที่มีค่าสารสนเทศสูงสุด ณ ระดับความสามารถที่ต้องการ (Hulin, Drasgow and Parsons.1983; de Gruijter and Hambleton.1983; van der Linden and Bockkooi-Timminga.1989; Adema. 1989; Heidorn.1993) เบิร์นบวม (Birnbaum.1968) เป็นบุคคลแรกที่เสนอแนะวิธีสร้างแบบทดสอบบนพื้นฐานทฤษฎีการตอบข้อคำถาม โดยอาศัยแนวคิดเรื่องฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ต่อมาในปี ค.ศ.1974 คัสลาส (Douglas.1974) ได้เสนอแนวคิดในการออกแบบแบบทดสอบจากโค้งลักษณะแบบทดสอบ (Test Characteristic Curve) ที่ประกอบด้วยความสูง ความกว้างและจำนวนข้อคำถาม จากนั้น ลอร์ด (Lord.1977) ได้เสนอการคัดเลือกข้อคำถามและสร้างแบบทดสอบโดยพิจารณาค่าพารามิเตอร์ข้อคำถาม คำนวณค่า

ฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามแต่ละข้อ แล้วนำมาหาผลรวมเป็นค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ จากนั้นพิจารณารูปแบบของโค้งเป้าหมายที่กำหนดไว้กับความสัมพันธ์ของข้อคำถามแต่ละข้อที่บรรจุลงในแบบทดสอบว่ามีความสัมพันธ์กับโค้งเป้าหมายเพียงใด ซึ่งเป็นการพัฒนาการออกแบบแบบทดสอบเพื่อใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ ต่อมา ไรท์ และ สโตน (Wright and Stone.1979) ได้เสนอแนวคิดในการออกแบบแบบทดสอบที่ดีที่สุด ซึ่งต้องพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ เช่น รูปร่างของแบบทดสอบ คุณลักษณะของการออกแบบแบบทดสอบ คุณลักษณะของเป้าหมายที่คาดหวังและคุณลักษณะคลังข้อสอบ เป็นต้น หลักสำคัญของการออกแบบแบบทดสอบ คือ การคัดเลือกข้อคำถามจำนวนหนึ่งที่ทำให้แบบทดสอบและเป้าหมายที่คาดหวังมีลักษณะใกล้เคียงกันมากที่สุด

อย่างไรก็ตามในระยะแรกๆ ไม่มีผลในทางปฏิบัติเท่าที่ควร เนื่องจากข้อจำกัดบางอย่าง เช่น วิธีการที่เสนอตั้งอยู่บนข้อตกลงของการคัดเลือกข้อคำถามด้วยมือ ซึ่งการจะหาคำตอบที่ดีที่สุดเป็นไปได้ยาก ทำให้การพัฒนาแบบทดสอบส่วนใหญ่ยังนิยมใช้ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมเหมือนที่เคยปฏิบัติมา (van der Linden and Boekkooi-Timminga.1989; Boekkooi-Timminga.1990) จนกระทั่งสิบกว่าปีมานี้ นักวัดผลการศึกษาได้บูรณาการทฤษฎีการตอบข้อคำถามโปรแกรมทางคณิตศาสตร์(Mathematical Programming) วิธีวิจัยดำเนินการ(Operation Research)และวิทยาการคอมพิวเตอร์ มาช่วยสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ รวมทั้งได้ข้อสรุปที่ชัดเจนว่าการคัดเลือกข้อคำถามแบบออฟติมอล ทำให้ได้แบบทดสอบที่มีค่าสารสนเทศสูงสุด ณ ระดับความสามารถที่ต้องการ(de Gruijter and Hambleton.1983; van der Linden and Boekkooi-Timminga.1989)

เทียนนิสเซน (Theunissen.1985) เสนอโปรแกรมเชิงเส้นแบบ Binary Programming หรือ 0-1 KP สำหรับสร้างแบบทดสอบโดยอาศัยแนวคิดของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ จากนั้นก็มีบุคคลอื่นได้เสนอวิธีการซึ่งมีแนวคิดเหมือนกันเช่น โบคคู ทิมมินกา (Boekkooi - Timminga.1987.1990) โบคคู ทิมมินกาและแวน เดอร์ ลินเดน (Boekkooi-Timminga and van der Linden.1987) เทียนนิสเซนและเวอร์สตราเลน (Theunissen and Verstralen. 1986) อดีมา (Adema.1988) สแวนสันและสต็อกกิง(Swanson and Stocking.1993) เป็นต้น แบบทดสอบที่ได้จากการสร้างด้วยวิธีดังกล่าวมานี้เรียกว่า แบบทดสอบออฟติมอล(Optimal Test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ให้สารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถหนึ่งๆ จำนวนข้อคำถามน้อยที่สุด และมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการมากที่สุดภายใต้ข้อบังคับ (Constraints) เกี่ยวกับคุณสมบัติ

ของข้อคำถามหรือแบบทดสอบ

การสร้างแบบทดสอบโดยวิธีคัดเลือกข้อคำถามแบบ Binary Programming เป็นรูปแบบหนึ่งของโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) โดยมีหลักการที่สำคัญ คือ คัดเลือกข้อคำถามที่มีสารสนเทศสูงสุด ณ ระดับความสามารถหนึ่งๆ แล้วนำข้อคำถามซึ่งมีจำนวนข้อน้อยที่สุด และสอดคล้องกับข้อบังคับเชิงเส้นต่างๆ (Linear Constraints) มารวมกันเพื่อให้ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบครอบคลุม หรือสอดคล้องกับฟังก์ชันสารสนเทศเป้าหมายแบบทดสอบมากที่สุด และจากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า วิธีคัดเลือกข้อคำถามแบบ Binary Programming ทำให้แบบทดสอบมีคุณภาพน่าเชื่อถือ และเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการสร้างแบบทดสอบประเภทเขียนตอบที่ใช้กับบุคคลเป็นกลุ่ม (Group Base Test) มากกว่าแบบทดสอบเฉพาะรายบุคคล แต่จะมีข้อเสียในกรณีที่คลังข้อสอบมีขนาดใหญ่และตัวแปรข้อบังคับมาก ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้เวลาค้นหาคำตอบ (ข้อคำถาม) ที่สอดคล้องกับข้อบังคับและมีสารสนเทศสูงสุดค่อนข้างช้า ซึ่งบางครั้งอาจให้คำตอบที่เป็นไปไม่ได้ (Bockkooi-Timminga and van der Linden, 1987; Swanson and Stocking, 1993) ดังนั้นจึงเกิดการพัฒนาโมเดลต่างๆ ในเวลาต่อมา เช่น Maximin Model ของโบคคู ทิมมินกาและแวนเดอร์ลินเดน A Cluster-Based Method ของโบคคู ทิมมินกา The Weighted Deviations Model ของสแวนสันและสตอคกิง เป็นต้น ซึ่งโมเดลเหล่านี้ต่างก็มีจุดเด่น/จุดด้อยแตกต่างกันไป

อย่างไรก็ตาม การวิจัยในเรื่องการคัดเลือกข้อคำถามแบบ Binary Programming ยังนับว่ามีน้อยมาก เนื่องจากเป็นเรื่องค่อนข้างใหม่และขาดรายละเอียดในประเด็นของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความแม่นยำในการวัดหรือคุณภาพแบบทดสอบ ประกอบกับในสภาพการณ์การทดสอบและวัดผลการศึกษาของประเทศไทยส่วนใหญ่ ยังนิยมใช้แบบทดสอบประเภทเขียนตอบ (Paper-Pencil Test) และดำเนินการสอบวัดกับกลุ่มผู้สอบที่มีขนาดใหญ่ (Normal Target Group) ดังนั้นหากมีการศึกษา ค้นคว้าและนำวิธีการดังกล่าวมาสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ โดยเฉพาะในระบบโรงเรียนซึ่งปกติคลังข้อสอบมีขนาดเล็ก และพิจารณาตัวแปรข้อบังคับเพียงบางตัวแปร เช่น สมรรถภาพ เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ ก็จะทำให้สามารถดำเนินการสร้างแบบทดสอบออฟติมอลได้อย่างอัตโนมัติ และมีประสิทธิภาพ นับว่าเป็นการเพิ่มศักยภาพของครูด้านการทดสอบและประเมินผลการเรียนให้มีคุณภาพ และมีความเชื่อถือน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อเปรียบเทียบจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบอัตโนมัติที่สร้างโดยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming เมื่อ

- 1.1 โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถามต่างกัน
- 1.2 ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายต่างกัน
- 1.3 พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศ

แบบทดสอบต่างกัน

- 1.4 ขนาดคลังข้อสอบต่างกัน

2. เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ (θ) ของแบบทดสอบอัตโนมัติ ที่สร้างโดยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming เมื่อ

- 2.1 โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถามต่างกัน
- 2.2 ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายต่างกัน
- 2.3 พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศ

แบบทดสอบต่างกัน

- 2.4 ขนาดคลังข้อสอบต่างกัน

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการวิจัยเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบอัตโนมัติที่สร้างด้วยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming โดยผลที่ได้จากการศึกษาจะทำให้ทราบว่า แบบทดสอบอัตโนมัติที่มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของบุคคลมากที่สุดควรมีคุณลักษณะเช่นไร ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับใช้เป็นแนวทางในการเลือกและพัฒนารูปแบบแบบทดสอบอัตโนมัติที่เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายการทดสอบและกลุ่มบุคคลที่จะวัด ขณะเดียวกันก็เป็นการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติโดยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming ให้แพร่หลาย ตลอดจนเป็นแนวทางสำหรับสร้างและพัฒนาระบบคลังข้อสอบของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบและวัดผล เช่น โรงเรียน วิทยาลัยและมหาวิทยาลัย รวมทั้งสามารถนำเทคนิคและวิธีการ Binary Programming ไปพัฒนาในเครือข่ายการทดสอบแบบอแดปทีฟ (Adaptive Testing) รูปแบบอื่นๆ ได้แก่ การทดสอบที่ใช้คอมพิวเตอร์

หรือซีเอที (Computerized Adaptive Testing) และการทดสอบที่ไม่ใช้คอมพิวเตอร์ เช่น แบบทดสอบสองขั้นตอน (Two-Stage Tests) แบบทดสอบเฟล็กซิเบิล (Flexible Tests) แบบทดสอบแบบแยกทาง (Branching Tests) เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลให้ระบบการวัดและประเมินผล มีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาคุณภาพของแบบทดสอบอัตโนมัติที่ออกแบบภายใต้กฎเกณฑ์ ตัวแปรข้อบังคับต่างๆ ตามวิธีการคัดเลือกข้อคำถามแบบ Binary Programming โดยผู้วิจัยมีความมุ่งหวังให้แบบทดสอบที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ได้กับบุคคลกลุ่มใหญ่ที่มีระดับความสามารถหลากหลาย เช่น นักเรียนทุกคนในชั้นเรียน ผู้สมัครสอบคัดเลือกแข่งขัน ฯลฯ และใช้วิธีดำเนินการสอบเช่นที่เคยปฏิบัติมา ดังนั้นจึงศึกษาเฉพาะประเด็นของการออกแบบแบบทดสอบที่วัดระดับความสามารถกว้างๆ (Broad Range Test) และเป็นแบบทดสอบประเภทเขียนตอบแบบดั้งเดิม (Conventional Test)

2. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรอิสระ

1) โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม

- โมเดลโลจิสติก ชนิด 1 พารามิเตอร์ (1PL)
- โมเดลโลจิสติก ชนิด 2 พารามิเตอร์ (2PL)
- โมเดลโลจิสติก ชนิด 3 พารามิเตอร์ (3PL)

2) ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย

- ยอดแหลม (Peak Target)
- แบบยูนิฟอร์ม (Uniform Target)

3) พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชัน

สารสนเทศแบบทดสอบ

- ช่วงความสามารถ-2.2 ถึง 2.2 ($-2.2 \leq \theta \leq 2.2$)
- ช่วงความสามารถ-2.0 ถึง 2.0 ($-2.0 \leq \theta \leq 2.0$)
- ช่วงความสามารถ-1.8 ถึง 1.8 ($-1.8 \leq \theta \leq 1.8$)

4) ขนาดคลังข้อสอบที่ครอบคลุมพิสัยความสามารถ -3 ถึง 3

- จำนวน 100 ข้อ
- จำนวน 200 ข้อ
- จำนวน 300 ข้อ

2.2 ตัวอย่าง

1) ความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของ
แบบทดสอบ

2) จำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ

3) จำนวนข้อคำถามที่ร่วมกันระหว่างแบบทดสอบ

3. แบบทดสอบวัดความรู้ความสามารถของผู้สอบ เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) จากการวิเคราะห์หลักสูตรและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ของกองวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ จำแนกเป็น 4 สมรรถภาพหลัก คือ ความรู้ความเข้าใจ ความสามารถในการปฏิบัติงาน กระบวนการแก้ปัญหา และความสามารถในการปฏิบัติงานกลุ่ม สำหรับในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกสร้างและพัฒนาข้อคำถามเฉพาะสมรรถภาพหลักด้านความรู้ ความเข้าใจ ตามกรอบและแนวทางที่กองวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติกำหนด ซึ่งมีทั้งหมด 20 สมรรถภาพย่อย (กองวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. 2538)

ข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษาค้นคว้า

1. ข้อคำถามที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ สร้างจากการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อคำถามกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีเนื้อหาทั้งหมด 6 เรื่อง คือ สุขภาพอนามัย สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและสังคม การดำเนินชีวิตในสังคม ชาติ ศาสนา และพระมหากษัตริย์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ข่าวดู เหตุการณ์และวันสำคัญ รวมเป็น 1 สมรรถภาพหลักหรือ 20 สมรรถภาพย่อย ลักษณะเฉพาะของข้อคำถามดังกล่าว ดำเนินการโดยคณะกรรมการผู้มีความรู้ ความสามารถในหลายสาขาวิชาซึ่งเป็นการทำงานระดับประเทศ ส่วนการสร้างข้อคำถามผู้วิจัยร่วมกับคณะกรรมการระดับจังหวัดและอำเภอ อันประกอบด้วยครูผู้สอนที่มีผลงานดีเด่นกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต และศึกษานิเทศก์ ดำเนินการตาม

กรอบของลักษณะเฉพาะข้อคำถาม รวมทั้งผ่านการตรวจสอบปรับปรุงแก้ไข และทดลองใช้ตามหลักการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ ดังนั้นข้อคำถามที่อยู่ในคลังข้อสอบทุกข้อจึงมีคุณภาพน่าเชื่อถือ

2. การทดสอบความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบรวม 54 เงื่อนไข ดำเนินการโดยใช้ข้อมูลเงื่อนไขละ 300 ตัวอย่าง เนื่องจากแบบทดสอบที่สร้างเพื่อศึกษาผลวิจัยครั้งนี้ มีระดับความยากง่ายปานกลางเมื่อเทียบกับกลุ่มผู้สอบทั่วไป ดังนั้นคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบน่าจะมาจากความยากและอำนาจจำแนกข้อคำถามแต่ละข้อ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โมเดลโลจิสติก 2 PL ประมาณค่าความสามารถและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานผู้สอบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต หมายถึง เครื่องมือวัดความรู้ ความสามารถของนักเรียนที่เกิดจากการเรียนการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) ซึ่งมีทั้งหมด 20 สมรรถภาพย่อย ลักษณะข้อคำถาม เป็นแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก

2. คลังข้อสอบ หมายถึง แหล่งรวบรวมข้อคำถามวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยข้อคำถามเหล่านี้ผ่านการวิเคราะห์ ตรวจสอบตามหลักการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ เช่น การวิเคราะห์หลักสูตรและกำหนดลักษณะเฉพาะข้อคำถาม การนำแบบทดสอบไปทดลองภาคสนาม 2 ครั้ง ครั้งแรกเพื่อดูข้อบกพร่องทั่วไปและวิเคราะห์รายข้อตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ครั้งที่สองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ประจำข้อตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม โดยใช้โมเดลการวิเคราะห์ IPL, 2PL และ 3PL จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามบรรจุในคลังข้อสอบแยกเป็น 3 ขนาด คือ คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ 200 ข้อ และ 300 ข้อ โดยคลังข้อสอบแต่ละขนาดครอบคลุมทุกสมรรถภาพและมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

3. แบบทดสอบอัตโนมัติ หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก ที่สร้างขึ้นจากการคัดเลือกข้อคำถามที่บรรจุในคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ, 200 ข้อ และ 300 ข้อ โดยใช้โปรแกรม Linear Programming Optimizer V 2.61 คำนวณหาค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ให้มีลักษณะสอดคล้องกับค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ

เป้าหมายมากที่สุดและใช้จำนวนข้อคำถามน้อยที่สุด จากนั้นนำข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือกไปจัดพิมพ์เป็น แบบทดสอบ ทำให้สามารถผลิตแบบทดสอบได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และมีคุณภาพน่าเชื่อถือ

4. แบบทดสอบประเภทเขียนตอบ หมายถึง แบบทดสอบที่จัดพิมพ์เป็นชุดๆ ซึ่งแต่ละชุดมีรูปแบบ และวัตถุประสงค์เหมือนกัน การดำเนินการสอบ ให้ผู้สอบทำเครื่องหมายกากบาททับตัวเลือกอักษร ก ข ค หรือ ง ที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

5. การออกแบบแบบทดสอบ หมายถึง การวางแผนหรือการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบฉบับหนึ่งๆ เพื่อให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายหรือความต้องการของผู้จะวัด โดยมุ่งหวังให้แบบทดสอบฉบับดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดต่ำที่สุดและจำนวนข้อคำถามน้อยที่สุด ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการออกแบบแบบทดสอบ ดังนี้

5.1 กำหนดตำแหน่งระดับความสามารถที่จะใช้เป็นตัวแปรข้อจำกัดเชิงเส้น ซึ่งในครั้งนี้นำหนดไว้ 5 ระดับ คือ ระดับความสามารถที่คงที่ทุกเงื่อนไข มี 3 ระดับ ได้แก่ ระดับความสามารถ -1.2, 0 ,1.2 ส่วนอีก 2 ระดับซึ่งอยู่ปลายสุดทั้งสองข้างจะแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขการวิจัย ได้แก่ ระดับความสามารถ -2.2, -2.0, -1.8, 1.8, 2.0 และ 2.2

5.2 กำหนดลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ซึ่งในที่นี้มี 2 ลักษณะคือ

-การแจกแจงแบบขอดแหลม กำหนดค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ณ ระดับความสามารถต่างๆ ดังนี้

ระดับความสามารถ -2.2, -2.0 และ -1.8 เท่ากับ 1

ระดับความสามารถ -1.2 เท่ากับ 4

ระดับความสามารถ 0 เท่ากับ 12

ระดับความสามารถ 1.2 เท่ากับ 4

ระดับความสามารถ 1.8, 2.0 และ 2.2 เท่ากับ 1

-การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม กำหนดค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ณ ระดับความสามารถต่างๆ เท่ากับ 4

6. Binary Programming หมายถึง โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้หาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ของฟังก์ชันเป้าหมายเชิงเส้น (Linear Objective Function) ภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดเชิงเส้นต่างๆ (Linear Constraints) มีรายละเอียดดังนี้

6.1 ฟังก์ชันเป้าหมายเชิงเส้น หมายถึง จำนวนข้อคำถามในคลังข้อสอบที่ได้รับ การคัดเลือก ในที่นี้ต้องการจำนวนข้อน้อยที่สุด ดังสมการ

$$\text{MIN} \quad n = \sum_{i=1}^N x_i$$

6.2 ข้อจำกัดเชิงเส้น หมายถึง ตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องหรือมีผลต่อตัวแปร ตัดสินใจ(การเลือกข้อคำถาม) เช่น สมรรถภาพที่วัด เนื้อหา ค่าพารามิเตอร์ประจำข้อคำถาม ฯลฯ ซึ่งในที่นี้ใช้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายที่กำหนดเป็นค่าความแม่นยำในแต่ละ ระดับความสามารถ ดังสมการ

$$\sum I_i(\theta) x_i \geq I(\theta_k) \quad \text{และ } x_i = 0 \text{ หรือ } 1$$

6.3 การคัดเลือกข้อคำถาม หมายถึง การใช้โปรแกรม Linear Programming Optimizer V 2.61 คำนวณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบจากข้อคำถามที่อยู่ในคลังข้อสอบ แล้วเลือกเฉพาะข้อคำถามที่มีค่าฟังก์ชันสารสนเทศรายข้อสอดคล้องกับข้อจำกัดเชิงเส้น และมี จำนวนข้อน้อยที่สุด

6.4 ข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือก หมายถึง ข้อคำถามที่มีค่า Extended Cost = 1 ในขั้น Final Solution หลังจากโปรแกรม Linear Programming Optimizer V 2.61 ดำเนินการ คำนวณเสร็จสมบูรณ์

7. ความแม่นยำในการวัด หมายถึง ดัชนีที่บ่งบอกถึงคุณภาพของแบบทดสอบ โดย แบบทดสอบที่มีคุณภาพนั้น เมื่อนำไปสอบวัดกับบุคคลในกลุ่มเป้าหมายแล้ว การประมาณค่า คะแนนจริงหรือความสามารถที่ได้ มีความถูกต้องแน่นอนและไม่คลาดเคลื่อนไปจากความเป็น จริง การตรวจสอบความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบครั้งนี้ พิจารณาจากความ คลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ โดยใช้โปรแกรม BILOG V 3.04 คำนวณ ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณมีลักษณะเป็นค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการ ประมาณค่าความสามารถผู้สอบรายบุคคล (Average Standard Errors of Measurement) โดย มีสเลวีและบ็อก กำหนดตำแหน่งระดับความสามารถการคำนวณเป็นช่วงๆ และแต่ละระดับ ความสามารถ เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้ (Mislevy and Bock, 1990:1-13)

$$SE(\hat{\theta}) = \sqrt{1/I(\hat{\theta})}$$

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในยุคที่มีความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) การจัดชุดข้อคำถามอย่างอัตโนมัติ นับว่ามีความสำคัญต่อการเรียนการสอนในสถานศึกษา และการคัดเลือกบุคคลากรเข้าทำงานในหน่วยงานต่างๆ โดยเฉพาะสถานศึกษาแล้ว ส่วนใหญ่ใช้แบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดและประเมินผลการเรียนการสอน ดังนั้นถ้าครูสามารถผลิตแบบทดสอบได้อย่างรวดเร็วและมีคุณภาพ ก็จะทำให้ผลการทดสอบมีความเป็นปรนัย สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาและพัฒนาการเรียนการสอนได้อย่างตรงเป้าหมาย ขณะเดียวกันเมื่อเวลาที่ใช้ไปกับการสร้างแบบทดสอบลดลง ครูก็มีเวลามากขึ้นสำหรับเตรียมการสอน ผลิตอุปกรณ์หรือจัดหาสื่อการสอน และซ่อมเสริมนักเรียน ฯลฯ

การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบให้มีคุณภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปรัชญาการทดสอบ ชนิดของแบบทดสอบว่าเป็นแบบทดสอบวัดความถนัด (Aptitude Test) หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) รูปแบบของข้อคำถาม ทฤษฎีพื้นฐานทางจิตวิทยา และทฤษฎีการวัดเพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ และการแปลความหมายของผลที่ได้จากการทดสอบ นอกจากนี้ก่อนสร้างแบบทดสอบต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคการเขียนข้อคำถามเป็นอย่างดี (Guilford, 1954) สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการออกแบบและคัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธี Binary Programming เพื่อสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติจากคลังข้อสอบที่วิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ฉะนั้นเพื่อความเข้าใจตรงกันจึงขอเสนอสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบอัตโนมัติ เรียงตามลำดับดังนี้

- ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
- การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ
- การประยุกต์ทฤษฎีการตอบข้อคำถามเพื่อการสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติ
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

1. แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม มีการพัฒนามาเป็นเวลานานแต่ได้รับความสนใจน้อย เนื่องจากเป็นเรื่องที่อาศัยคณิตศาสตร์ชั้นสูง และไม่มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ (Hambleton and Cook.1977) บุคคลแรกที่กล่าวถึงทฤษฎีการตอบข้อคำถาม คือ ริชาร์ดสัน (Richardson) ซึ่งเป็นผู้เสนอแนวทางแรกเริ่มในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของโมเดลทฤษฎีการตอบข้อคำถามและพารามิเตอร์จากโมเดลทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ต่อมาในปี ค.ศ.1943-1944 ลอว์เลย์ (Lawley) เสนอวิธีการใหม่ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ จากนั้นในปี ค.ศ.1952 ลอร์ด (Lord) เสนอปริญาณิพจน์ระดับปริญาเอกและเรียกทฤษฎีนี้ว่า ทฤษฎีโค้งลักษณะข้อคำถาม (Item Characteristic Curve Theory) (Hambleton and Swaminathan.1985) ในปี ค.ศ. 1977 ลอร์ด ได้เปลี่ยนชื่อจากทฤษฎีโค้งลักษณะข้อคำถามมาเป็นทฤษฎีการตอบข้อคำถาม (Warm.1978) หลังจากนั้นก็มีการพัฒนาเรื่อยมาทั้งในเชิงทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ สำหรับในช่วง 20 ปีมานี้ ที่สหรัฐอเมริกา นักพัฒนาแบบทดสอบส่วนใหญ่นิยมใช้ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม มากกว่าทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (Yen.1992; Hambleton, Jones and Rogers.1993)

ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม เป็นทฤษฎีที่พิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลเกี่ยวกับการตอบข้อคำถาม (Hulin, Drasgow and Parsons.1983) โดยมุ่งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถ (Ability) หรือคุณลักษณะ (Traits) ที่ซ่อนเร้นอยู่ภายในบุคคลซึ่งไม่สามารถวัดหรือสังเกตได้โดยตรง (Unobservable) กับความน่าจะเป็นของการตอบแบบทดสอบ (Test Performance) หรือคะแนน (Score) ที่เราสามารถวัดหรือสังเกตได้ (Lord and Novick.1968; Hambleton and Swaminathan.1985) จากความสัมพันธ์ดังกล่าว นักวัดผลการศึกษาจึงกำหนดออกมาเป็นฟังก์ชันคณิตศาสตร์ (Mathematical Function) เรียกว่า ฟังก์ชันการตอบข้อคำถาม (Item Response Function: IRF) หรือโค้งลักษณะข้อคำถาม (Item Characteristic Curve: ICC) (Warm. 1978) ฟังก์ชันการตอบข้อคำถามมีลักษณะการแจกแจงคล้ายรูปตัว S แสดงให้เห็นถึงโอกาสในการตอบข้อคำถามได้อย่างถูกต้องของผู้สอบที่ตำแหน่งต่างๆ บนมาตราวัดความสามารถ (Ability Scale) กล่าวคือ ผู้สอบที่มีความสามารถสูงย่อมมีโอกาสในการตอบข้อคำถามได้ถูกต้องสูงกว่าผู้สอบที่มีความสามารถต่ำ (Hambleton and Swaminathan.1985)

อนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของผลการตอบข้อคำถามหรือคะแนนกับปริมาณความสามารถของผู้สอบ สามารถเขียนในรูปความสัมพันธ์โดยทั่วไปอย่างง่าย ได้ ดังนี้ (สำเร็จ. 2527:103)

$$P = f(\theta) \dots\dots\dots [1]$$

เมื่อ P หมายถึง ผลการสอบ (Performance)

θ หมายถึง ความสามารถ (Ability or Trait)

f หมายถึง ความสัมพันธ์ (Function)

จากสมการ (1) เป็นความสัมพันธ์ในรูปทั่วไป ไปยังไม่จำเพาะเจาะจง นักวัดผลการศึกษาจะต้องหาโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม เพื่อใช้แทนฟังก์ชันความสัมพันธ์ดังกล่าว ด้วยเหตุนี้จึงเกิดการพัฒนาโมเดลต่างๆ ขึ้นตามแนวคิดที่ยึดถือ เมื่อมีหลายโมเดลจำเป็นต้องเลือกใช้โมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูล ไม่เช่นนั้นแล้วสารสนเทศที่ได้อาจไม่พอเพียงหรือมีความคลาดเคลื่อนในการทำนายและอธิบายคุณลักษณะที่ต้องการวัด แต่ถ้าโมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูลแล้ว ค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามจะไม่แปรผันไปตามกลุ่มผู้สอบ ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้นับว่ามีคุณประโยชน์มากมายต่อการทดสอบ

นอกจากนี้ การประมาณค่าความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบ จะใช้ข้อคำถามข้อใดก็ได้ที่อยู่ในคลังข้อสอบและวัดคุณลักษณะเดียวกัน รวมทั้งนำความสามารถของผู้สอบมาเปรียบเทียบกันได้โดยง่าย เนื่องจากคะแนนอยู่บนสเกลความสามารถเดียวกัน ตลอดจนสามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลอีกด้วย

2. ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

โมเดลทางคณิตศาสตร์ใดๆ มักจะประกอบด้วยเงื่อนไขข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูลที่จะนำไปใช้ในโมเดล โดยเฉพาะโมเดลที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สังเกตได้กับสิ่งที่สังเกตไม่ได้ เช่น คะแนนผลการสอบกับความสามารถ เป็นต้น โมเดลทฤษฎีการตอบข้อคำถามตั้งอยู่บนพื้นฐานข้อตกลงที่เข้มงวดจนอาจไม่พบข้อมูลชุดใดๆ ที่มีคุณสมบัติครบตามที่ตั้งไว้ (Lord and Novick, 1968) อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งข้อตกลงบางประการอาจถูกละเมิด แต่โมเดลก็ยังคงมีความแกร่ง (Robustness) ซึ่งในเรื่องนี้ยังไม่ได้รับการยืนยันที่หนักแน่นพอ

(Hambleton and Traub.1973; Hambleton and Swaminathan.1985) สำหรับข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีโดยทั่วไป คือ ความเป็นมิติเดียว ความเป็นอิสระในการตอบข้อคำถาม และโครงสร้างของข้อคำถาม

2.1 ความเป็นมิติเดียว (Unidimensional) ทฤษฎีการตอบข้อคำถามมีความเชื่อว่าผู้สอบมีความสามารถหลายอย่าง ซึ่งแต่ละอย่างก็ตอบสนองต่อสิ่งเร้าแตกต่างกันไป โมเดลทฤษฎีการตอบข้อคำถามโดยทั่วไป มีข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ ความเป็นมิติเดียว อันมีความหมายว่าแบบทดสอบที่ประกอบด้วยข้อคำถามหลายๆ ข้อ วัดความสามารถเพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น ในความเป็นจริงแล้วคงไม่มีเครื่องมือทางจิตวิทยาใดที่วัดเพียงมิติเดียวทั้งหมด การกำหนดข้อสมมติความเป็นมิติเดียว ก็เพื่อการพัฒนาโมเดลเชิงทฤษฎี (Hulin, Drasgow and Parsons.1983) และประโยชน์ในการแปลความหมายคะแนนที่ได้จากการสอบ(Lord.1980) ดังนั้นการตรวจสอบความเป็นมิติเดียวของแบบทดสอบอาจจะไม่ได้ข้อมูลที่ชัดเจนนัก อย่างไรก็ตามข้อตกลงเบื้องต้นนี้คงไม่เข้มงวดจนเกินไป เพราะโดยธรรมชาติของคุณลักษณะทางด้านพุทธิพิสัยและจิตพิสัยแล้ว คงมีองค์ประกอบต่างๆ มากมายที่มีอิทธิพลต่อการตอบข้อคำถาม เช่น แรงจูงใจ ความวิตกกังวล ความไม่รอบคอบ และการเดาเมื่อมีข้อสงสัย ฉะนั้นขอเพียงให้มีความสามารถหรือคุณลักษณะเด่นเพียงลักษณะเดียว(Dominant Factor)เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมการตอบข้อคำถาม ก็ถือว่าสมเหตุสมผลในสภาพการปฏิบัติจริงแล้ว (Hambleton and Swaminathan.1985; Nomdakumar.1993) แต่ทั้งนี้ควรตระหนักว่า คุณลักษณะเด่น ซึ่งหมายถึงความสามารถที่ได้จากการวัดด้วยแบบทดสอบ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา อันเนื่องมาจากการเรียนรู้ การลืม และปัจจัยอื่นๆ

การสร้างแบบทดสอบให้มีลักษณะความเป็นมิติเดียวนั้น ลุมสเดน (Lumsden.1961) ได้เสนอแนะว่า ต้องอาศัยวิธีการวัด วิธีการคัดเลือกข้อคำถามและวิธีการตรวจสอบที่ดี สำหรับวิธีการตรวจสอบความเป็นมิติเดียวของแบบทดสอบ สามารถจำแนกได้เป็น 5 กลุ่ม คือ วิธีการตรวจสอบโดยใช้ดัชนีแบบแผนการตอบข้อคำถาม(Indices Based on Answer Pattern) วิธีการตรวจสอบโดยอาศัยดัชนีความเชื่อมั่น (Indices Based on Reliability) วิธีการตรวจสอบโดยใช้ดัชนีส่วนประกอบสำคัญ(Indices Based on Principal Components) วิธีการตรวจสอบโดยใช้ดัชนีตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม (Indices Based on Latent Trait Models) และวิธีการตรวจสอบโดยใช้ดัชนีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Indices Based on Factor Analysis) (Hattie.1985)

วิธีตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ นับเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากสามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น SPSS^x มาช่วยวิเคราะห์ ซึ่งทำให้สะดวกและรวดเร็ว อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบแล้วอาจไม่เป็นที่น่าพอใจนัก เนื่องจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นวิธีการที่ใช้กับข้อมูลที่มีลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง แต่ข้อมูลที่เหมาะสมกับทฤษฎีการตอบข้อคำถามส่วนใหญ่จะมีลักษณะความสัมพันธ์ไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear) ดังนั้นแม้บางครั้งกลุ่มของข้อคำถามจะมีความเป็นมิติเดียว แต่ผลการวิเคราะห์อาจมีลักษณะตรงกันข้ามก็ได้ นอกจากนี้การเลือกใช้ค่าสหสัมพันธ์ก็มีความสำคัญไม่น้อยเช่นกัน กล่าวคือ กรณีใช้ค่าสหสัมพันธ์ Φ ทำให้ได้หลายองค์ประกอบและอาจไม่ใช่องค์ประกอบที่แท้จริง ที่เป็นเช่นนี้เพราะลักษณะข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง (McDonald and Ahluwat. 1974) ส่วนการใช้สหสัมพันธ์เตตราคลอริก (r_t) ผลวิเคราะห์อาจคลาดเคลื่อนได้ ถ้าลักษณะข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ฟังก์ชันการตอบข้อคำถามไม่เป็นแบบปกติสะสมและมีการเดา (Lord.1980) แต่ข้อดีของการใช้สหสัมพันธ์เตตราคลอริก คือ ผลของการวิเคราะห์จะได้องค์ประกอบที่เด่นชัดเพียงองค์ประกอบเดียว นั่นคือ จะมีเพียงองค์ประกอบเดียวที่มีค่าไอเกน (Eigen Value) สูงสุด ในขณะที่ค่าไอเกนขององค์ประกอบที่เหลือมีค่าใกล้เคียงกัน (Warm.1978; Lord. 1980)

2.2 ความเป็นอิสระในการตอบข้อคำถาม (Local Independence) หมายความว่า การตอบข้อคำถามข้อต่างๆ ในแบบทดสอบของผู้สอบมีความเป็นอิสระต่อกันในเชิงสถิติ กล่าวคือ การตอบข้อคำถามข้อใดข้อหนึ่งของผู้สอบคนหนึ่งไม่มีผลต่อการตอบข้อคำถามข้ออื่นๆ ในแบบทดสอบ เช่น เนื้อหาของข้อคำถามข้อหนึ่งต้องไม่ชี้แนะในการตอบข้อคำถามข้ออื่นในแบบทดสอบ

คำว่า "ความเป็นอิสระในการตอบข้อคำถาม" มิได้หมายความว่า การตอบข้อคำถามแต่ละข้อมีสหสัมพันธ์กันเป็นศูนย์ แต่หมายความว่า การตอบข้อคำถามของกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถ (θ) เดียวกันจะถูกหรือผิดในข้อใดๆ ไม่เกี่ยวข้องหรือมีสหสัมพันธ์กัน (Warm. 1978; Hulin, Drasgow and Parsons.1983)

ถ้าการตอบข้อคำถามมีความเป็นอิสระกันจริง ความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามได้ถูกต้องทุกข้อเท่ากับผลคูณของความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามแต่ละข้อได้ถูกและผิด ตัวอย่างเช่น ความน่าจะเป็นของการตอบข้อคำถาม 5 ข้อ มีรูปแบบดังนี้ (Hambleton and Swaminathan. 1985)

$$U = (1\ 0\ 1\ 1\ 0)$$

โดยที่ 1 แทนการตอบถูก และ 0 แทนการตอบผิด เพราะฉะนั้นความน่าจะเป็นของการตอบข้อคำถาม 5 ข้อ เท่ากับ $p_1, (1-p_2), p_3, p_4, (1-p_5)$ เมื่อ p_i คือความน่าจะเป็นในการตอบข้อ i ถูก และ $1-p_i$ คือความน่าจะเป็นในการตอบข้อ i ผิด

ในทำนองเดียวกัน ถ้ากำหนดให้ U_i แทนจำนวนข้อคำถามที่มี n ข้อ โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$ และเป็นข้อคำถามที่มีคำตอบ 2 คำตอบคือ ถ้าตอบถูกจะได้ 1 คะแนน ตอบผิดจะได้ 0 คะแนน p_i แทนความน่าจะเป็นของการตอบข้อคำถามข้อที่ i ถูก $Q_i = 1-p_i$ แทนความน่าจะเป็นของการตอบข้อคำถามข้อที่ i ผิด เพราะฉะนั้นความน่าจะเป็นที่ผู้สอบซึ่งมีความสามารถเท่ากับ θ ทำข้อคำถามจำนวน n ข้อ คือ

$$\begin{aligned} \text{Prob}[U_1 = u_1, U_2 = u_2, \dots, U_n = u_n | \theta] \\ = P_1(\theta)^{u_1} Q_1(\theta)^{1-u_1} P_2(\theta)^{u_2} Q_2(\theta)^{1-u_2} \dots P_n(\theta)^{u_n} Q_n(\theta)^{1-u_n} \\ = \prod_{i=1}^n (P_i(\theta)^{u_i} Q_i(\theta)^{1-u_i}) \dots \dots \dots [2] \end{aligned}$$

อย่างไรก็ตาม ในการนำไปประยุกต์ใช้ความเป็นอิสระในการตอบข้อคำถามจะเกี่ยวข้องกับความเป็นมิติเดียวของข้อคำถามในคลังข้อสอบ กล่าวคือ ถ้าพบว่าแบบทดสอบฉบับนั้นๆ มีคุณสมบัติของความเป็นมิติเดียวแล้ว ความเป็นอิสระในการตอบข้อคำถามก็จะตามมาเอง (Lord and Novick, 1968; Lord, 1980; Hulin, Drasgow and Parsons, 1983)

2.3 โค้งลักษณะข้อคำถาม (Item Characteristic Curve: ICC) โค้งลักษณะข้อคำถาม หรือฟังก์ชันลักษณะข้อคำถาม (Item Characteristic Function or Item Response Function: IRF) เป็นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นหรือโอกาสในการตอบข้อคำถามได้ถูกต้อง กับระดับความสามารถ เมื่อพิจารณาโค้งลักษณะข้อคำถามจะเห็นว่าโอกาสที่ผู้สอบจะตอบข้อคำถามถูกขึ้นกับโค้งลักษณะข้อคำถามซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันตามโมเดลคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้ (Hambleton and Swaminathan, 1985)

3. โมเดลของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า จุดมุ่งหมายการพัฒนาทฤษฎีการตอบข้อคำถาม เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการตอบข้อคำถามและความสามารถของผู้สอบดังสมการที่ (1) และจากข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ทำให้มีการพัฒนาโมเดลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ต่างๆ กันตามลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการสอบ (Nature of the Test Data) ซึ่งพอจะจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

- 1) คำตอบที่เป็นข้อมูลแบบแบ่งสอง (Dichotomous)
- 2) คำตอบที่เป็นข้อมูลแบบหลายชั้น (Multicategory Scoring or Polychotomous)
- 3) คำตอบที่เป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous)

ทั้ง 3 กลุ่มพอจะสรุปได้ดังตาราง 1 ดังนี้

ตาราง 1 ลักษณะของข้อมูล โมเดลที่ใช้วิเคราะห์ และผู้เสนอโมเดล

ลักษณะของข้อมูล	โมเดลที่ใช้วิเคราะห์	ผู้เสนอโมเดล
ข้อมูลแบบแบ่งสอง	Latent Linear	Lazarsfeld & Henry (1968)
	Perfect Scale	Guttman (1944)
	Latent Distance	Lazarsfeld & Henry (1968)
	One-, Two-, Three-Parameter Normal Ogive	Lord (1952)
	One-, Two-, Three-Parameter Logistic	Birnbaum (1957, 1958a, 1958b, 1968), Lord & Novick (1968), Lord (1980a), Rasch (1960), Wright & Stone (1979)
	Four-Parameter Logistic	McDonald (1967), Barton & Lord (1981)

พารามิเตอร์ค่าอำนาจจำแนกมีค่าคงที่แล้ว ก็จะได้โมเดลที่มีพารามิเตอร์หนึ่งตัว (One-Parameter Logistic Model: 1PL) ซึ่งโมเดลโลจิสติกชนิดพารามิเตอร์หนึ่งตัวนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับ ราสช์ โมเดล (Rasch Model) ทั้งๆ ที่โมเดลทั้งสองพัฒนาขึ้นอย่างเป็นอิสระจากกัน ดังสมการที่ (3) - สมการที่ (6)

One-Parameter Logistic Model:1PL

$$P_i(\theta) = [1 + e^{-D(\theta - b_i)}]^{-1} \dots\dots\dots[3]$$

Two-Parameter Logistic Model:1PL

$$P_i(\theta) = [1 + e^{-Da_i(\theta - b_i)}]^{-1} \dots\dots\dots[4]$$

Three-Parameter Logistic Model:3PL

$$P_i(\theta) = c_i + (1 - c_i)[1 + e^{-Da_i(\theta - b_i)}]^{-1} \dots\dots\dots[5]$$

Four-Parameter Logistic Model:4PL

$$P_i(\theta) = c_i + (\gamma_i - c_i)[1 + e^{-Da_i(\theta - b_i)}]^{-1} \dots\dots\dots[6]$$

เมื่อ $P_i(\theta)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบจะตอบข้อที่ i ได้ถูกต้องด้วยความสามารถ θ
 b_i หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ความยากข้อที่ i
 a_i หมายถึง ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกข้อที่ i
 c_i หมายถึง ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อที่ i
 γ_i หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่าข้อที่ i
 D หมายถึง ค่าที่ใช้ในการปรับแก้ (Scaling Factor) ซึ่งเท่ากับ 1.702
 c หมายถึง ค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 2.7182818...

3) ราสช์ โมเดล (Rasch Model) พัฒนาโดยนักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์ก ชื่อ จอร์จ ราสช์ (George Rasch) ในระหว่างปี ค.ศ.1951-1960 โมเดลนี้เกิดจากแนวคิดพื้นฐานที่ว่าผู้สอบมีความสามารถหรือคุณลักษณะ (Ability or Traits : β) ในระดับหนึ่งแฝงอยู่ และข้อคำถามในแบบทดสอบก็มีความยากประจำข้อ (Difficulty : δ_i) แฝงอยู่ ดังนั้นพฤติกรรมการตอบข้อคำถามจึงขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความสามารถ หรือคุณลักษณะของผู้สอบกับ

ตัวเลือกของข้อคำถาม ซึ่งแต่ละตัวเลือกจะมีโค้งลักษณะข้อคำถามประจำตัวเลือก (Item Option Characteristic Curve) แม้แต่ตัวเลือกที่เป็นตัวผิดก็ตาม สำหรับตัวเลือกที่เป็นตัวถูกโค้งจะมีลักษณะเป็นการเพิ่มขึ้นโดยตลอด ส่วนตัวเลือกที่เป็นตัวผิดลักษณะโค้ง จะขึ้นอยู่กับผู้สอบที่มีความสามารถในระดับแตกต่างกันที่จะเลือกตัวเลือกนั้น ดังนั้นโอกาสที่ผู้สอบที่มีความสามารถระดับ θ จะเลือกตัวเลือก k จากตัวเลือกทั้งหมด m ตัวเลือกในข้อคำถามที่ i สามารถเขียนเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$P_{ik}(\theta) = \frac{e^{b_{ik}^* + a_{ik}^* \theta}}{\sum_{k=1}^m e^{b_{ik}^* + a_{ik}^* \theta}} \dots\dots\dots [8]$$

ที่ระดับความสามารถ θ ใดๆ ผลรวมของโอกาสการเลือกแต่ละตัวเลือก m เท่ากับ 1 ส่วน b_{ik}^* และ a_{ik}^* คือ พารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กับตัวเลือก k ในกรณีที่ $m=2$ โมเดลนี้จะเหมือนกับ Two-Parameter Logistic

2) เกรด เรสพอนส์ โมเดล (Grade Response Model) โมเดลนี้มีแนวคิดพื้นฐานมาจากการขยายโมเดลแบบพารามิเตอร์สองตัวทั้งแบบโลจิสติกโมเดลและแบบนอร์มัลอโอจีฟ โมเดล ซามิโงมา (Samejima) เป็นผู้พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1969 (Hambleton and Swaminathan,1985; Thissen and Steinberg,1986) โดยกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการตอบสนองข้อคำถามข้อ i ของผู้สอบ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น m_i+1 ลำดับชั้น(Categories) และให้คะแนนแต่ละระดับ (X_i) เป็น $0, 1, \dots, m_i$ ตามลำดับ ดังนั้นการตอบสนองแต่ละลำดับชั้นของข้อความ(X_i)ของผู้สอบแต่ละคนจากข้อความทั้งหมด n รายการ สามารถแทนด้วยเวกเตอร์ของจำนวนเต็ม คือ $V = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ ความน่าจะเป็นในการตอบข้อคำถามแต่ละรายการสำหรับผู้สอบแต่ละคนจะตอบในลำดับชั้นใดๆ คือ $P_x(\theta)$ ซึ่งสามารถเขียนแทนด้วยสมการ ดังนี้

$$P_x(\theta) = P_x(\theta) - P_{(x+1)}(\theta) \dots\dots\dots [9]$$

เมื่อ $P_x(\theta)$ หมายถึงโอกาสของผู้สอบแต่ละคนซึ่งมีคุณลักษณะภายใน(θ) จะได้คะแนนในลำดับชั้นหนึ่งหรือสูงกว่าของข้อความรายการที่ i โดยเขียนแทนด้วยสมการต่อไปนี้

$$P_x(\theta) = \exp^{D_a(\theta - b_x)} / 1 + \exp^{D_a(\theta - b_x)} \dots\dots\dots[10]$$

- เมื่อ D หมายถึง ค่าคงที่ (Scaling Constant) เพื่อปรับ โต้้งลักษณะของข้อคำถาม
ของโมเดลโจอิสติกและโมเดลนอร์มัล ออ โจฟ ให้มีค่าใกล้เคียงกัน
มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.702
- a_i หมายถึง ค่าอำนาจจำแนกของข้อความรายการที่ i
- θ หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้สอบ
- b_x หมายถึง ค่าความยากของข้อความรายการที่ i ในขั้นที่ x_i เมื่อ $x_i = 0, 1, \dots, m_i$

อนึ่งในการนำเกรด เรสพอนส์ โมเดล ไปประยุกต์ใช้ ส่วนมากมักกำหนดให้ค่าอำนาจ
จำแนกภายในแต่ละลำดับขั้น ($X_i = 0, \dots, m_i$) ของข้อความรายการใด ๆ หรือความชันของ Trace
Lines ทั้งหมดใน $P_x(\theta)$ มีค่าเท่ากัน (Hambleton and Swaminathan.1985; Thissen and
Steinberg.1986) นอกจากนี้ยังกำหนดให้ $P_0(\theta) = 1$ และ $P_{(m_i+1)}(\theta) = 0$ ดังนั้น
ความน่าจะเป็นในการตอบข้อความในระดับขั้น x_i หรือ $P_x(0)$ มีค่าดังสมการ (11)

$$P_x(\theta) - P_{(m+1)}(\theta) > 0 \dots\dots\dots[11]$$

3) พาเชียล เครดิต โมเดล (Patial Credit Model) เป็นโมเดลที่ มาสเตอร์
(Masters) พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.1982 โดยมีแนวคิดพื้นฐานการพัฒนาจากการขยายรหัส
โมเดล เพื่อให้สามารถนำมาใช้กับแบบทดสอบที่มีรูปแบบการตรวจให้คะแนนเป็นแบบลำดับ
ขั้น หรือแบบให้คะแนนเป็นหลายค่าเช่นเดียวกับเรตติง สเกล โมเดลของแอนดริช แต่ให้ผลการ
วิเคราะห์ที่มีความละเอียดมากกว่า ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการ ดังนี้ (Masters.1988)

$$P_{nix} = \begin{cases} 1 / [1 + \sum_{k=1}^m \exp \{ \sum_{j=1}^k (\beta_n - \delta_{ij}) \}] & \text{สำหรับ } x = 0 \\ \dots\dots\dots[12] \\ [\exp \{ \sum_{j=1}^x (\beta_n - \delta_{ij}) \}] / [1 + \sum_{k=1}^m \exp \{ \sum_{j=1}^k (\beta_n - \delta_{ij}) \}] & \text{สำหรับ } x=1,2,\dots,m_i \end{cases}$$

เมื่อ

P_{nix}	หมายถึง	ความน่าจะเป็นของผู้สอบคนที่ n ที่จะได้คะแนน x จากการตอบข้อความรายการที่ i
x	หมายถึง	คะแนนผลของการตอบในแต่ละระดับที่เลือกตอบ (Level) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0, 1, 2, \dots, m_i$ ตามลำดับ
δ_{ij}	หมายถึง	ค่าความยากประจำขั้นที่ j ของข้อความรายการที่ i โดยมีค่าแต่ละขั้นเป็น $\delta_{i1}, \delta_{i2}, \dots, \delta_{ix}$
β_n	หมายถึง	ระดับความสามารถหรือคุณลักษณะของผู้สอบคนที่ n

4) เรตติ้ง สเกล โมเดล (Rating Scale Model) แอนดริช (Andrich)

เป็นผู้พัฒนาโมเดลนี้ขึ้นในปี ค.ศ. 1978 โดยการนำ ราตซ์ โมเดล ซึ่งใช้กับข้อคำถามที่ตรงให้คะแนนเป็นแบบสองค่าจากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาประยุกต์ใช้กับการวัดเจตคติของบุคคล กล่าวคือ จากผลการตอบของผู้สอบที่ตรงให้คะแนนในลักษณะตอบถูกให้ 1 ตอบผิดให้ 0 เปลี่ยน เป็นการตอบเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย จากนั้นแอนดริชได้แบ่งระดับความคิดเห็นของผู้สอบจากการตอบเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยนี้ ขยายออกเป็น 3 ประเภท (Trichotomous Classification) คือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย แล้วกำหนดให้ 0 แทนการตอบไม่เห็นด้วย 1 แทนการตอบไม่แน่ใจ และ 2 แทนการตอบเห็นด้วย ซึ่งตัวเลขที่กำหนดขึ้นนี้ไม่ได้มีความหมายอะไร นอกเหนือไปจากการแทนลำดับขั้นของการตอบข้อคำถามหรือข้อความในแต่ละระดับ (Andrich, 1978b) และด้วยหลักการเดียวกันก็สามารถแบ่งความคิดเห็นออกเป็นหลายระดับเพื่อให้มีความละเอียดมาก ยิ่งขึ้น เช่น

ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ไม่เห็นด้วย เห็นด้วย เห็นด้วยอย่างยิ่ง
 (ระดับ 0) ขั้นที่ 1 → (ระดับ 1) ขั้นที่ 2 → (ระดับ 2) ขั้นที่ 3 → (ระดับ 3)

จากตัวอย่างนี้จะเห็นได้ว่า ความคิดเห็นของผู้สอบมีลักษณะเป็นลำดับขั้น (Ordered Categories) แบ่งเป็น 4 ระดับ (level: k) หรือ 3 ขั้น (Step: j) ซึ่งลำดับขั้นความคิดเห็นเหล่านี้มีลักษณะเป็นช่วงที่ต่อเนื่องกัน ดังนั้นการที่ผู้สอบเลือกตอบ "ไม่เห็นด้วย" แสดงว่าก่อนถึงระดับนี้ผู้สอบต้องมีความรู้สึก "ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง" (ผ่านขั้นที่ 1) มาแล้ว หรือในกรณีที่ผู้สอบเลือกตอบ "เห็นด้วย" (ผ่านลำดับขั้นที่ 2) แสดงว่าความคิดเห็นของผู้สอบผ่านลำดับขั้นที่ 1 หรือ "ไม่เห็นด้วย" มาแล้ว ซึ่งการผ่านลำดับขั้นของความคิดเห็นในแต่ละระดับนั้น ขึ้นอยู่กับค่าประจำลำดับขั้นหรือที่เรียกว่า "ค่าเทรชโฮลด์" (Threshold Value: τ_j) เช่น เทรชโฮลด์ตามตัวอย่างข้างต้นจะมีจำนวน 3 ค่า คือ τ_1 เป็นค่าเทรชโฮลด์ระหว่างการตอบไม่เห็นด้วยกับเห็นด้วย τ_2 เป็นค่าเทรชโฮลด์ระหว่างการตอบไม่เห็นด้วยกับเห็นด้วย และ τ_3 เป็นค่าเทรชโฮลด์ระหว่างการตอบเห็นด้วยกับเห็นด้วยอย่างยิ่ง

อนึ่ง ค่าเทรชโฮลด์ประจำลำดับขั้นเดียวกันของข้อความแต่ละรายการในแบบทดสอบฉบับเดียวกันกำหนดให้มีค่าเท่ากันและให้เทรชโฮลด์เริ่มต้นมีค่าเป็นศูนย์ ($\tau_0 = 0$) โดยเมื่อรวมค่าเทรชโฮลด์ในระดับขั้นต่างๆ ของข้อความแต่ละรายการกับค่าประจำข้อซึ่งมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามคุณสมบัติของข้อความแต่ละรายการแล้ว ก็จะได้ค่าความยากของแต่ละขั้น (Difficulty of the Steps) ดังสมการ (Wright and Masters, 1982)

$$\delta_{ik} = \delta_i + \delta_k \quad \dots\dots\dots [13]$$

เมื่อ

δ_{ik} หมายถึง ค่าความยากของข้อความรายการที่ i ในระดับขั้นที่ k

δ_i หมายถึง ค่าประจำข้อของข้อความรายการที่ i

δ_k หมายถึง ค่าเทรชโฮลด์ในระดับขั้นที่ k

ดังนั้นความน่าจะเป็นที่ผู้สอบคนที่ n จะเลือกตอบในระดับขั้นที่ k ของข้อความรายการที่ i (ϕ_{nik}) คือ (Wright and Masters.1982)

$$\begin{aligned}\phi_{nik} &= \Pi_{nik} / (\Pi_{nik-1} + \Pi_{nik}) \\ &= [\exp\{\beta_n - (\delta_i + \delta_k)\}] / [1 + \exp\{\beta_n - (\delta_i + \delta_k)\}] ; k=1,2,\dots,m \dots\dots\dots[14]\end{aligned}$$

เมื่อ

Π_{nik} หมายถึง ความน่าจะเป็นของผู้สอบคนที่ n ที่จะเลือกตอบในระดับขั้นที่ k ของข้อความรายการที่ i

Π_{nik-1} หมายถึง ความน่าจะเป็นของผู้สอบคนที่ n ที่จะเลือกตอบในระดับขั้นที่ $k-1$ ของข้อความรายการที่ i

β_n หมายถึง คุณลักษณะของผู้สอบคนที่ n

δ_i หมายถึง ค่าประจำข้อของข้อความรายการ ที่ i

δ_k หมายถึง ค่าเทรคโฮลด์ในระดับขั้นที่ k

จากสมการดังกล่าวข้างต้นนี้ เมื่อพิจารณาความเป็นจริงเกี่ยวกับความเป็นไปได้ที่ผู้สอบจะต้องเลือกตอบตามความคิดเห็นในระดับใดระดับหนึ่งของข้อความซึ่งมีทั้งหมด m_{i+1} ระดับแล้ว สามารถแสดงอยู่ในรูปของความน่าจะเป็นหรือโอกาสของผู้สอบคนที่ n ที่จะตอบข้อความรายการที่ i โดยผ่านในขั้นที่ j หรือได้คะแนน x (Π_{nix}) ดังนี้

$$\tau_{nix} = \frac{\sum_{j=0}^x (\beta_n - (\delta_i + \tau_k))}{\sum_{k=0}^m \sum_{j=0}^k \exp\{\beta_n - (\delta_i + \tau_k)\}} ; x=1,2,\dots,m \dots\dots\dots[14]$$

4. การประมาณค่าพารามิเตอร์

การประมาณค่าพารามิเตอร์เป็นขั้นตอนแรกและสำคัญที่สุดในการประยุกต์ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม เพราะโดยแท้จริงแล้วความมีคุณค่าและความสำเร็จของทฤษฎีอยู่ที่กระบวนการประมาณค่าพารามิเตอร์ตามโมเดลต่างๆ ได้แก่ การประมาณค่าความสามารถ(θ) และการ

ประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อคำถาม

4.1 การประมาณค่าความสามารถ (Estimation of Ability) สิ่งที่อยู่เบื้องหลังและส่งผลต่อการตอบหรือคะแนน คือ ความสามารถของผู้สอบ ซึ่งความสามารถนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาอันเนื่องมาจากการเรียนรู้ หรือได้รับประสบการณ์ ฯลฯ ความสามารถหรือคะแนนตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมคิดจากจำนวนข้อคำถามที่ผู้สอบตอบถูก แต่ในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม คิดจากจำนวนคำตอบถูกของผู้สอบแต่ละคนที่มีความสามารถระดับ θ นั้นๆ ซึ่งจะเห็นว่าเป็นการคิดคะแนนแบบมีเงื่อนไขและมีลักษณะการแจกแจงของคะแนนแบบไบโนเมียล

ความสามารถ (θ) และคะแนนจริงเป็นสิ่งที่เดียวกันเพียงแต่ใช้มาตรวัดที่ต่างกัน กล่าวคือ คะแนนจริงขึ้นกับข้อคำถามทั้งหลายในแบบทดสอบฉบับนั้น ขณะที่ความสามารถจะเป็นอิสระจากข้อคำถามทั้งหลายในแบบทดสอบ และเมื่อนำคะแนนทั้งสองชนิดมาเขียนในรูปความสัมพันธ์ พบว่า มีลักษณะการแจกแจงที่แตกต่างกัน ดังนี้

(1) ตลอดช่วงของความสามารถที่เส้นโค้งลักษณะของแบบทดสอบชันกว่าส่วนอื่นๆ ความแตกต่างของคะแนนที่วัดได้(คะแนนจริง)จะมากเกินความเป็นจริงเมื่อเทียบกับความแตกต่างของความสามารถ(θ)

(2) ตลอดช่วงของความสามารถที่เส้นโค้งลักษณะของแบบทดสอบมีลักษณะแบนราบ ความแตกต่างของคะแนนจริงจะถูกบีบให้แคบกว่าที่เป็นจริงเมื่อเปรียบเทียบกับความแตกต่างของความสามารถ

ซึ่งลักษณะทั้งสองประการนี้ถือว่าเป็นความผิดเพี้ยนจากการวัด(Distortions) อันเป็นเหตุให้ผลของการวัดไม่ถูกต้อง(Lord and Novick.1968; Lord.1980) ดังนั้นความสามารถจึงมีประโยชน์มากกว่าคะแนนจริง ในกรณีที่จะเปรียบเทียบแบบทดสอบต่างฉบับที่วัดความสามารถเดียวกัน สำหรับขั้นตอนการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ มีดังนี้ (Hambleton and Swaminathan.1985)

- (1) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการตอบของผู้สอบ
- (2) เปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างโมเดลการวิเคราะห์กับข้อมูลที่ได้มา และเลือกใช้โมเดลสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสม
- (3) ประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ
- (4) กำหนดสเกลและแปลงความสามารถให้อยู่ในรูปของสเกลง่ายๆ

การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบส่วนใหญ่จะวิเคราะห์โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจำแนกได้ 2 วิธี คือ วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood) และวิธีของเบย์ (Bayesian)

4.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อคำถาม (Estimation of Item Parameter) ค่าพารามิเตอร์ข้อคำถาม ประกอบด้วย ค่าความยาก(b) ค่าอำนาจจำแนก(a) และค่าการเดา(c) ทั้งนี้ขึ้นกับโมเดลที่เลือกใช้ การประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามสามารถกระทำได้ด้วยมือ(เช่น ราชัส โมเดล) และเครื่องคอมพิวเตอร์

การประมาณค่าด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งในปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆมากมาย และโปรแกรมเหล่านี้ก็จะประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้เทคนิควิธีทางคณิตศาสตร์ คือ วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood) และวิธีของเบย์ (Bayesian) ดังแสดงในตาราง 2

อย่างไรก็ตาม การประมาณค่าวิธี Bayesian เป็นการประมาณค่าโดยตรง ส่วนวิธีประมาณค่าแบบ Maximum Likelihood จะต้องควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนั้นเมื่อประชากรมีขนาดเล็ก การประมาณค่าวิธี Bayesian จะให้ผลที่แม่นยำมากกว่าวิธี Maximum Likelihood แต่เมื่อขนาดประชากรมีมากขึ้น ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณค่าทั้งสองวิธีจะลดลง

ตาราง 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Hambleton, Swaminathan and Rogers.1991:48-50)

โปรแกรม	โมเดล	วิธีการประมาณค่า	ผู้พัฒนา
BICAL	IPL	Unconditional Maximum Likelihood	Wridht et al. (1979,1989)
MICROSCALE	IPL Multicategory	Unconditional Maximum Likelihood	Mediex Interactive Technologies(1986)
PML	IPL	Conditional Maximum Likelihood	Gustafsson (1980a)
RASCAL	IPL	Unconditional Maximum Likelihood	Assessment Systems Corp. (1988)

ตาราง 2 (ต่อ)

โปรแกรม	โมเดล	วิธีการประมาณค่า	ผู้พัฒนา
RIDA	1PL	Conditional Maximum Likelihood	Glass (1990)
ANCILLES	3PL	Heuristic	Urry (1974, 1978)
ASCAL	1PL, 2PL,3PL	Modified Bayesian	Assessment Systems Corp. (1988)
LOGIST	1PL, 2PL,3PL	Unconditional Maximum Likelihood	Wingersky (1983) Wingersky et al.(1982)
BILOG	1PL, 2PL,3PL	Marginal Maximum Likelihood	Mislevy & Bock (1984)
NOHARM	1PL, 2PL,3PL	Least Squares	Fraser & McDonald (1988)
MULTILOG	Multicategory		Thissen (1986)
MIRTE	1PL, 2PL,3PL	Unconditional Maximum Likelihood	Carlson (1987)

5. ฟังก์ชันสารสนเทศ (Information Functions)

ฟังก์ชันสารสนเทศ จะเกี่ยวข้องกับการคัดเลือกข้อคำถาม การพัฒนาแบบทดสอบ และการประเมินความแม่นยำของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ และประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์

5.1 ฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม (Item Information Functions : IIF)

การอธิบายข้อคำถามและแบบทดสอบ การคัดเลือกข้อคำถาม และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบทดสอบของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ต้องอาศัยคุณสมบัติของฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามทั้งสิ้น ฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามเป็นความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างกำลังสองค่าอนุพันธ์ของโอกาสในการตอบถูกของผู้สอบที่ระดับความสามารถนั้นๆ กับผลคูณของโอกาสในการตอบถูกและผิดของผู้สอบในระดับความสามารถนั้นๆ เขียนเป็นสมการ ดังนี้

$$I_i(\theta) = [P'_i(\theta)]^2 / P_i(\theta)Q_i(\theta) \quad \dots\dots\dots[16]$$

เมื่อ $I_i(\theta)$ หมายถึง สารสนเทศข้อคำถามข้อ i ที่ระดับความสามารถ θ

$P'_i(\theta)$ หมายถึง ค่าอนุพันธ์(Derivative)ของโอกาสในการตอบข้อคำถามข้อที่ i ถูก

$P_i(\theta)$ หมายถึง โอกาสในการตอบข้อคำถามข้อ i ถูกที่ระดับความสามารถ θ

$Q_i(\theta)$ หมายถึง โอกาสในการตอบข้อคำถามข้อ i ผิดที่ระดับความสามารถ θ

จากสมการ (16) ในรูปแบบของโมเดลโลจิสติก สามารถปรับเพื่อให้ง่ายต่อการประยุกต์ใช้
ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ค่าอนุพันธ์ และค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามในโมเดลโลจิสติก

โมเดล	ค่าอนุพันธ์ [$P'_i(\theta)$]	ค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม $I_i(\theta, \mu_i)$
1PL	DP_iQ_i	$D^2P_iQ_i$
2PL	$Da_iP_iQ_i$	$D^2a_i^2P_iQ_i$
3PL	$Da_iQ_i(P_i-c_i) / (1-c_i)$	$D^2a_i^2Q_i(P_i-c_i)^2 / (1-c_i)^2P_i$

จากตาราง 3 ในกรณีโมเดลโลจิสติก 3 พารามิเตอร์ ค่าสารสนเทศจะสูงขึ้นเมื่อ b มีค่าเข้าใกล้ θ a มีค่ามาก และค่า c เข้าใกล้ 0

การแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามจะมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ มีค่าสารสนเทศสูงสุดบนสเกลความสามารถ ณ ตำแหน่ง $\theta_{\max}$ และสารสนเทศสูงสุดรายข้อ $I(\theta, \mu_i)_{\max}$ จะมีค่าเท่าใดขึ้นอยู่กับโมเดลที่เลือกใช้ ดังแสดงใน ตาราง 4

คุณประโยชน์ของฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามในการพัฒนาแบบทดสอบและการประเมินความสามารถของผู้สอบขึ้นกับความเหมาะสมของการเลือกใช้โมเดลกับชุดข้อมูล ถ้ามีความเหมาะสมน้อย ความสอดคล้องระหว่างค่าสถิติและไค้่งลักษณะข้อคำถาม(ICCs) จะเกิดผิดพลาด(Misleading) แต่ถ้ามีความเหมาะสม บางทีอาจต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดต่างๆ เช่น กรณีที่ a มีค่าต่ำและ c มีค่าสูง เป็นต้น

5.2 ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ (Test Information Functions: TIF) ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ เป็นผลรวมของค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามแต่ละข้อที่ต้องการนำมาสร้างเป็นแบบทดสอบ ดังสมการที่ 17

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^n I_i(\theta; \mu_i) \quad \dots\dots\dots[17]$$

จากสมการจะเห็นว่า คุณลักษณะข้อคำถามแต่ละข้อมีความเป็นอิสระต่อฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ดังนั้นในสร้างแบบทดสอบฉบับใดๆ ก็สามารถบรรจุข้อคำถามเข้าหรือนำออกโดยไม่ส่งผลกระทบต่อข้อคำถามข้ออื่นๆในแบบทดสอบ ซึ่งถือว่าเป็นจุดเด่นที่ไม่มีในทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม เนื่องจากในทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมนั้น ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงข้อคำถามข้อใดข้อหนึ่ง จะส่งผลต่อค่าอำนาจจำแนกรายข้อและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยตรง

ในการวัดที่ระดับความสามารถเดียวกัน เส้นดคดอยที่มีความชันมากกว่าจะมีค่าสารสนเทศของแบบทดสอบสูงกว่าเส้นดคดอยที่มีความชันน้อย และค่าสารสนเทศแบบทดสอบมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าความสามารถ ดังสมการที่ 18

$$SE(\theta) = 1 / \sqrt{I(\theta)} \quad \dots\dots\dots[18]$$

เมื่อ $SE(\theta)$ หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถ ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามระดับความสามารถ นอกจากนี้ $SE(\theta)$ จะมากขึ้นเพียงใดขึ้นกับปัจจัยต่างๆ อาทิ จำนวนข้อในแบบทดสอบ(ข้อคำถามจำนวนมากข้อค่า $SE(\theta)$ จะต่ำ) คุณภาพข้อคำถาม(โดยทั่วไป $SE(\theta)$ จะต่ำเมื่ออำนาจจำแนกมีค่าสูง แต่ทั้งนี้ต้องเป็นการตอบถูกโดยมิใช่เดา) และการเข้าคู่(Match)กันระหว่างความยากของข้อคำถามและความสามารถของผู้สอบ($SE(\theta)$ จะต่ำเมื่อความยากพอเหมาะ กับระดับความสามารถ) อย่างไรก็ตาม ค่า $SE(\theta)$ มีพื้นฐานการคำนวณจากข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติและข้อมูลจะมีลักษณะดังกล่าวข้อคำถามต้องมีจำนวนมากพอ แต่ในกรณีแบบทดสอบแบบออฟติมอลซึ่งมีจำนวนข้อ10-20 ข้อ ก็พอจะประมาณได้ว่ามีลักษณะการแจกแจงแบบปกติเช่นกัน (Samejima.1977) สำหรับค่าฟังก์ชันสารสนเทศประเภทต่างๆ ที่วิเคราะห์ด้วย Logistic Model สรุปได้ ดังตาราง 4

ตาราง 4 ฟังก์ชันสารสนเทศของโมเดลโลจิสติก จำแนกตามพารามิเตอร์

Description	Logistic Model		
	1PL	2PL	3PL
$I_i(\theta)$	$D^2 P_i Q_i$	$D^2 a_i^2 P_i Q_i$	$D^2 a_i^2 Q_i [(P_i - c_i)^2 / (1 - c_i)^2] P_i$
$\theta_{\max}$	b_i	b_i	$b_i + (1/Da_i) [\ln \{1 + (1 + c_i)^{1/2}\} / 2]$
$I(\theta, \mu_i)_{\max}$	$(1/4)D^2$	$(1/4)D^2 a_i^2$	$D^2 a_i^2 / 8(1 - c_i)^2 [1 - 20c_i^2 - 8c_i^2 + (1 + 8c_i^2)^{3/2}]$
Area $I(\theta, \mu_i)$	D	Da_i	$Da_i [c_i \log c_i + 1 - c_i / (1 - c_i)]$

5.3 ประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ (Relative Efficiency)

ในบางครั้งหากต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบทดสอบฉบับใด ๆ ที่วัดสมรรถภาพและระดับความสามารถเดียวกัน สามารถทำได้โดยใช้ค่าประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ ดังสมการ

$$RE(\theta) = I_A(\theta) / I_B(\theta) \dots\dots\dots[19]$$

เมื่อ

RE(θ)	หมายถึง	ประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์
I _A	หมายถึง	ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบฉบับ A
I _B	หมายถึง	ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบฉบับ B

ยกตัวอย่าง แบบทดสอบฉบับ A มีค่าฟังก์ชันสารสนเทศเท่ากับ 25.0 แบบทดสอบฉบับ B มีค่าฟังก์ชันสารสนเทศเท่ากับ 20.0 ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์เท่ากับ 1.25 ซึ่งแปลความได้ว่า ณ ระดับความสามารถเดียวกัน แบบทดสอบฉบับ A ให้สารสนเทศมากกว่าฉบับ B ประมาณ 25% ฉะนั้นถ้าต้องการให้แบบทดสอบทั้งสองฉบับมีความแม่นยำเท่าเทียมกัน จะต้องเพิ่มจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบฉบับ B ขึ้นไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเท่ากัน หรือในทางกลับกันก็ต้องลดจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบฉบับ A

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า การใช้ฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม ทำให้นักพัฒนาแบบทดสอบผลิตแบบทดสอบที่มีลักษณะเฉพาะและความแม่นยำในการวัด แต่ทั้งนี้ต้องมีคลังข้อสอบที่มีคุณภาพและมีขนาดใหญ่เพียงพอต่อความต้องการ นอกจากนี้ต้องมีการนำวิทยาการสมัยใหม่มาช่วยในการคัดเลือกข้อคำถาม ซึ่งทำให้การคัดเลือกข้อคำถามเป็นไปด้วยความถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็ว โดยพัฒนาโมเดลการคัดเลือกข้อคำถาม อันประกอบด้วยข้อบังคับเกี่ยวกับตัวแปร เช่น ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความยาวแบบทดสอบและคุณลักษณะอื่นๆ เพื่อให้ได้ชุดของข้อคำถามที่ตรงกับความต้องการหรือสอดคล้องกับฟังก์ชันเป้าหมายของแบบทดสอบมากที่สุด

6. การนำทฤษฎีการตอบข้อคำถามมาประยุกต์ใช้

การนำเอาทฤษฎีการตอบข้อคำถามมาประยุกต์ใช้ในระบะแรกๆ ยังมีปัญหาหลายประการ (Hambleton and Cook.1977) คือ

- (1) ทฤษฎีการตอบข้อคำถามอธิบายด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนยากแก่การเข้าใจ
- (2) ผู้เสนอทฤษฎีส่วนใหญ่เน้นทฤษฎีมากกว่าที่จะนำมาประยุกต์ใช้
- (3) ขาดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบและค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถาม
- (4) นักวิจัยหลายท่านตั้งข้อสงสัยถึงประโยชน์ที่จะได้รับการวิจัยและพัฒนาในทฤษฎีนี้
- (5) เป็นทฤษฎีที่มีข้อตกลงเบื้องต้นค่อนข้างเข้มงวด ทำให้มีข้อจำกัดในการนำมาใช้

ทฤษฎีการตอบข้อคำถามถูกนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างจริงจังหลังจากมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของข้อคำถามประกอบกับในระยะหลังนี้มีเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กและมีประสิทธิภาพสูงใช้กันอย่างแพร่หลายและที่สำคัญที่สุดคือคุณสมบัติที่สำคัญของทฤษฎีการตอบข้อคำถามในเรื่องค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามดังได้กล่าวแล้ว จึงสามารถนำเอาคุณสมบัติเด่นเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในทางการวัดผลการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายๆ เรื่องดังนี้

1) การสร้างคลังข้อสอบ (Item Bank) โดยนำเอาทฤษฎีการตอบข้อคำถามมาใช้ในการวิเคราะห์และสร้างคลังข้อสอบ ทำให้เกิดผลดีที่เห็นเด่นชัดมีสองประการ คือ ประการแรก ด้านค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามซึ่งได้แก่ ค่าความยาก(b) ค่าอำนาจจำแนก(a) และค่าการเดา(c) มีคุณสมบัติที่ไม่แปรเปลี่ยนตามกลุ่มตัวอย่าง ประการที่สอง ด้านการรายงานคุณภาพข้อคำถาม ในทฤษฎีการตอบข้อคำถามจะรายงานคุณภาพข้อคำถามในรูปของสารสนเทศ ซึ่งสามารถรายงานได้ทั้งรายข้อ (Item Information) และทั้งฉบับ (Test Information) ค่าสารสนเทศนี้ จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่า ซึ่งสามารถใช้แทนค่าความเชื่อมั่นและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมได้ (Hambleton and Swaminathan.1985)

2) การวิเคราะห์ความลำเอียงข้อคำถาม (Item Bias or Differential Item Functioning:DIF) ข้อคำถามที่ใช้กันอยู่ทั่วไป โดยปกติจะมีบางข้อที่เหมาะสมเฉพาะคนบางกลุ่ม แต่จะไม่เหมาะสมกับคนอื่นบางกลุ่ม โดยมากจะเกี่ยวข้องกับเพศ ศาสนา วัฒนธรรม และความเชื่อต่างๆ ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลให้เกิดการได้เปรียบและเสียเปรียบในการทดสอบ เพื่อให้มีความยุติธรรมสำหรับผู้สอบทุกคน เราสามารถใช้ไค่งลักษณะข้อคำถาม(ICC) มาตรวจสอบความลำเอียงข้อคำถาม โดยปกติถ้าข้อคำถามข้อใดไม่มีความลำเอียงไค่งลักษณะข้อคำถามไม่ว่าจะได้มาจากผู้สอบกลุ่มใดก็ตามจะมีรูปร่าง(Shape)เหมือนกัน แต่ถ้าข้อคำถามนั้นมีความลำเอียงไค่งแสดงลักษณะข้อคำถามจะมีรูปร่างแตกต่างกัน (Hambleton and Swaminathan. 1985)

3) การเทียบมาตรา (Test Equating) หมายถึง กระบวนการทางสถิติเพื่อปรับคะแนนที่ได้จากการทดสอบด้วยข้อคำถามต่างชุดกันแต่มีโครงสร้างเดียวกันและวัดความสามารถ หรือคุณลักษณะเดียวกัน ให้สามารถเทียบกันได้ (Lord.1980; Hambleton and Swaminathan. 1985)

4) การทดสอบเทเลอร์ (Tailored Testing) หมายถึง การทดสอบที่มีการจัดข้อคำถามให้มีความยากเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้สอบเป็นรายบุคคล นับว่าเป็นการนำทฤษฎีการตอบข้อคำถามมาประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Urry.1977) การทดสอบเทเลอร์ ผู้สอบแต่ละคนจะได้รับชุดของข้อคำถามแตกต่างกันตามระดับความสามารถของผู้สอบ บางคนอาจได้รับข้อคำถามที่ยากและบางคนอาจจะได้รับข้อคำถามที่ง่าย แต่ก็ยังสามารถเปรียบเทียบผลการทดสอบของแต่ละบุคคลได้ ทั้งนี้เพราะความสามารถที่ได้จากประมาณค่าอยู่ในมาตราวัดเดียวกัน(Common Ability Scale) (Hambleton and Cook.1977; Hambleton and Swaminathan.1985)

มโนทัศน์ในการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ

โดยทั่วไปก่อนตัดสินใจสร้างแบบทดสอบจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ เช่น ปรัชญาการทดสอบ ชนิดของแบบทดสอบ รูปแบบของแบบทดสอบ ทฤษฎีพื้นฐานทางจิตวิทยา และทฤษฎีการวัด ทั้งนี้เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพเหมาะสมกับโปรแกรมหรือจุดมุ่งหมายการทดสอบ อย่างไรก็ตาม แบบทดสอบจะมีคุณลักษณะและคุณภาพมากขึ้นเรื่อยๆ ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจและการตัดสินใจของผู้สร้างเป็นสำคัญ (Lord and Novick.1968) รายละเอียดที่จะนำเสนอต่อไปนี้เป็นหลักสากลที่จำเป็นสำหรับผู้สร้างและพัฒนาแบบทดสอบได้แก่ แนวคิดพื้นฐานการทดสอบ กระบวนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ

1. แนวคิดพื้นฐานของการทดสอบ

การทดสอบสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ การทดสอบแบบอิงกลุ่ม (Norm - Referenced Testing) และการทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced Testing) ความแตกต่างที่สำคัญของการทดสอบทั้ง 2 ประเภทนี้อยู่ที่วิธีการสร้างแบบทดสอบ (การกำหนดมวลเนื้อหาที่วัด การเขียนข้อคำถาม การเลือกข้อคำถาม) และการแปลผลคะแนนจากแบบทดสอบ(การกำหนดเกณฑ์และการตัดสินผล)

การทดสอบแบบอิงกลุ่ม เป็นการใช้แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced Test) ซึ่งเน้นการวัดสมรรถภาพทั่วไปที่แสดงความแตกต่างระหว่างบุคคล และแปลผลเชิงสัมพัทธ์ (Relative) ด้วยการเปรียบเทียบกับสมรรถภาพของผู้อื่นที่ใช้แบบทดสอบเดียวกันภายใต้สภาพการทดสอบเดียวกันหรือคล้ายคลึงกัน หรืออาจเป็นการเปรียบเทียบกับกลุ่มบรรทัดฐาน(Norm Group) ส่วนการทดสอบแบบอิงเกณฑ์ เป็นการใช้แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) ซึ่งเน้นการวัดระดับสมรรถภาพเฉพาะของบุคคลตามขอบเขตของมวลเนื้อหาที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน และแปลผลเชิงสัมบูรณ์(Absolute)ด้วยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์(Criterion) หรือมาตรฐาน(Standard) ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (Popham.1981)

เมื่อการทดสอบแบ่งเป็นสองประเภทดังกล่าว ทำให้เกิดปัญหาในวงการวัดผลการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกการทดสอบประเภทใดจึงจะเหมาะสมในการวัดแต่ละครั้ง(Popham and Husek. 1969)ซึ่งมีบุคคลหลายท่านแสดงทัศนะว่า ถ้าเป็นการวัดลักษณะทางจิตวิทยาเฉพาะอย่าง เช่น ความถนัด ทักษะคิดและบุคลิกภาพ ธรรมชาติของลักษณะทางจิตวิทยาส่วนใหญ่ถูกนิยามในเชิงทฤษฎี ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในเชิงเปรียบเทียบ (Normatively) ฉะนั้นการวัดในลักษณะเช่นนี้ควรใช้การวัดแบบอิงกลุ่มจะมีความหมายมากกว่า ในขณะที่เดียวกันการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีขอบเขตเนื้อหาที่ค่อนข้างชัดเจนจึงสามารถใช้ได้ทั้งการวัดแบบอิงกลุ่มและแบบอิงเกณฑ์ แต่การเลือกวิธีการวัดแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการแปลผลคะแนนจากแบบทดสอบ เช่น ถ้าจุดมุ่งหมายของการทดสอบเพื่อการจัดเรียงลำดับผลสัมฤทธิ์ของผู้สอบในการสอบคัดเลือกหรือสอบแข่งขันรับทุนการศึกษาที่มีจำนวนโควตาจำกัด การวัดแบบอิงกลุ่มจะมีความเหมาะสมกว่า แต่ถ้าจุดมุ่งหมายของการทดสอบเพื่อชี้สถานภาพ หรือ บ่งบอกจุดแข็ง/จุดอ่อนในเนื้อหาสาระ สำหรับติดตามพัฒนาการหรือสอนซ่อมเสริม หรือตัดสินว่าผู้สอบควรผ่านไปเรียนหน่วยที่สูงขึ้นหรือตามลำดับชั้นการเรียนรู้หรือไม่การวัดแบบอิงเกณฑ์ น่าจะมีความเหมาะสมกว่า

2. กระบวนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ

การพัฒนาแบบทดสอบอย่างมีคุณภาพและสร้างสรรค์ เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ทั้งการทดสอบแบบอิงเกณฑ์หรือแบบอิงกลุ่ม ซึ่งอาจใช้ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมหรือทฤษฎีการตอบข้อคำถามมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อคำถาม การกำหนดลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบ และการแปลผลคะแนนสามารถสรุปได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ การพัฒนาค้างข้อสอบ(Item Bank Development) และการสร้างแบบทดสอบ(Test Generation)จากคลังข้อสอบ(van der Linden and Eggen, 1986; Armstrong, Jones and Wu, 1992) โดยแต่ละขั้นตอนอาจมีรายละเอียดแตกต่างกันไป สำหรับในที่นี้จะนำเสนอลักษณะกว้างๆ ดังนี้

2.1 การพัฒนาค้างข้อสอบ

คลังข้อสอบหรือธนาคารข้อสอบ มีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษหลายคำ เช่น Item Bank, Item Collections, Item Reservoirs, Test Item Libraries, Question Bank, Item Pools และ Item File เป็นต้น (Wright and Bell, 1984)

คลังข้อสอบได้มีการพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1969 เมื่อมีการพิมพ์เรื่องเกี่ยวกับคลังข้อสอบในหนังสือของวูดและสเคอร์นิก (Wood and Skumik) อย่างไรก็ตามในระยะแรกคลังข้อสอบยังไม่แพร่หลายนัก เนื่องจากข้อจำกัดเกี่ยวกับค่าคุณลักษณะประจำข้อที่แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มผู้สอบ และการจัดทำคลังข้อสอบต้องใช้กระดาษจำนวนมาก มีขั้นตอนต่างๆ ยุ่งยากซับซ้อน(Hambleton, 1986) จนกระทั่งมีการพัฒนาทฤษฎีการตอบข้อคำถาม และนำวิทยาการคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทดสอบ จึงทำให้คลังข้อสอบเริ่มต้นตัวอีกครั้ง โดยมีการปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีลักษณะ เป็นสากล ปัจจุบันแนวโน้มการใช้คลังข้อสอบมีมากขึ้นเป็นลำดับ (Oosterhof, 1994) เนื่องจากการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบเป็นกระบวนการที่ใช้เวลานาน ถ้ามีคลังข้อสอบก็จะช่วยลดเวลา ประหยัดค่าใช้จ่าย โดยเพียงแค่ปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามเก่าและพัฒนาข้อคำถามเพิ่มบางส่วนเท่านั้น และยังใช้ข้อคำถามร่วมกันได้อีกด้วย คอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพสูง หาซื้อง่ายและราคาไม่แพงจนเกินไป ทำให้ครูและโรงเรียนส่วนใหญ่สามารถนำคอมพิวเตอร์มา ประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ ของโรงเรียนได้

1) แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับคลังข้อสอบ คลังข้อสอบ หมายถึง แหล่งรวบรวมข้อคำถามและ/หรือแบบทดสอบที่ดี มีการจัดเก็บ การบันทึกรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับข้อคำถามอย่างเป็นระบบ สามารถสืบค้น นำมาใช้ได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว การจัดทำคลังข้อสอบโดยพื้นฐานที่แท้จริงแล้ว ต้องการเก็บรวบรวมข้อสอบหรือข้อคำถามที่ดี (Good Items) ไว้ใน

คลังข้อสอบ (Hambleton.1986) ซึ่งข้อคำถามที่ดีอาจมีความหมายแตกต่างกันไปตามประเภทหรือหน่วยงานที่ใช้ ในเรื่องนี้ อุมาร์ (Umar.1994) ได้จำแนกข้อคำถามที่ดีเป็น 3 ระดับ คือ ระดับห้องเรียนและโรงเรียน ระดับกลุ่มโรงเรียนและอำเภอ ระดับจังหวัดและประเทศ รายละเอียดแสดงในตาราง 5 ดังนี้

ตาราง 5 การจำแนกระดับข้อคำถามที่ดี ตามหน่วยงานที่ใช้

ระดับ	สิ่งที่พิจารณาในการสร้าง ข้อคำถาม	หน่วยงานที่ใช้
1	Content Validity	ห้องเรียน
	Construct Validity	ครูผู้สอน
	Content Validity	กลุ่มโรงเรียน
2	Construct Validity	อำเภอ
	Item Analysis(p,r)	
	Reliability	
3	Content Validity	จังหวัด
	Construct Validity	ประเทศ
	Item Analysis or Item Calibrate (p, r, a, b, c, icc)	

สำหรับแนวคิดเกี่ยวกับการดำเนินงานระบบคลังข้อสอบ สามารถจำแนกเป็น 2 แนวคิด (van der Linden.1994) ดังนี้

(1) แนวคิดแบบดั้งเดิม การสร้างเครื่องมือหรือแบบทดสอบมาตรฐาน ตามแนวคิดนี้จะตั้งอยู่บนพื้นฐานของรูปแบบควบคุมการทดลอง (The Paradigm of Experimental Control) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ คือ

-การสร้างพิมพ์เขียวแบบทดสอบ (Blueprint of the Test) ซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกว่า แบบทดสอบที่สร้างนั้น มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

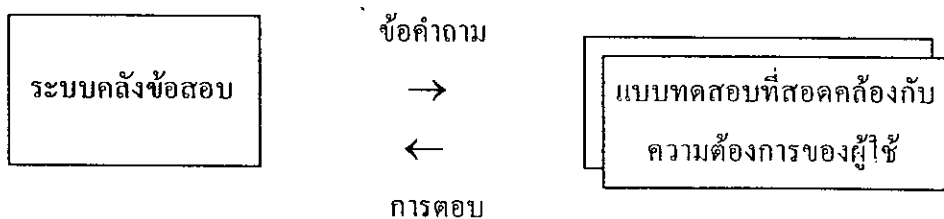
-การเขียนข้อคำถาม อาจจะเป็นการเขียนข้อคำถามแบบให้ผู้สอบเลือกตอบ และ/หรือเขียนตอบ

-การตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพ ได้แก่ การตรวจสอบแก้ไขเบื้องต้นจากผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองใช้ เช่น ความถูกต้องชัดเจน ความสละสลวยของภาษา ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เป็นต้น และการตรวจสอบภายหลังจากร่นำข้อคำถามไปทดลองใช้ เช่น การวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก การวิเคราะห์ทั้งฉบับเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงและค่าความเชื่อมั่น

-การหาเกณฑ์ปกติ(Norm) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและแปลความหมายของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบ คะแนนที่ใช้ในเกณฑ์ปกตินิยมแปลงให้อยู่ในรูปของคะแนนมาตรฐานและเปอร์เซ็นต์ไทล์

จากการดำเนินงานสร้างข้อคำถามตามแนวคิดนี้ มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ข้อคำถามที่สร้างจะมีลักษณะเป็นฉบับ(Tests)มีรูปแบบ เนื้อหาและจำนวนข้อคงที่(Fixed Form)เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรหรือเนื้อหาในรายวิชาเพียงบางส่วน แบบทดสอบฉบับดังกล่าวจะขาดความเที่ยงตรง(Invalidate) ต่อการนำไปใช้อีก นอกจากนี้ในทางปฏิบัติมักขาดความยืดหยุ่นในการนำไปใช้ กล่าวคือ แบบทดสอบฉบับเดียวกันไม่อาจนำไปสอบกับกลุ่มเดิมซ้ำอีก และในกรณีที่กลุ่มผู้สอบมีระดับความสามารถแตกต่างกันมากๆ และหลากหลาย การออกแบบแบบทดสอบโดยพื้นฐานของแบบทดสอบมาตรฐาน จะมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาต่ำเมื่อนำไปสอบกับกลุ่มคนดังกล่าว และคะแนนที่ได้จะมีลักษณะการแจกแจงที่ผิดเพี้ยนไปจากคะแนนจริง (Lord and Novick, 1968 ; Lord, 1980)

(2) แนวคิดใหม่ จากข้อจำกัดของแนวคิดแบบดั้งเดิม นักวิชาการและนักวัดผลการศึกษาจึงพัฒนาแนวคิดการสร้างระบบคลังข้อสอบขึ้นใหม่ เรียกว่า "Test Item Banking" โมเดลนี้ไม่ใช่รูปแบบควบคุมการทดลอง แต่มีการประยุกต์แนวคิดเกี่ยวกับค่าสถิติ (Statistic) มาใช้ในระบบคลังข้อสอบ นั่นคือ การปรับค่าสถิติของข้อคำถามแต่ละข้อให้เป็นปัจจุบัน ทั้งนี้โดยอาศัยลักษณะเด่นของทฤษฎีการตอบข้อคำถามมาประยุกต์ใช้ ดังแสดงในภาพประกอบ 1

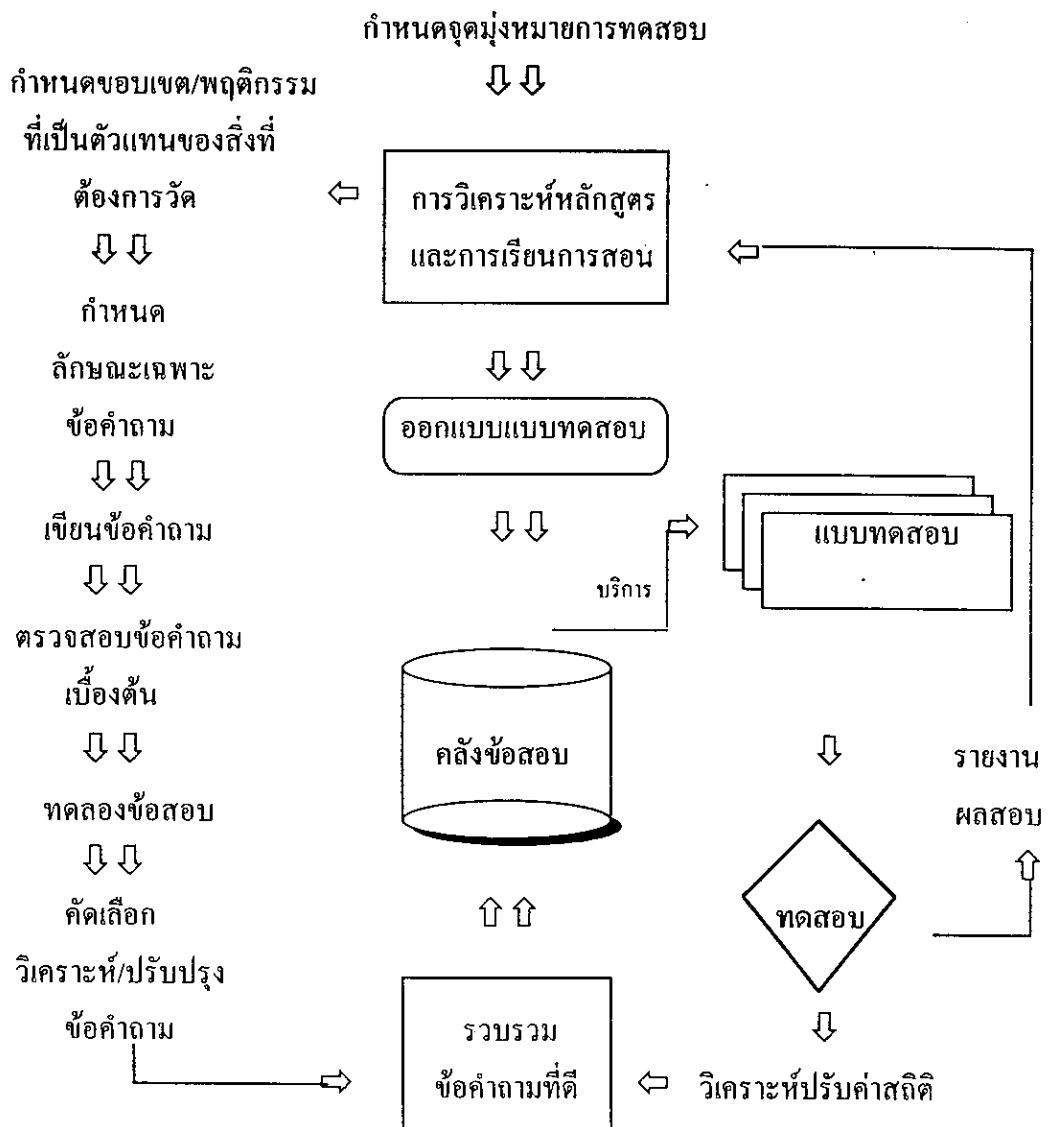


ภาพประกอบ 1 ระบบคลังข้อสอบ

จากภาพประกอบ 1 การจัดเก็บรวบรวมข้อคำถามไว้ในระบบคลังข้อสอบ ต้องจัดแบ่งเป็นหมวดหมู่/รายวิชา โดยแต่ละหมวดหมู่จะวัดในมวลความรู้หรือสมรรถภาพเดียวกัน ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดในมวลความรู้นั้นๆ ตลอดจนปรับสเกลข้อคำถามทุกข้อให้อยู่ในสเกลเดียวกัน ในการคัดเลือกข้อคำถามมาใช้ จะพิจารณาจากค่าสถิติของข้อคำถามที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้สอบ ซึ่งอาจจะเป็นการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computerized Adaptive Testing) หรือการทดสอบด้วยการเขียนตอบ เช่น การทดสอบแบบเทเลอร์ การสอบโดยใช้แบบทดสอบอัตโนมัติ ฯลฯ ข้อคำถามที่ถูกเลือกมาใช้ เมื่อทดสอบและตรวจให้คะแนนแล้ว จะวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ (a, b, c) ใหม่เสมอ จากนั้นนำกลับเข้าไปเก็บไว้ในระบบคลังข้อสอบเช่นเดิม จะเห็นว่าแนวคิดใหม่เกี่ยวกับระบบคลังข้อสอบมีลักษณะเป็นพลวัต (Dynamic) และจะดำเนินการไม่ได้หรือเกิดความยุ่งยากถ้าไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพราะจะต้องใช้โปรแกรมต่างๆ มาจัดระบบเช่น โปรแกรมวิเคราะห์ข้อคำถาม โปรแกรมคลังข้อสอบ โปรแกรมการสอบ โปรแกรมบริการการสอบ เป็นต้น

ดังนั้นการดำเนินงานเกี่ยวกับระบบคลังข้อสอบของหน่วยงานใดก็ตาม จะต้องพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ อย่างรอบคอบ ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกปฏิบัติตามแนวคิดใดแนวคิดหนึ่งหรือผสมผสานกัน เช่น ความพร้อมด้านวัสดุ อุปกรณ์ บุคลากร และงบประมาณ แต่ถ้าต้องการระบบคลังข้อสอบที่มีสมรรถนะสูงควรเลือกใช้แนวคิดใหม่ เนื่องจากคลังข้อสอบสามารถใช้ได้ตลอดแม้หลักสูตรจะเปลี่ยนแปลง การทดสอบมีความยืดหยุ่น รวมทั้งสามารถออกแบบแบบทดสอบ (Test Design) ได้อย่างเหมาะสม อันจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัด

2) การพัฒนาระบบคลังข้อสอบ การพัฒนาระบบคลังข้อสอบให้มีความสมบูรณ์จะต้องประกอบด้วย การสร้างข้อคำถามใส่คลัง การสร้างระบบจัดเก็บและนำข้อคำถามออกไปใช้หรือให้บริการ ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 การพัฒนาระบบคลังข้อสอบ

จากภาพประกอบ 2 แสดงระบบคลังข้อสอบแบบครบวงจร ซึ่งถ้าจะให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ต้องใช้กับระบบคอมพิวเตอร์ (Lunz and Bergstrom, 1992) สำหรับการพัฒนาแบบทดสอบบนพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์ (Computer Based Test Development) ควรมีคุณลักษณะดังนี้ (Nitko and Hsu, 1984; Hambleton, 1986)

- (1) ระบบการจัดเก็บมีประสิทธิภาพน่าเชื่อถือ
- (2) การสืบค้น การค้นหาและการคัดเลือกข้อคำถามเพื่อสร้างแบบทดสอบเป็นไปอย่างอัตโนมัติ รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
- (3) การวิเคราะห์และการจัดเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างอัตโนมัติ
- (4) การสร้าง การปรับปรุงแก้ไขและการลบข้อคำถามกระทำได้โดยง่าย
- (5) ผู้ดำเนินการด้านคลังข้อสอบไม่จำเป็นต้องอาศัยความรู้ด้านคอมพิวเตอร์มากนัก
- (6) ข้อคำถามต่างๆ สามารถเชื่อมโยงกับสมรรถภาพ เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้
- (7) สามารถใช้กับรูปแบบข้อคำถามโดยทั่วไป เช่น แบบเลือกตอบ แบบจับคู่ แบบถูกผิดและแบบเติมคำ ฯลฯ

สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับการพัฒนาคลังข้อสอบจะนำเสนอต่อไปนี้

1. การสร้างข้อคำถามใส่คลังข้อสอบ ในคลังข้อสอบจะต้องมีข้อคำถามจำนวนมาก และเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ดังนั้นการจัดทำคลังข้อสอบจะต้องมีแผนการดำเนินงานที่ชัดเจน เพื่อจะได้ข้อคำถามที่มีคุณภาพ สำหรับขั้นตอนในการสร้างข้อคำถามพอสรุปได้ ดังนี้

1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายการทดสอบ สิ่งสำคัญประการแรกที่ผู้สร้างแบบทดสอบจะต้องทราบคือ ทำไมจึงต้องมีการทดสอบ และจะนำผลการสอบหรือคะแนนไปใช้เพื่อประโยชน์อะไร เช่น การคัดเลือก การจัดตำแหน่ง การวินิจฉัย ฯลฯ

1.2 กำหนดขอบเขตและนิยามพฤติกรรมที่เป็นตัวแทนของสิ่งที่ต้องการวัด เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เนื่องจากการวัดทางการศึกษาและสังคมศาสตร์ ส่วนใหญ่เป็นตัวแปรคุณลักษณะทางจิตวิทยา ดังนั้นพฤติกรรมที่นิยามจึงค่อนข้างจะเป็นอัตนัย หรือมีความเฉพาะตัวสูง ด้วยเหตุนี้การกำหนดพฤติกรรมจึงต้องกระทำอย่างรอบคอบและหลากหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์เนื้อหา การศึกษาค้นคว้าผลงานวิจัย การให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ/พิจารณา และการวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนการสอน ฯลฯ

1.3 สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร มีความมุ่งหมายเพื่อให้ทราบกรอบงานที่จะทำว่ามีขอบข่ายกว้างขวางเพียงไร ในทางปฏิบัติจะดำเนินการวิเคราะห์หลักสูตรในรูปคณะกรรมการ ประกอบด้วยผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชานั้น ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร/เนื้อหา และนักวัดผล ร่วมกันพิจารณาว่ารายวิชานั้นมีเนื้อหา และสมรรถภาพอะไร

บ้างที่สำคัญ โดยอาจจะเขียนในรูปของตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Table of Specification) พิมพ์เขียวหรือแผนผังของแบบทดสอบ (Blueprint for the Test)

สำหรับแบบทดสอบอิงกลุ่ม แมทริกซ์ของเนื้อหา/กระบวนการ จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งอ้างอิง จุดมุ่งหมายกว้างๆ ชนิดของทักษะและเนื้อหาที่จะบรรจุในแบบทดสอบ ผู้เขียนข้อคำถามจะใช้แมทริกซ์พัฒนาข้อคำถามให้ครอบคลุมในแต่ละเซลล์ ส่วนแบบทดสอบอิงเกณฑ์ จำเป็นต้องมีพิมพ์เขียวที่มีลักษณะเฉพาะมากกว่า กล่าวคือ ต้องอธิบายสมรรถภาพหรือทักษะที่จะวัด ธรรมชาติของข้อคำถามหรือสถานการณ์ที่ผู้สอบจะตอบสนอง มีติของคำตอบถูก/ผิดอย่างละเอียดพอเพียงเพื่อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะยกตัวอย่างพิมพ์เขียวของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งจัดทำในรูปการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อคำถาม ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ (Popham, 1981)

- (1) คำบรรยายทั่วไป เป็นส่วนที่ชี้ถึงรูปแบบของข้อคำถามและสิ่งที่ต้องทำเพื่อให้งานสำเร็จ
- (2) ข้อคำถามตัวอย่าง หมายถึง ข้อคำถามซึ่งเป็นตัวแทนข้อหนึ่งในหลายๆ ข้อที่จะสร้างจากโดเมนนี้
- (3) ลักษณะคำถาม แสดงถึงกฎในการสร้างข้อคำถาม โดยการบรรยายลักษณะของคำถามในรายละเอียดที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อคำถามที่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งจะได้ข้อคำถามที่มีลักษณะคู่ขนาน
- (4) ลักษณะคำตอบ บรรยายถึงลักษณะคำตอบที่เป็นไปได้ ที่สามารถให้กฎเกณฑ์ในการสร้างตัวลงในข้อคำถามแบบเลือกตอบ

ตัวอย่างการกำหนดลักษณะเฉพาะข้อคำถาม

พฤติกรรมที่มุ่งวัด : บอกค่าตัวเลขในหลักต่างๆ ได้

คำอธิบาย : เมื่อกำหนดจำนวนไม่เกิน 4 หลัก นักเรียนสามารถบอกค่าประจำหลักได้

ตัวอย่างข้อคำถาม

1. จำนวน 728 เลข 7 มีค่าเท่าไร ?

ก. 7

ข. 70

ค. 700

ลักษณะเฉพาะข้อคำถาม

ลักษณะคำถาม	ลักษณะตัวเลือก
1. กำหนดจำนวนเลข 3 หลักให้ 2. ชิดเส้นใต้หรือระบุจำนวนที่ต้องการทราบค่า 3. ให้นักเรียนหาค่าตัวเลขประจำหลักใดหลักหนึ่งของจำนวนที่กำหนดให้	ตัวตวงเกิดจากการบอกค่าของตัวเลขนั้นเป็นหลัก

การกำหนดลักษณะข้อคำถามเป็นรายวัตถุประสงค์ จำเป็นต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก และจะช่วยอำนวยความสะดวกในการเขียนข้อคำถามเป็นรายข้อได้ดี แต่ลักษณะเฉพาะข้อคำถามยังไม่อยู่ในรูปแบบที่พร้อมจะนำไปสร้าง(Generate)ข้อคำถามจำนวนหลายๆ ข้อ โดยใช้เครื่องมืออำนวยความสะดวกหรือคอมพิวเตอร์ได้

1.4 การเขียนข้อคำถาม ต้องดำเนินไปตามพิมพ์เขียวที่กำหนดไว้ ส่วนรูปแบบข้อคำถามอาจจะอยู่ในลักษณะให้ผู้ตอบเขียนตอบหรือเลือกตอบ แล้วแต่การกำหนดลักษณะเฉพาะในจุดประสงค์นั้นๆ ในการเขียนข้อคำถามควรจะตระหนักถึงประเด็นต่างๆ เกี่ยวกับข้อควรหลีกเลี่ยงหรือข้อผิดพลาดในการสร้างข้อคำถาม ส่วนในเรื่องจำนวนข้อคำถามจะต้องเขียนเท่ากับจำนวนที่วางแผนไว้หรือควรเขียนให้มีจำนวนมากกว่าจะดีที่สุด เพราะในการทดลองภาคสนามอาจจะมีข้อคำถามบางข้อที่ถูกตัดทิ้ง เนื่องจากขาดคุณลักษณะของข้อคำถามที่ดี

1.5 การทบทวนและปรับปรุงแก้ไขข้อคำถาม หลังจากเขียนข้อคำถามแล้วควรจะมี การพิจารณาทบทวนเนื้อหาอย่างคร่าวๆว่า ข้อคำถามที่เขียนขึ้นสอดคล้องกับพิมพ์เขียวที่วางแผนไว้หรือไม่ จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเบื้องต้นก่อนนำไปทดลองใช้ เช่น ความถูกต้องชัดเจนในการใช้ภาษา ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Consistency : IOC) เป็นต้น

1.6 การนำแบบทดสอบไปทดลองในภาคสนาม ในการพิสูจน์หรือยืนยันว่าแบบทดสอบที่นำไปใช้มีความเหมาะสม น่าเชื่อถือต่อการวัดสิ่งนั้นๆ จะต้องมีการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อสังเกตเชิงประจักษ์เกี่ยวกับผลการทดลองในภาคสนาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบทดสอบที่สร้างใหม่ ซึ่งผลที่ได้จะทำให้ทราบจุดอ่อนและข้อบกพร่อง

ของแบบทดสอบ(Guilford.1954) ในเรื่องการทดลองแบบทดสอบนี้ คอนราด (Conrad.1948; citing Guilford.1954) เสนอแนะว่า ควรมีการทดลอง 3 ครั้ง กล่าวคือ ครั้งแรกใช้กลุ่มตัวอย่างประมาณ 100 คน เพื่อจะดูว่า โดยภาพรวมนั้นแบบทดสอบมีข้อบกพร่องอย่างไร ครั้งที่สองเพื่อวิเคราะห์รายข้อ (Primarily for Item Analysis) ใช้กลุ่มตัวอย่างประมาณ 400 คน และครั้งที่สามเพื่อกำหนดรายละเอียดต่างๆ และค่าความเชื่อมั่น อย่างไรก็ตามการจะนำไปประยุกต์ใช้ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมและการเป็นตัวแทนที่ดีของการสร้างแบบทดสอบแต่ละประเภท

หลังจากนำข้อคำถามไปทดลองใช้ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์จะให้ค่าสถิติต่างๆ เช่น ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าการเดา ค่าความเที่ยงตรง และค่าความเชื่อมั่น การวิเคราะห์ข้อคำถามไม่นิยมใช้กับแบบทดสอบประเภท Speed Test แต่นิยมใช้กับ Power Test เพราะแบบทดสอบ Power Test เปิดโอกาสให้ผู้สอบใช้ความรู้ความสามารถอย่างเต็มที่โดยให้เวลาในการสอบมากๆ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาในแง่การวิเคราะห์ข้อคำถาม จะพบว่า แบบทดสอบวัดความถนัด มีความจำเป็นและสำคัญมากกว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพราะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บางครั้งสามารถใช้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบได้ดีกว่าการใช้ค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนรวมที่ได้จากการสอบ (Guilford.1954)

การวิเคราะห์ข้อคำถาม มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ และครอบคลุมเพียงพอที่จะนำมาพัฒนาปรับปรุงข้อคำถาม ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 แนวทาง คือ การวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมและการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม การวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม เป็นการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามเฉพาะกลุ่ม โดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายและกลุ่มตัวอย่างไม่มากนัก จะได้ค่าสถิติ 2 ค่า คือ ดัชนีความยากของข้อคำถาม (Index of Item Difficulty) และดัชนีความเที่ยงตรง (Index of Validity) หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ค่าดัชนีความยากของข้อคำถามแทนด้วยสัญลักษณ์ P_i เป็นสัดส่วนระหว่างจำนวนผู้ตอบถูกกับจำนวนผู้ตอบทั้งหมดในแต่ละข้อ ดัชนีความเที่ยงตรงแทนด้วยสัญลักษณ์ r_{ic} เป็นสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับเกณฑ์ภายนอก(External Criterion) หรือแทนด้วยสัญลักษณ์ r_{it} ซึ่งเป็นค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อสอบแต่ละข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับ(Internal Criterion) ข้อคำถามที่มีคุณภาพค่าความยากจะอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกที่อยู่นอกเหนือจากนี้ ถือว่าเป็นข้อคำถามที่ไม่ดีต้อง

ปรับปรุงแก้ไขหรือตัดทิ้ง ข้อจำกัดของค่าสถิติเหล่านี้ คือ การแปรผันไปตามกลุ่มผู้สอบ ดังนั้น ข้อคำถามข้อเดียวกันเมื่อไปสอบกลุ่มแรกอาจจะได้ค่าสถิติที่ดี แต่อาจได้ค่าสถิติที่ไม่ดีเมื่อนำไปสอบกับกลุ่มที่สอง

การวิเคราะห์ข้อคำถามตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม เป็นการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ ข้อคำถามที่ไม่แปรผันตามกลุ่มตัวอย่าง โดยอาศัยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน และกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ การพิจารณาคุณภาพข้อคำถามไม่สามารถกระทำได้โดยตรง แต่อาศัยวิธีการทดสอบภาวะรูปสมมติ (Goodness of Fit) เป็นตัวตรวจสอบข้อคำถามที่ไม่เหมาะสมกับโมเดลที่ใช้ อย่างไรก็ตาม ก่อนการวิเคราะห์ข้อคำถามโดยใช้ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม อาจมีความจำเป็นที่ข้อคำถามเหล่านั้น ต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมมาก่อน ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบตัวเลือกที่เป็นตัวลวง อันอาจส่งผลต่อคุณภาพข้อคำถาม (Hambleton and Swaminathan.1985)

2. การสร้างระบบจัดเก็บข้อคำถาม การทำระบบจัดเก็บข้อคำถาม มีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดเก็บข้อคำถามให้สะดวกต่อการที่จะนำมาใช้ สะดวกที่จะแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ วิธีจัดเก็บในรูปบัตรรายการหรือบัตรข้อคำถาม และวิธีจัดเก็บโดยใช้คอมพิวเตอร์

2.1 วิธีจัดเก็บในรูปบัตรรายการหรือบัตรข้อคำถาม เป็นการคัดเลือกข้อคำถามที่มีคุณภาพ ผ่านการวิเคราะห์รายข้อและปรับปรุงแก้ไขแล้ว มาบันทึกไว้ในบัตรรายการ บัตรรายการข้อคำถามมีลักษณะคล้ายคลึงกับบัตรรายการห้องสมุดแต่จะมีขนาดใหญ่กว่า ลักษณะโดยทั่วไปจะเป็นกระดาษแข็งขนาด 4" x 6" มี 2 ด้าน คือ ด้านหน้าและด้านหลัง ในแต่ละด้านควรประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ดังนี้

(1) ด้านหน้าบัตร ประกอบด้วย รหัสข้อคำถาม รายวิชา จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา สมรรถภาพที่วัด ระดับชั้น ระดับพฤติกรรมที่วัด คำถาม และคำตอบ

(2) ด้านหลังบัตร ประกอบด้วย วันที่ที่นำข้อคำถามไปใช้ จำนวนผู้ใช้ ค่าคุณลักษณะประจำข้อคำถาม และความเห็นเพิ่มเติม

ในการจัดเก็บบัตรข้อคำถาม จะต้องจัดเรียงลำดับโดยใช้หลักระบบใดระบบหนึ่ง กล่าวคือ อาจจัดเรียงตามสมรรถภาพที่วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ หรือระดับพฤติกรรมที่วัด ทั้งนี้ขึ้นกับจุดมุ่งหมายของผู้สร้างคลังข้อสอบ

2.2 วิธีจัดเก็บโดยใช้คอมพิวเตอร์ การจัดเก็บโดยใช้คอมพิวเตอร์ จะต้องเก็บทุกอย่างของข้อคำถามเช่นเดียวกับการเก็บในรูปของบัตรรายการ การเก็บข้อคำถามด้วยคอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาเฉพาะสำหรับใช้จัดเก็บข้อคำถาม การคัดเลือกและการพิมพ์ข้อคำถามเป็นแบบทดสอบ

โปรแกรมจัดเก็บข้อคำถาม ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับรหัสข้อคำถาม ระดับพฤติกรรมที่วัดสมรรถภาพที่วัด ชื่อรายวิชา จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา ระดับชั้น ระดับพฤติกรรมที่วัดคำถาม ตัวเลือก คำเฉลย และคำสถิติต่างๆ

โปรแกรมคัดเลือกข้อคำถาม จะต้องสัมพันธ์กับจุดประสงค์ที่ต้องการ โดยที่ผู้ใช้ข้อคำถามจะกำหนดเกณฑ์หรือรายละเอียดต่างๆ ที่ต้องการใส่เข้าไป เครื่องคอมพิวเตอร์ก็จะอ่านข้อมูลในคลังข้อสอบและเลือกข้อคำถามตามที่เรากำลังต้องการ

โปรแกรมการพิมพ์ หลังจากที่เราเลือกข้อคำถามที่สอดคล้องกับจุดประสงค์จากคลังข้อสอบแล้ว คอมพิวเตอร์จะจัดลำดับข้อคำถามและพิมพ์ออกมาเป็นฉบับ พร้อมจะนำไปใช้ประโยชน์ตามจุดมุ่งหมายต่อไป

2.3 การใช้ข้อคำถามจากคลังข้อสอบ เมื่อมีข้อคำถามที่มีคุณภาพเก็บไว้ในคลังข้อสอบเป็นจำนวนมากแล้ว การใช้ข้อคำถามแต่ละครั้ง ไม่ว่าจะเก็บในรูปของบัตรรายการหรือคอมพิวเตอร์ จะต้องออกแบบแบบทดสอบ (Test design) เพื่อให้ได้โครงสร้างของแบบทดสอบทั้งฉบับที่ชัดเจน สำหรับรายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อ “การสร้างแบบทดสอบจากคลังข้อสอบ”

3) คุณประโยชน์ของคลังข้อสอบ ในเรื่องประโยชน์ของคลังข้อสอบ มีนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึง เช่น ทมสัน (Thomson.1984) ชอปพิน (Choppin.1976) กล่าวถึงประโยชน์ของคลังข้อสอบ ดังนี้

- 1) เพื่อให้ครูผู้สอนสามารถเปลี่ยนรูปแบบของข้อคำถามที่ใช้ในแบบทดสอบตลอดจนความยาวและเนื้อหาตามเงื่อนไขที่ต้องการ โดยที่ผลของการวัดยังมีความคงที่
- 2) เพื่อให้เตรียมแบบทดสอบคู่ขนานได้ง่ายขึ้น
- 3) เพื่อให้สามารถทำการวัดซ้ำ
- 4) เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่จะนำมาใช้สอบมีคุณภาพสูง

ส่วนคาร์ซี (Carcy .1988) กล่าวว่า คลังข้อสอบมีประโยชน์ ช่วยลดเวลาของครูผู้สอนในการสร้างแบบทดสอบที่มีลักษณะเหมือนๆ กันได้ และยังช่วยให้ครูผู้สอนสามารถเขียนข้อ

คำถามเป็นจำนวนมากในการวัดทักษะต่างๆ ได้ง่ายขึ้น

นอกจากนี้ อุมาร์ (Umar .1994) กล่าวถึงข้อดีของการมีคลังข้อสอบว่า

- 1) การจัดเก็บข้อคำถามที่ดีๆ ไว้เป็นจำนวนมาก จะช่วยให้ครูใช้ ความ พยายาม
ทุ่มเทจิตใจสำหรับงานสอนโดยไม่ต้องเสียเวลามากในการจัดทำข้อคำถาม
- 2) ลดค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในกิจกรรมการสร้างข้อคำถาม
- 3) ถ้าจำนวนข้อคำถามในคลังมีจำนวนมาก สามารถจัดปัญหาเรื่องความลับ
ของข้อคำถาม เช่น ปัญหาข้อคำถามรั่ว ปัญหาการจำข้อคำถามได้ ปัญหาการคัดลอกข้อคำถาม
- 4) เมื่อครูสร้างข้อคำถามเอง จะเกิดความรู้สึกรับผิดชอบและเห็นคุณค่า อัน
จะนำไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า

จากประโยชน์ของคลังข้อสอบที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ประโยชน์ต่อครูผู้สอน ถ้ามีการจัดระบบคลังข้อสอบไว้เป็นอย่างดี จะช่วยให้ครู
ผู้สอนสามารถเลือกข้อคำถามได้ตามจุดหมายที่ต้องการวัดอย่างหลากหลาย ขณะเดียวกันครูจะมี
เวลากับการเตรียมการสอนและใช้ความพยายามทุ่มเทจิตใจสำหรับงานสอน รวมทั้งเป็นการลด
ค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการสร้างข้อคำถาม นอกจากนี้เมื่อครูสร้างข้อคำถามเอง จะเกิดความรู้
สึกรับผิดชอบและเห็นคุณค่า อันจะนำไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า
2. ประโยชน์กับนักเรียน ด้วยความหลากหลายของข้อคำถามที่เก็บไว้ในคลังข้อสอบ
เช่น ความยาก เนื้อหาและพฤติกรรมระดับต่างๆ ผลการตอบของนักเรียนทำให้ทราบถึงความ
บกพร่อง หรือความคลาดเคลื่อนในการตอบข้อคำถามของนักเรียน ทำให้ครูสามารถนำข้อ-
บกพร่องเหล่านั้นมาปรับปรุงแก้ไขนักเรียนเป็นรายเฉพาะบุคคลได้อย่างเหมาะสม ตลอดจน
สามารถเลือกข้อคำถามที่มีความยากเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนมาใช้วัด ทำให้
นักเรียนไม่เสียเวลาในการทำข้อคำถามที่ง่ายหรือยากกว่าความสามารถของเขา ซึ่งจะเป็นข้อมูล
สำหรับการพัฒนาตนเองต่อไป
3. ประโยชน์สำหรับผู้บริหาร การมีคลังข้อสอบในสถานศึกษา น่าจะเป็นสิ่งสำคัญที่นำ
ไปสู่การตรวจสอบระดับมาตรฐานทางวิชาการ และกำหนดการพัฒนาคุณภาพการศึกษาของ
สถานศึกษาได้อย่างมีหลักเกณฑ์ยิ่งขึ้น
4. ประโยชน์ต่อการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน ข้อคำถามที่มีอยู่ในคลัง
ข้อสอบจะต้องสอดคล้องกับหลักสูตร กล่าวคือ ถ้ามีการพัฒนาหลักสูตรใหม่ก็จะต้องสร้างข้อ
คำถามใหม่เพื่อนำไปเก็บไว้ในคลังข้อสอบ นั่นคือเนื้อหาของคลังข้อสอบจะต้องเปลี่ยนไปตาม

หลักสูตรที่พัฒนาขึ้น ผู้สอนยังสามารถเปรียบเทียบผลการสอบกับผู้สอนคนอื่นๆ ได้ ถึงแม้ว่าแบบทดสอบที่ใช้จะไม่มีข้อคำถามร่วมก็ตาม เนื่องจากข้อคำถามทุกข้อที่นำมาจากคลังข้อสอบได้จัดทำให้อยู่ในสเกลเดียวกัน ในกรณีวิเคราะห์ข้อคำถามโดยใช้การวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบข้อคำถาม การเปรียบเทียบผลการสอบ ทำให้ทราบว่าในเนื้อหาเดียวกันที่มีผู้เรียนต่างกันและผู้สอนต่างกัน ผลการสอบจะเป็นอย่างไร ซึ่งเป็นการประเมินวิธีสอนของผู้สอนว่าวิธีสอนใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด นอกจากนี้แล้วผลการสอบของผู้สอบยังสามารถนำมาใช้ในการกำหนดจุดประสงค์ในการพัฒนาหลักสูตร ตลอดจนการจัดลำดับ เนื้อหาวิชาในหลักสูตรด้วย ในระบบการวัดผลทางการศึกษาจำเป็นต้องมีข้อคำถามที่เหมาะสมในการวัด แต่ในสถานการณ์ของข้อคำถาม บางครั้งจะพบว่าผู้สอบเดาคำตอบหรือขาดความรอบคอบในการตอบ ผู้สอบเกิดความเบื่อหน่ายหรือทำด้วยความรีบร้อน บางครั้งผู้สอบเข้าใจคำสั่งผิด องค์ประกอบเหล่านี้จะทำให้เกิดความเข้าใจคะแนนของผู้สอบผิดพลาดได้ เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์รูปแบบการตอบข้อคำถามของผู้สอบอย่างรอบคอบ จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องนำมาพิจารณา ดังนั้นเมื่อผู้สอบได้ตอบข้อคำถามข้อหนึ่ง ผลการตอบของผู้สอบก็จะแสดงให้เห็นความแตกต่างของความสามารถของผู้สอบและความยากของข้อคำถาม วิธีการที่จะทราบถึงความสามารถของผู้สอบและความยากของข้อคำถาม ก็คือ การนำแบบจำลองโลจิสติกมาใช้

5. ประโยชน์ต่อการพัฒนาเครื่องมือวัด คลังข้อสอบเป็นแหล่งเก็บข้อคำถามจำนวนมาก ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ทั้งเชิงเหตุผลและเชิงประจักษ์ คุณลักษณะข้อคำถามที่เก็บไว้ในคลังข้อสอบ สามารถเลือกข้อคำถามมาสร้างเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพ เป็นไปตามความมุ่งหมายของผู้ใช้ ทำให้การสร้างแบบทดสอบคู่ขนานมีความเป็นไปได้มากขึ้น ผลการวัดสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ แม้จะไม่ใช้ข้อคำถามชุดเดียวกันในการวัดซ้ำในบุคคลเดียวกันหรือระหว่างบุคคลหรือระหว่าง กลุ่ม

2.2 การสร้างแบบทดสอบจากคลังข้อสอบ

การสร้างแบบทดสอบโดยใช้ข้อคำถามที่อยู่ในคลังข้อสอบแต่ละครั้งจะต้องออกแบบแบบทดสอบเพื่อให้ได้โครงสร้างของแบบทดสอบทั้งฉบับที่ชัดเจน ตรงกับจุดมุ่งหมายของการทดสอบในครั้งนั้นๆ โครงสร้างดังกล่าวอาจประกอบด้วย

- (1) ขอบข่ายของเรื่อง/เนื้อหาที่จะวัด
- (2) พฤติกรรมการเรียนรู้ที่จะวัด

(3) สัดส่วนจำนวนข้อคำถามระหว่างเนื้อหา พฤติกรรม และระดับความยาก

(4) เวลาที่ใช้ในการสอบ

หลังจากที่ได้ออกแบบแบบทดสอบแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเลือกข้อคำถามตามแผนผังหรือ พิมพ์เขียวที่กำหนดไว้ จัดเรียงลำดับข้อคำถามอย่างสมเหตุสมผล พิจารณาแบบทดสอบ ทั้งฉบับอีกครั้งหนึ่งว่ามีข้อบกพร่องอะไรบ้าง แล้วจึงจัดพิมพ์เป็นฉบับ ส่วนการใช้ระบบคอมพิวเตอร์นั้น เราเพียงแต่ป้อนข้อมูล รายละเอียดตามโปรแกรม ก็จะได้แบบทดสอบตามที่ต้องการ

การคัดเลือกข้อคำถามเพื่อสร้างแบบทดสอบอิงกลุ่มตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม จะพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก กล่าวคือ คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกสูง ค่าความยากง่ายสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการทดสอบและกลุ่มที่จะวัด เช่น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่วนมากต้องการใช้แบบทดสอบจำแนกผู้สอบตามระดับความสามารถของแต่ละบุคคล ดังนั้นแบบทดสอบดังกล่าวจะต้องประกอบด้วยข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายปานกลางและมีพิสัยแคบ ซึ่งการคัดเลือกข้อคำถามจะประสบผลสำเร็จหรือไม่ขึ้นกับความคล้ายคลึงกันของลักษณะกลุ่มผู้สอบที่ทดลองค่าพารามิเตอร์ข้อคำถาม และกลุ่มที่ต้องการวัด

สำหรับทฤษฎีการตอบข้อคำถาม มีวิธีการคัดเลือกข้อคำถามที่มีประสิทธิภาพสูง ทั้งนี้โดยอาศัยฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม(Theunissen.1985; van der Linden and Bockkooi-Timminga. 1989; Adema and van der Linden.1989) จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาสรุปได้ว่าการคัดเลือกข้อคำถามโดยวิธีมาตรฐานตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ทำให้ได้แบบทดสอบที่ดีน้อยกว่าการใช้คุณสมบัติของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ดังนั้นถ้าต้องการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดระดับความสามารถ ณ จุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียว ควรใช้วิธีพิจารณาค่าสารสนเทศสูงสุด แต่ถ้าต้องการสร้างแบบทดสอบครอบคลุมความสามารถที่มีพิสัยกว้าง ควรใช้วิธีการเฉลี่ยค่าสารสนเทศตลอดระดับความสามารถที่ต้องการวัด หรือ เลือกข้อคำถามให้ได้โค้งแบบทดสอบที่มีลักษณะสมมาตรกัน

สำหรับการสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์ วิธีที่ปฏิบัติกันมาคือ กำหนดความยาวแบบทดสอบ แล้วสุ่มข้อคำถามจากคลังข้อสอบให้ครอบคลุมหรือเป็นตัวแทนข้อคำถามและเนื้อหาที่ต้องการวัด การคัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธีสุ่มจะได้ข้อคำถามสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายแต่จะเป็นที่พอใจหรือไม่ขึ้นกับความเป็นเอกพันธ์ของค่าสถิติข้อคำถาม กล่าวคือ ถ้าข้อคำถามมีค่าสถิติ

ใกล้เคียงกัน การสอบด้วยข้อคำถามชุดนี้จะส่งผลกระทบต่อคะแนนน้อยมาก แต่ถ้าข้อคำถามที่อยู่ในคลังข้อสอบมีค่าสถิติแตกต่างกันมาก วิธีสุ่มอาจจะได้ข้อคำถามที่ไม่ให้สารสนเทศสูงสุด พอที่จะจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มรอบรู้-ไม่รอบรู้ได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้เมื่อแบบทดสอบมีความยาวคงที่ ประสิทธิภาพในการจำแนกกลุ่มผู้สอบควรจะใกล้เคียงบริเวณคะแนนจุดตัด แต่สำหรับแบบทดสอบที่ง่ายหรือยากเกินไปค่าอำนาจจำแนกมักจะต่ำ ดังนั้นการจะสร้างแบบทดสอบเพื่อจำแนกผู้สอบออกเป็นสองกลุ่มภายในขอบเขตเนื้อหาที่วัด จะต้องใช้วิธีคัดเลือกข้อคำถามที่สามารถจำแนกผู้สอบได้มากที่สุดภายในบริเวณของคะแนนจุดตัด

การสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์ตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ค่าความยากง่ายของข้อคำถามและคะแนนโดเมน(π) ไม่อยู่บนสเกลเดียวกัน ทำให้ไม่สามารถเลือกข้อคำถามที่ให้ค่าสารสนเทศสูงสุดทั้งๆที่รู้คะแนนจุดตัด(π_0) สำหรับทฤษฎีการตอบข้อคำถามค่าความยากข้อคำถามและคะแนนความสามารถอยู่บนสเกลเดียวกัน จึงสามารถเลือกข้อคำถามที่มีประสิทธิภาพการจำแนกสูงสุดในบริเวณจุดตัดได้ ทั้งนี้โดยใช้คุณสมบัติของฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม และข้อคำถามแต่ละข้อจะให้ค่าสารสนเทศสูงสุด ณ จุด $\theta_{\max}$ ซึ่งค่าดังกล่าวคำนวณโดยใช้สมการที่ 20

$$\theta_{\max} = b_i + (1/Da_i) \ln[0.5(1 + \sqrt{1 + 8c_i})] \quad \dots\dots\dots [20]$$

กรณี $c = 0$ ข้อคำถามข้อที่ i จะมีความแม่นยำมากที่สุดที่จุด b_i บนสเกลความสามารถสรุปแล้วทั้ง $\theta_{\max}$ และ $I_i(\theta)$ เป็นองค์ประกอบเบื้องต้นที่จำเป็นต่อการคัดเลือกข้อคำถามแบบออฟติมอล (Optimal Selection)

จากความสัมพันธ์ระหว่าง π และ θ สามารถกำหนดลักษณะเฉพาะแบบทดสอบได้ เพราะโดยข้อเท็จจริงแล้ว π ก็คือ คะแนนคาดหวังของการตอบข้อคำถามทุกข้อจากโมเดล คำนวณจากสมการที่ 21 ดังนี้

$$\pi = 1/n [\sum_{i=1}^n E(U_i|\theta)] \quad \dots\dots\dots [21]$$

และสมการ (21) เมื่อแทนด้วยกลุ่มตัวอย่างข้อคำถาม สามารถประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่าง π และ θ ดังนี้

$$\pi = 1 / m \left[\sum_{i=1}^m P_i(\theta) \right] \dots\dots\dots [22]$$

เมื่อ

m หมายถึง จำนวนข้อคำถามที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

โดยปกติคะแนนจุดตัดกำหนดบนสเกลโดเมน หรือ π scale (π_0) ซึ่งสามารถแปลงค่าเป็น 0 ได้ โดยใช้สมการที่ (22)

ปัญหาการคัดเลือกข้อคำถาม คือ มีข้อคำถามจำนวนน้อยมากที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งในเรื่องนี้ วิลค็อกซ์ (Wilcox, 1976) แก้ปัญหาด้วยการกำหนดบริเวณที่ไม่มีความแตกต่างกันบนสเกลโดเมน (π_l ถึง π_u) ซึ่งภายในบริเวณนี้กำหนดให้เป็นความน่าจะเป็นสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการจำแนก นั่นคือ ความน่าจะเป็นที่จะอยู่ในกลุ่มรอบรู้ทั้งๆที่ไม่รอบรู้ ณ จุด π_l แทนด้วย P_l หรือความน่าจะเป็นที่จะอยู่ในกลุ่มไม่รอบรู้ทั้งๆที่รอบรู้ ณ จุด π_u แทนด้วย P_u โดยมี C_x เป็นจุดตัดคะแนน วิธีที่วิลค็อกซ์เสนอ จำเป็นต้องกำหนดค่าผิดพลาดสูงสุดที่ยอมรับได้ของ P_l และ P_u ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ P^* จากนั้นคำนวณความยาวของแบบทดสอบโดยใช้สูตร

$$P_m = \max (P_l, P_u) < P^* \dots\dots\dots [23]$$

Hambleton and de Gruijter (1983) ได้ศึกษาคุณประโยชน์ของการคัดเลือกข้อคำถามพบว่า ในการจำแนกกลุ่มผู้สอบออกเป็นกลุ่มรอบรู้-ไม่รอบรู้นั้น วิธีคัดเลือกแบบออฟติมอลสามารถใช้ได้ดีกับแบบทดสอบที่มีจำนวนข้อไม่มากนัก

การคัดเลือกแบบออฟติมอล ทำให้ข้อคำถามที่ถูกเลือกมีอำนาจในการจำแนกผู้สอบสูงสุดใกล้เคียงบริเวณคะแนนจุดตัด และการคัดเลือกจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อข้อคำถามมีลักษณะหลากหลาย อยู่ในคลังข้อสอบ

การคัดเลือกแบบออฟติมอล มีขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

1. เตรียมคลังข้อสอบ โดยสร้างข้อคำถามที่มีความเที่ยงตรงและคลังข้อสอบมีขนาดใหญ่พอสมควร

2. ประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อคำถาม โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมาก

3. พิจารณาความเหมาะสมระหว่างโมเดลกับข้อมูลการตอบของผู้สอบ ถ้ามีความเหมาะสมน้อยควรยุติการดำเนินงาน

4. พิจารณากำหนดคะแนนจุดตัด (π_0) และบริเวณที่ไม่มีความแตกต่าง (π_1, π_u)

5. แปลงค่า π_1, π_0 และ π_u เป็น θ_1, θ_0 และ θ_u ตามลำดับ โดยใช้ สมการที่ (22)

6. กำหนดค่า P^*

7. ดำเนินการคัดเลือกข้อคำถามเพื่อให้ได้ค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับ θ_0 โดยใช้ สมการ(21)

8. แปลงค่า θ_1, θ_0 และ θ_u เป็น π_1, π_0 และ π_u ตามลำดับ ใช้ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเลือกข้อคำถาม คำนวณค่า P_1, P_u และ P_m ณ จุดตัดคะแนนและพิจารณาจำนวนเต็มที่เข้าใกล้ $\sum P_i(\theta_0)$ มากที่สุด ณ จุดตัดคะแนน

9. ถ้า $P_m > P^*$ ดำเนินการเลือกข้อคำถามข้อต่อไปที่สารสนเทศสูงสุด ณ θ_0 จากนั้นทำซ้ำในขั้นที่ 8 ถ้า $P_m < P^*$ ให้ยุติการคัดเลือก ซึ่งจะทำให้ได้แบบทดสอบที่มีลักษณะเฉพาะตามที่ต้องการ

อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะสร้างแบบทดสอบประเภทใดและใช้ทฤษฎีการวัดใด ประเด็นที่ควรพิจารณาสำหรับผู้สร้างแบบทดสอบ คือ

(1) ผู้สร้างแบบทดสอบจะกำหนดเลือกข้อคำถามเอง หรือสามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเลือก

(2) ลักษณะของข้อคำถามอะไรที่ต้องกำหนด เพื่อดึงข้อคำถามออกมารวมเป็นแบบทดสอบ เช่น รูปแบบข้อคำถาม ค่าความยากที่ต้องการ

(3) การจัดข้อคำถามเข้าแบบทดสอบ จะสุ่มวางหรือจัดวางตำแหน่งของข้อคำถามและตัวเลือกอย่างไร

(4) การจัดพิมพ์ข้อคำถามที่เลือกมาสร้างแบบทดสอบ จะดำเนินการอย่างไร

การประยุกต์ทฤษฎีการตอบข้อคำถามเพื่อสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติ

การสร้างแบบทดสอบตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม มีเป้าหมายที่สำคัญ คือ เพื่อให้แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นสูงสุด (Armstrong, Jones and Wu.1992) ความเชื่อมั่นในที่นี้หมายถึง กำลังสองของค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการสังเกตและคะแนนจริง (P^2_{xt}) โดยจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับความแปรปรวนร่วมของข้อคำถามทุกข้อ (Gulliksen.1950; Lord and Novick.1968) ถ้าแบบทดสอบมีค่าความแปรปรวนร่วมสูง แสดงว่าข้อคำถามวัดในสิ่งเดียวกันหรือมีความเป็นเอกพันธ์ ซึ่งจะทำให้แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นสูงไปด้วย ดังนั้นการคัดเลือกข้อคำถามที่มีคุณภาพตามทฤษฎีนี้จึงพิจารณาเนื้อหาและคุณลักษณะประจำข้อคำถาม คือ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ซึ่งผู้สร้างแบบทดสอบต้องการข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกสูง และค่าความยากง่ายอยู่ในระดับที่พอเหมาะ

อย่างไรก็ตามค่าคุณลักษณะประจำข้อคำถาม จะแปรผันไปตามระดับความสามารถของกลุ่มผู้สอบ ดังนั้นการคัดเลือกข้อคำถามจะประสบผลสำเร็จหรือไม่ ขึ้นกับกลุ่มผู้สอบที่ใช้ในการประมาณค่าข้อคำถามกับกลุ่มที่เราสนใจจะวัด มีลักษณะคล้ายคลึงกันมากน้อยเพียงใด ซึ่งในทางปฏิบัตินี้เป็นสิ่งที่ยากมาก โดยเฉพาะกรณีสร้างแบบทดสอบจากคลังข้อสอบ เพราะค่าคุณลักษณะประจำข้อคำถามมาจากกลุ่มประชากรย่อยที่หลากหลาย เมื่อสุ่มข้อคำถามมาใช้แต่ละครั้ง มักเกิดปัญหาความไม่เท่าเทียมกันของแบบทดสอบ ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบความสามารถกลุ่มผู้สอบที่ใช้แบบทดสอบต่างฉบับกันได้ นอกจากนี้ยังไม่สามารถสร้างข้อคำถามจากคลังข้อสอบได้เหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบ

จากความแปรผันของค่าประจำข้อคำถาม เป็นเหตุให้ไม่สามารถเลือกข้อคำถามได้เหมาะสมกับคุณลักษณะเฉพาะผู้สอบ อันส่งผลถึงความแม่นยำหรือความเชื่อมั่นในการวัด นั้นแสดงว่าถ้าพึงข้อคำถามแต่ละข้อไม่สามารถบ่งบอกถึงความเชื่อมั่นหรือความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของแบบทดสอบได้ ดังนั้นการสร้างแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ดูจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ (Powerful Method) สูงกว่า ทั้งนี้โดยอาศัยฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม (Theunissen.1985; van der Linden and Boekkooi-Timminga.1989; Adema and van der Linden.1989) ทำให้เลือกข้อคำถามได้เหมาะสมกับขอบเขตของความสามารถของผู้สอบ

1. หลักการสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

การพัฒนาแบบทดสอบ มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยา(Psychological Trait) ดังนั้นสเกลที่สร้างควรตั้งอยู่บนพื้นฐานของเกณฑ์ภายในมากกว่าเกณฑ์ภายนอก ซึ่งทฤษฎีการตอบข้อคำถามก็ตอบสนองเจตนารมณ์ในจุดนี้ นั่นคือจะใช้ฟังก์ชันสารสนเทศประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามและพารามิเตอร์ผู้สอบภายใต้โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้

โดยทั่วไปการสร้างแบบทดสอบมีขั้นตอนคล้ายคลึงกันดังได้กล่าวมาแล้ว แต่สิ่งที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างการสร้างโดยใช้ทฤษฎีการตอบข้อคำถามและทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม คือ ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อคำถาม การออกแบบและคัดเลือกข้อคำถามเพื่อรวมเป็นแบบทดสอบ และการพิจารณาคุณภาพแบบทดสอบ

สำหรับทฤษฎีการตอบข้อคำถาม การออกแบบและคัดเลือกข้อคำถามเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง นับตั้งแต่เบิร์นบอม (Birnbaum, 1968) เสนอแนะวิธีสร้างแบบทดสอบบนพื้นฐานทฤษฎีการตอบข้อคำถาม โดยอาศัยแนวคิดเรื่องฟังก์ชันสารสนเทศเป้าหมาย ต่อมาในปี ค.ศ. 1974 คัสลาส (Douglas, 1974) ได้เสนอแนวคิดในการออกแบบแบบทดสอบซึ่งเป็นการกำหนดลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบขึ้นจากโค้งลักษณะเฉพาะแบบทดสอบ(Item Characteristic Curve) ที่มีส่วนสูง ความกว้างและจำนวนของข้อคำถาม แล้วใช้ราศีขโมเดลมาวิเคราะห์ มโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องนี้ได้มีส่วนพัฒนาประสิทธิภาพและกลวิธีในการออกแบบแบบทดสอบที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของกลุ่มตัวอย่างได้ใกล้เคียงที่สุด

ในปี ค.ศ. 1977 ลอร์ด (Lord, 1977, 1980) ได้เสนอการคัดเลือกข้อคำถามและ สร้างแบบทดสอบโดยพิจารณาค่าพารามิเตอร์ข้อคำถาม คำนวณค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามแต่ละข้อ แล้วนำมาหาผลรวมเป็นค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ จากนั้นพิจารณารูปแบบของโค้งเป้าหมายที่ตั้งไว้กับความสัมพันธ์ของข้อคำถามแต่ละข้อที่บรรจุลงในแบบทดสอบว่ามีความสัมพันธ์กับโค้งเป้าหมายเพียงใด ซึ่งเป็นการออกแบบแบบทดสอบเพื่อใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ สำหรับขั้นตอนการสร้างมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย (Target Test Information Function)

2) คัดเลือกข้อคำถามจากคลังข้อสอบโดยพิจารณาฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม มาใส่ไว้จนเต็มพื้นที่ภายใต้ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย

3) เมื่อคัดเลือกและเพิ่มข้อคำถามเข้ามาแต่ละข้อ จะต้องคำนวณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ

4) ดำเนินการคัดเลือกข้อคำถาม จนกระทั่งได้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเหมาะสม สอดคล้องกับฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย .

ต่อมา ไรท์ และสโตน (Wright and Stone, 1979) ได้เสนอแนวคิดในการออกแบบแบบทดสอบไว้ในหนังสือ Best Test Design มีสาระสำคัญคือ การออกแบบแบบทดสอบที่ดีที่สุดจะต้องพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ หลายประการ เช่น รูปร่างของแบบทดสอบ คุณลักษณะของการออกแบบทดสอบ คุณลักษณะของเป้าหมายที่คาดหวัง และคุณลักษณะคลังข้อสอบ เป็นต้น และที่สำคัญคือความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) มีค่าน้อยที่สุด หลักสำคัญของการออกแบบแบบทดสอบ คือ การทำให้แบบทดสอบและเป้าหมายที่คาดหวังมีลักษณะใกล้เคียงกันมากที่สุด นั่นคือ เส้นโค้งคุณลักษณะของแบบทดสอบมีความสูง ณ จุดกึ่งกลางของเป้าหมาย พิสัยมีความพอเพียงครอบคลุมการกระจายเป้าหมาย แล้วเพิ่มความยาวแบบทดสอบขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ค่าความแม่นยำตามที่ต้องการ เพื่อจะได้แบบทดสอบที่ดีที่สุด การออกแบบแบบทดสอบมีขั้นตอน ดังนี้

1) ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับค่า M โดยกำหนดให้ $H = M$

2) ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับ S โดยใช้กฎอย่างง่ายคือ $W = 4S$

3) กรณีต้องการทราบ SE เรากำหนด $L = C/SE^2$ เมื่อ $C = 6S$

4) จากนั้นใช้ H, W และ L ดำเนินการออกแบบจัดชุดข้อคำถาม O_i โดยใช้สูตร

$$O_i = H - (W/2) [(L-2i+1)/L] \quad \text{เมื่อ } i=1, L \dots\dots\dots [24]$$

เมื่อ H หมายถึง ความยากเฉลี่ยของแบบทดสอบ

W หมายถึง พิสัยความยากของข้อคำถาม

L หมายถึง จำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ

ในทางปฏิบัติการออกแบบทดสอบจะใช้ (h, w, l) แทน (H, W, L) โดยที่ h หมายถึง ความยากเฉลี่ย และ w หมายถึง พิสัยค่าความยากของแบบทดสอบ

5) คัดเลือกข้อคำถาม d_i จากคลังข้อสอบ โดยพิจารณาค่าความต่างระหว่าง d_i และ O_i ซึ่งข้อที่มีผลต่างน้อยที่สุด ถือว่าเป็นค่าที่เหมาะสม

6) คำนวณค่าความยากเฉลี่ยจากสูตร $h = \sum d_i / L = d$ และพิสัยความยาก

แบบทดสอบจากสูตร

$$w = [(d_L + d_{L-1} - d_2 - d_1)/2][L/(L-2)]$$

7) นำชุดข้อคำถาม d_i มาจัดทำแบบทดสอบ ซึ่งจะได้แบบทดสอบที่ดีที่สุด

อย่างไรก็ตาม ในระยะแรกๆ การสร้างแบบทดสอบตามแนวทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ไม่มีผลในทางปฏิบัติเท่าที่ควร เนื่องจากวิธีการดังกล่าวตั้งอยู่บนข้อสมมติของการคัดเลือกข้อคำถามด้วยมือซึ่งการหาคำตอบ(แบบทดสอบ)ที่ดีที่สุดเป็นไปได้ยาก ทำให้นักพัฒนาแบบทดสอบส่วนใหญ่ยังนิยมใช้ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมเหมือนที่เคยปฏิบัติมา (van der Linden and Boekkooi-Timminga.1989; Boekkooi-Timminga.1990) จนกระทั่งสิบกว่าปีมานี้ นักวัดผลการศึกษาได้บูรณาการทฤษฎีการตอบข้อคำถาม วิธีโปรแกรมทางคณิตศาสตร์(Mathematical Programming) วิธีวิจัยดำเนินการ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ มาช่วยในการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ เทียนนิสเซน (Theunissen.1985) เป็นคนแรกที่น่าเสนอโปรแกรมเชิงเส้นแบบ Binary Programming หรือ 0-1 KP สำหรับสร้างแบบทดสอบโดยอาศัยแนวคิดของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ นอกจากนี้ยังมีบุคคลอื่นเสนอวิธีการที่มีแนวคิดเหมือนกัน เช่น โบคคูอิ ทิมมินกา (Boekkooi-Timminga.1986.1990) โบคคูอิ ทิมมินกาและแวน เดอร์ ลินเดน (Boekkooi-Timminga and van der Linden.1987) เทียนนิสเซนและเวอร์สตราเลน(Theunissen and Verstralen. 1986) สแวนสันและสตอคกิง (Swanson and Stocking. 1993) เป็นต้น แบบทดสอบที่ได้จากการสร้างด้วยวิธีดังกล่าวเรียกว่า "แบบทดสอบออฟติมอล" (Optimal Test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ให้สารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถหนึ่งๆ มีจำนวนข้อคำถามน้อยที่สุด และมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการของผู้ออกแบบทดสอบมากที่สุดภายใต้ข้อบังคับ(Constraints) เกี่ยวกับคุณสมบัติของข้อคำถาม สำหรับโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการคัดเลือกข้อคำถามตามกรอบทฤษฎีการตอบข้อคำถาม พอสรุปได้ดังตาราง 6

ตาราง 6 ฟังก์ชันเป้าหมายสำหรับคัดเลือกข้อคำถามเพื่อสร้างแบบทดสอบออฟติมอล

ที่	ฟังก์ชันเป้าหมาย	โมเดลทางคณิตศาสตร์
1	แบบทดสอบที่มีจำนวนข้อน้อยที่สุด Minimization of Test Length (Theunissen.1985)	$\min \sum_{i=1}^I x_i$
2	สารสนเทศแบบทดสอบมีค่ามากที่สุด Maximization of Test Information	$\max \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I I_i(\theta_k) x_i$

ตาราง 6 (ต่อ)

ที่	ฟังก์ชันเป้าหมาย	โมเดลทางคณิตศาสตร์
3	ผลรวมของการเบี่ยงเบนเชิงบวกจากเป้าหมาย มีค่าน้อยที่สุด Minimization of Sum of Positive Deviations From the Target (Boekkooi-Timminga.1986)	$\min \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K I_i(\theta_k) x_i$
4	ผลรวมของการเบี่ยงเบนสัมบูรณ์จากเป้าหมาย มีค่าน้อยที่สุด Minimization of Sum of Absolute Deviations From the Target	$\min \sum_{k=1}^K y_k + u_k$ ภายใต้ข้อจำกัด $\sum_{i=1}^I I_i(\theta_k) x_i - y_k + u_k = I(\theta_k)$ $k = 1, \dots, K$ $y_k, u_k > 0$
5	การเบี่ยงเบนเชิงบวกที่มากที่สุดจากเป้าหมาย ณ ทุกตำแหน่ง มีค่าน้อยที่สุด Minimization of the Largest Positive Deviation From the Target Where the Target is Met at All Points (van der Linden.1987)	$\min y$ ภายใต้ข้อจำกัด $\sum_{i=1}^I I_i(\theta_k) x_i - y < I(\theta_k)$ $k = 1, \dots, K$ $y > 0$
6	การดำเนินการสอบโดยใช้เวลาน้อยที่สุด Minimization of Administration Time (Boekkooi-Timminga and van der Linden.1987)	$\min \sum_{i=1}^I t_i x_i$
7	การสอบโดยใช้ข้อคำถามข้อใดข้อหนึ่งมีความถี่ น้อยที่สุด Minimization of Frequencies of Item Administrations (Boekkooi-Timminga and van der Linden.1987)	$\min \sum_{i=1}^I f_i x_i$

จากตาราง 6 ทุกฟังก์ชันเป้าหมายยกเว้นฟังก์ชันที่ 4 จะมีข้อสมมติว่า

$$\sum_{i=1}^I I_i(\theta_k) x_i > I(\theta_k), \quad k=1, \dots, K$$

2. การออกแบบเพื่อสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติ

กระบวนการคัดเลือกข้อคำถามตามทฤษฎีการตอบข้อคำถามมีรูปแบบควบคุมแน่นอน(Direct Fashion)กว่าทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม นั่นคือ ผู้สร้างแบบทดสอบจะเริ่มจากการกำหนดโครงสร้างสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายหรือฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย จากนั้นเลือกข้อคำถามที่มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถ ณ ระดับความสามารถที่ต้องการวัด ตัวอย่างเช่น จะสร้างแบบทดสอบที่มีลักษณะจุดยอดแหลม (Peaked Test) และมีค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถ 0 (θ_0) ดังนั้นต้องคำนวณค่าสารสนเทศข้อคำถามทุกข้อตามวิธีการที่กำหนด ณ ระดับ θ_0 ซึ่งจะได้ข้อคำถามที่มีพิสัยค่าสารสนเทศสูงที่สุดจนถึงต่ำที่สุด แล้วเลือกข้อคำถามที่มีค่าสารสนเทศสูงสุดเท่ากับจำนวนที่กำหนดไว้

วิธีคัดเลือกข้อคำถามแบบอัตโนมัติตั้งอยู่บนพื้นฐานของการใช้ฟังก์ชันสารสนเทศเป้าหมายซึ่งนำเสนอโดยนักวัดผลหลายท่าน และวิธีการต่างๆเหล่านี้เป็นการสร้างแบบทดสอบจากมุมมองโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปใช้ 0-1 Linear Programming (Boekkooi-Timminga, 1990) การสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติให้มีคุณภาพและมีลักษณะสอดคล้องกับความต้องการ เป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ ถ้าไม่เช่นนั้นแล้วแบบทดสอบที่สร้างขึ้นอาจมีคุณค่าไม่แตกต่างไปจากการสร้างตามวิธีดั้งเดิมเช่นที่เคยปฏิบัติมา ดังนั้นองค์ประกอบที่สำคัญซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของแบบทดสอบ คือ การกำหนดลักษณะฟังก์ชันเป้าหมาย และโมเดลหรือวิธีการคัดเลือกข้อคำถาม ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

2.1 การกำหนดลักษณะฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ในการวัดคุณลักษณะของบุคคลต้องวางแผนก่อนว่ากลุ่มเหล่านั้นมีลักษณะอย่างไร ทั้งนี้เพื่อจะได้สร้างเครื่องมือให้สอดคล้อง เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด ดังนั้นในขั้นแรกจะต้องประมาณว่า ตัวแปรที่จะวัดอยู่ ณ ตำแหน่งใด ซึ่งการประมาณค่านี้ไม่แน่นอน และโดยข้อเท็จจริงเกี่ยวกับคุณลักษณะเป้าหมายที่จะวัดนี้คงไม่มีใครทราบมาก่อน ด้วยเหตุนี้การกำหนดมักจะมาจากแนวคิดใดแนวคิดหนึ่ง

การกำหนดคุณลักษณะเป้าหมาย (Target Specification) เป็นข้อความที่บ่งบอกว่า ตัวแปรที่จะวัดมีเป้าหมายอยู่ตรงที่จุดใดซึ่งเป็นเพียงการสันนิษฐานที่ดีที่สุดเท่านั้น โดยจะ ประกอบด้วย จุดศูนย์กลาง การกระจาย และรูปร่างหรือลักษณะการแจกแจง เช่น เมื่อจะอธิบาย เป้าหมายของ G สามารถเขียนเป็นนิพจน์ได้ดังนี้ (Wright and Stone, 1979)

$$G(M, S, D) \dots\dots\dots [25]$$

เมื่อ

G คือ คุณลักษณะเป้าหมายที่คาดหวัง

M คือ ตำแหน่งที่ตั้งของคุณลักษณะเป้าหมายที่คาดหวัง (Target Location)

S คือ การกระจายของคุณลักษณะเป้าหมายที่คาดหวัง (Target Dispersion)

D คือ ลักษณะการแจกแจงของคุณลักษณะเป้าหมายที่คาดหวัง (Target Distribution)

ซึ่งจากนิพจน์นี้ เราสามารถกำหนดคุณลักษณะเป้าหมายใดๆที่เราต้องการวัดได้

Target Distribution ที่สำคัญและนับว่าครอบคลุมคุณลักษณะเป้าหมาย มี 2 ชนิด คือ Interval Target และ Normal Target เมื่อกำหนดคุณลักษณะเป้าหมายคาดหวังที่เป็นกลุ่มโดยปกติจะมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมักจะกำหนดเป้าหมายแบบ Normal Target แต่ในบางครั้งอาจต้องเดาค่า S และ D ที่เหมาะสมกับกลุ่มนั้นๆ แล้วเลือกใช้แบบ Interval Target อย่างไรก็ตาม ในทุกเป้าหมายจะต้องให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด มีค่าน้อยกว่าค่า S

แบบทดสอบที่ดี (Best Test) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดสิ่งที่ต้องการวัดภายในขอบเขตที่กำหนดได้แม่นยำที่สุด (Most Precisely) การออกแบบแบบทดสอบที่ดีที่สุด คือ เมื่อกำหนดความยาวของแบบทดสอบให้ สามารถคัดเลือกข้อคำถามให้อยู่ในขอบเขตของคุณลักษณะเป้าหมาย และต้องทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดมีค่าน้อยที่สุด หรือในทางกลับกันเมื่อกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด แบบทดสอบที่ได้จะต้องมีจำนวนข้อคำถามน้อยที่สุด ด้วยเหตุนี้การออกแบบทดสอบจะต้องกำหนด Target Distribution เป็นอันดับแรก จากนั้นจึงจะสามารถคำนวณค่า SE ได้ (SE^2 มีค่าเท่ากับ $1/I\{\theta\}$) ดังนั้นเมื่อ $I\{\theta, u\}$ มีค่าสูงสุด จะทำให้การวัดความสามารถแม่นยำที่สุด อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำในการวัดไม่ได้ขึ้นกับลักษณะการแจกแจงของคุณลักษณะเป้าหมายเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นกับรูปร่างของแบบทดสอบหรือลักษณะการแจกแจงค่าความยากของแบบทดสอบ (Shape of Test or Distribution of Test Item Difficulties) ถ้าเราต้องการวัดเป้าหมายที่มีลักษณะ Normal Target รูปร่างของแบบ

ทดสอบที่จะให้ค่าความแม่นยำหรือค่าสารสนเทศมากที่สุดก็ควรจะมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติเช่นกัน (Birnbaum, 1968)

แบบทดสอบรูปร่าง Normal Test ดูเหมือนจะเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปอย่างแพร่หลาย และที่สำคัญคือ ข้อคำถามส่วนใหญ่มักจะรวมกลุ่มกันอยู่ตรงกลางแล้วขยายไปยังปลายสุด ซึ่งลักษณะเช่นนี้ขัดต่อหลักเกณฑ์ของเครื่องมือที่เป็นมาตรฐาน ดังนั้นแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นไปตามกฎเกณฑ์มาตรฐานของเครื่องมือน่าจะมีลักษณะการแจกแจงเป็น Uniform Test เนื่องจากข้อคำถามจะกระจายตั้งแต่ยากที่สุดจนถึงง่ายที่สุด (Birnbaum, 1968)

จากการศึกษาของ ไรท์ และดักลาส (Wright and Douglas, 1975a) พบว่าแบบทดสอบ Normal Test เหมาะสำหรับเป้าหมายที่มีลักษณะ Normal Target ส่วนแบบทดสอบ Uniform Test เหมาะสำหรับเป้าหมายที่มีลักษณะ Interval Target และเมื่อนำแบบทดสอบทั้งสองมาเปรียบเทียบบนลักษณะ Normal Target แล้วปรากฏว่า ค่าความแม่นยำการวัดแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย นั่นแสดงว่าแบบทดสอบที่มีรูปร่าง Uniform Test เหมาะสำหรับการวัดในทุกๆ เป้าหมาย สำหรับพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายควรจะแบนราบพอสมควร ทั้งนี้เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถบนสเกลความสามารถทั้งหมด สำหรับแบบทดสอบอิงเกณฑ์ลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายและจุดยอดโค้งสารสนเทศ ควรจะอยู่ใกล้กับจุดตัดคะแนนบนสเกลความสามารถ

อนึ่ง การจำแนกขอบเขตความสามารถนับว่าเป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน เพราะปกติแล้วระดับความสามารถจะมีลักษณะต่อเนื่องบนสเกลความสามารถ ถ้าหากจำแนกได้เหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบจะทำให้ชุดข้อคำถามที่คัดเลือกมานั้นมีค่าสารสนเทศสูงสุด (Maximize Test Information) ภายในขอบเขตความสามารถที่ต้องการวัด อันส่งผลให้การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบมีความแม่นยำมากที่สุด ตัวอย่างเช่น การสร้างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบทดสอบก่อนเรียน ควรประกอบด้วยข้อคำถามที่ง่ายๆ ในขณะที่แบบทดสอบหลังเรียนจะมีข้อคำถามที่ยากมากกว่า เมื่อนำแบบทดสอบไปใช้จะทำให้สามารถทราบระดับความสามารถของผู้สอบว่าก่อนเรียนกับหลังเรียน มีระดับความสามารถเพิ่มขึ้นหรือไม่ เพียงใด แม้ว่าจะใช้ข้อคำถามต่างข้อต่างฉบับกัน แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น แบบทดสอบเหล่านั้นต้องวัดในสิ่งเดียวกัน

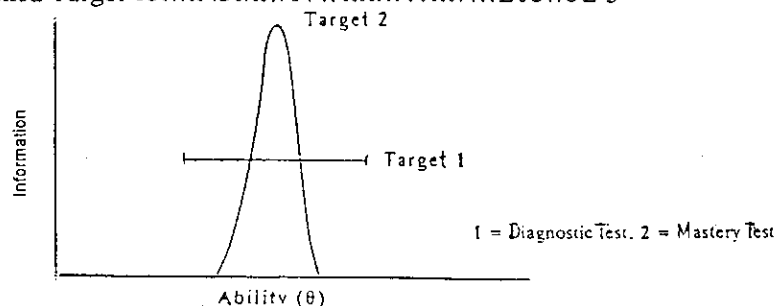
จากการศึกษาของ เบเกอร์ โคเฮน และบาร์มิช (Baker, Cohen and Barmish, 1988) เกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบที่วัดกับกลุ่มผู้สอบโดยทั่วไป ซึ่งได้กำหนดสารสนเทศแบบ

ทดสอบเป้าหมายดังนี้ พิสัยความสามารถ-3 ถึง 3 ($-3 < \theta < 3$) สารสนเทศแบบทดสอบเท่ากับ 16 ลักษณะการแจกแจงความสามารถเป็นแบบปกติ โด่งแสดงสารสนเทศเป็นแบบยูนิฟอร์ม ช่วงความสามารถแบ่งเป็น 11 ระดับ ขนาดคลังข้อสอบ 500 ข้อ วิเคราะห์โดยใช้ราส์ชโมเดล ผลปรากฏว่า ความยาวแบบทดสอบต่ำที่สุดเท่ากับ 193 ข้อ สารสนเทศเป้าหมายแบบยูนิฟอร์มและแบบขอดแหลมให้ผลคล้ายคลึงกัน

ซามิโงมา (Samejima.1994) ศึกษาค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการวัดความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถ พบว่า ความแม่นยำในการวัดจะมีความสัมพันธ์กันระหว่างพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบกับจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ นั่นคือ ถ้ากำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถกว้าง คือมากกว่า 3 คลังข้อสอบจะต้องมีจำนวนข้อคำถามมากกว่า 2,000 ข้อ จึงจะมีความเหมาะสมและพอเพียง ถ้า $-2.6 > \theta < 2.6$, $-2.2 > \theta < 2.2$ และ $-1.8 > \theta < 1.8$ จะต้องมีข้อคำถามประมาณ 300, 100 และ 50 ข้อ ตามลำดับ และช่วงพิสัยที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง -2 ถึง 2

นอกจากนี้ เดอร์ กริวเตอร์ (de Gruijter.1990) ทำการวิจัยและพบว่า ในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม การออกแบบทดสอบที่มีลักษณะ Peaked Test จะให้สารสนเทศสูงสำหรับความสามารถที่มีพิสัยกว้างมากๆ ความแม่นยำของแบบทดสอบจะมากที่สุดเมื่อตรงยอดแหลมของสารสนเทศสอดคล้องตรงกันกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร

แวน เดอร์ ลินเดน (van der Linden.1994) กล่าวถึง การออกแบบแบบทดสอบว่า ถ้าจะสร้างแบบทดสอบเพื่อวินิจฉัย (Diagnostic Test) ควรกำหนดลักษณะสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายแบบยูนิฟอร์ม แต่ถ้าต้องการความแม่นยำสำหรับความสามารถ ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งหรือเพื่อจำแนกผู้สอบเป็นกลุ่มรอบรู้-ไม่รอบรู้ ควรกำหนดลักษณะสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายแบบ Peaked Target จะเหมาะสมกว่า ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 การออกแบบฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายของแบบทดสอบ

อัตโนวัติ กรณีแบบทดสอบวินิจฉัย และแบบทดสอบวัดความรอบรู้ (Mastery Test)

2.2 โมเดลและวิธีการคัดเลือกข้อคำถาม การสร้างแบบทดสอบต้องคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าสารสนเทศใกล้เคียงกับสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การที่จะได้ข้อคำถามดังกล่าวและมีจำนวนข้อน้อยที่สุดขึ้นกับองค์ประกอบหลายอย่างโดยเฉพาะวิธีการคัดเลือกข้อคำถาม (Birnbbaum.1968;de Gruijter.1990) จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาให้ข้อสรุปที่สอดคล้องกัน คือ วิธีการคัดเลือกข้อคำถามแบบออฟติมอล (Optimal Item Selection) เป็นวิธีซึ่งทำให้ได้แบบทดสอบมีค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถตามต้องการ อันส่งผลให้แบบทดสอบมีความแม่นยำในการวัด ตลอดจนมีอัตราส่วนความคลาดเคลื่อนในการจำแนกผู้สอบน้อยกว่าการคัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มเกือบสองเท่า (Cook and Hambleton. 1978b; citing Hambleton and Swaminathan.1985; de Gruijter and Hambleton.1983; van der Linden and Bockkooi-Timminga.1989)

ปัญหาที่มักพบโดยทั่วไปในการใช้ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายและการคัดเลือกข้อคำถามคือ ถ้ามีการใช้เพียงค่าสถิติอย่างเดียวกัดเลือกข้อคำถาม จะก่อให้เกิดความไม่มั่นใจในเรื่องความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา แต่ก็สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้เนื้อหาและค่าสถิติกำหนดเป็นตัวแปรสำหรับคัดเลือกข้อคำถาม แล้วนำเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Techniques) มาคัดเลือกข้อคำถาม ก็จะทำให้ได้แบบทดสอบที่ตรงตามความต้องการ (van der Linden and Bockkooi-Timminga.1989) สำหรับวิธีการคัดเลือกข้อคำถามแบบออฟติมอลที่สำคัญและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติ มีดังนี้

1) การคัดเลือกข้อคำถามวิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) นับตั้งแต่เบิร์นบาวม (Birnbbaum.1968) ได้กล่าวถึงการคัดเลือกข้อคำถามแบบออฟติมอล ในกรอบงานของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ซึ่งวิธีการคัดเลือกข้อคำถามดังกล่าว ส่งผลให้ได้แบบทดสอบที่มีสารสนเทศสูงสุด ณ ระดับความสามารถที่ต้องการ

การคัดเลือกข้อคำถามวิธี Linear Programming เป็นเทคนิคหนึ่งที่ต้องการสร้างแบบทดสอบให้เป็นไปอย่างอัตโนมัติและมีคุณสมบัติสอดคล้องกับฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายมากที่สุด รวมทั้งมีข้อดกลงเบื้องต้นว่า ในการประมาณค่าต่างๆ มีความผิดพลาดบ้างเพียงเล็กน้อย

วิธี Linear Programming ผู้สร้างแบบทดสอบกำหนดฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ณ ระดับความสามารถต่างๆบนสเกลความสามารถจำนวน m จุด $[I(\theta_k)$ เมื่อ $k=1,...,m]$ ฟังก์ชันที่ให้ค่าต่ำสุด คือ

$$n = \sum_{i=1}^N x_i \dots\dots\dots [26]$$

เมื่อ N หมายถึง จำนวนข้อคำถามในคลังข้อสอบ $x_i=1$ ถ้าข้อคำถามได้รับการคัดเลือก และ $x_i = 0$ เมื่อข้อคำถามไม่ได้รับการคัดเลือก ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^N I_i(\theta) x_i > I(\theta_k) \quad \text{เมื่อ} \quad k = 1, 2, \dots, m$$

เมื่อ $I_i(\theta_k)$ คือ สารสนเทศข้อคำถามที่ระดับความสามารถ θ_k

$I(\theta_k)$ คือ ระดับความแม่นยำที่ต้องการ

จากการศึกษาของ เบเกอร์ โคเฮนและบาร์มิช (Baker, Cohen and Barmish .1988) เกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบด้วยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Linear Programming เพื่อวัดขอบเขตความสามารถกว้างๆ ได้แสดงสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายแบบยูนิฟอร์ม แบ่งช่วงความสามารถเป็น 11 ระดับ ขนาดคลังข้อสอบ 500 ข้อ วิเคราะห์โดยใช้ราส์โมเดล พบว่าความยาวแบบทดสอบต่ำที่สุดเท่ากับ 193 ข้อ นอกจากนี้ยังพบว่า การคัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธี Linear Programming และ Binary Programming ต่างก็พยายามที่จะคัดเลือกข้อคำถามให้ครอบคลุมได้แสดงสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายมากที่สุด และเมื่อจำนวนข้อคำถามในคลังข้อสอบเพิ่มขึ้น ค่าความยากจะมีพอเพียง ส่งผลให้ข้อคำถามที่ถูกคัดเลือกมีจำนวนลดลง นั่นคือ เมื่อคลังข้อสอบมีจำนวนข้อคำถามพอเพียง จะช่วยให้แบบทดสอบมีความยาวลดลงในระดับหนึ่ง ตลอดจนลักษณะการแจกแจงค่าความยากของข้อคำถามมีความเกี่ยวข้องกับความยาวของแบบทดสอบ

วิธี Linear Programming ไม่เพียงแต่มีประโยชน์เฉพาะการคัดเลือกข้อคำถามเท่านั้น ยังสามารถใช้กับขั้นตอนอื่นๆ ของการพัฒนาแบบทดสอบ เช่น ใช้ในการสำรวจรูปแบบคลัง

ข้อสอบที่ให้คุณค่าสูงสุด นั่นคือ ถ้าคลังข้อสอบมีลักษณะการแจกแจงเป็นวิวิธพันธ์ จะมีความพอเพียงมากที่สุดในการนำไปประยุกต์ใช้

2) การคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming การสร้างแบบทดสอบตามวิธีที่ลอร์ด (Lord.1980)เสนอแนะมักจะประสบปัญหาการคัดเลือกข้อคำถาม สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และเสียเวลามากเมื่อจำนวนข้อคำถามที่ต้องการเกี่ยวพันกับตัวแปรมากมายในบริบทของคลังข้อสอบ นับว่ายุ่งยากและเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาแบบทดสอบ ดังนั้นนักวิจัยจึงคิดค้นหาวิธีการสร้างแบบทดสอบภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดแสดงสารสนเทศเป้าหมายให้ได้จำนวนข้อคำถามน้อยที่สุดและเป็นตัวแทนโดเมนย่อยๆ ของข้อคำถามที่อยู่ในคลังข้อสอบ การสร้างแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม แทนที่จะเลือกข้อคำถามมาเติมเต็มในส่วนพื้นที่ได้แสดงสารสนเทศเป้าหมายตามที่ ลอร์ด เสนอแนะไว้นั้น ก็เปลี่ยนมาเป็นเติมเต็มลงบนเส้นโค้งสารสนเทศเป้าหมาย (Filling up Knapsacks) และใช้วิธีแก้ปัญหาแบบโปรแกรมเชิงเส้นคัดเลือกข้อคำถาม

จากแนวคิดนี้ เทียนนิสเซน ได้เสนอวิธีคัดเลือกข้อคำถามแบบใหม่เรียกว่า Knapsack Problems หรือ KP และโมเดลมาตรฐานทางคณิตศาสตร์ เรียกว่า 0-1 KP ดังนี้

$$\text{หาค่าสูงสุด} \quad \sum_{i=1}^n P_i X_i \quad \dots\dots\dots [27]$$

$$\text{ภายใต้ข้อจำกัด} \quad \sum_{i=1}^n w_i x_i \leq v$$

$$\text{และ } X_i = 0 \text{ หรือ } 1, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

หรือ

$$\text{หาค่าต่ำสุด} \quad \sum_{i=1}^n w_i X_i \quad \dots\dots\dots [28]$$

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i \geq P$$

และ $x_i = 0$ หรือ 1 , $i = 1, 2, \dots, n$

โดยที่

x_i หมายถึง ตัวแปรตัดสินใจหรือข้อคำถามข้อที่ i (Decision Variable)

p_i หมายถึง ค่าตอบแทนที่ได้จากการตัดสินใจ (Profits)

w_i หมายถึง ทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินงานหรือน้ำหนัก (Weights)

V หมายถึง ทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อใช้ในการดำเนินงาน

P หมายถึง ผลรวมกำไรทั้งหมด

จากสมการที่ (27)-(28) ถ้า $x_i > 0$ โมเดลนี้จะเป็นโมเดลมาตรฐานของโปรแกรมเชิงเส้น (General Linear Programming) ถ้า $x_i > 0$ และเป็นเลขจำนวนเต็ม โมเดลนี้จะเรียกว่าโมเดลโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming)

โมเดลโปรแกรมเชิงเส้นไบนารี ต้องการหาค่าของตัวแปรตัดสินใจต่างๆ ว่าควรจะมีค่าเป็นเท่าไรจึงจะทำให้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าสูงสุด โดยที่ตัวแปรตัดสินใจเหล่านี้จะต้องสอดคล้องกับตัวแปรข้อจำกัด การใช้ทรัพยากรต้องไม่เกินปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ นอกจากนี้ p_i , w_i และ V เป็นค่าพารามิเตอร์เชิงบวกและทราบค่าอยู่แล้ว

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

1. สร้างแบบทดสอบจากคลังข้อสอบตามโค้งแสดงลักษณะสารสนเทศที่เป็นข้อกำหนด (Specified) ณ ความสามารถเพียงหนึ่งจุด โดยให้มีจำนวนข้อน้อยที่สุด
2. สร้างแบบทดสอบจำนวน m ชุดตามวิธีที่กล่าวในข้อ 1. โดยข้อคำถามหนึ่งๆ จะปรากฏในแบบทดสอบเพียงชุดใดชุดหนึ่งเท่านั้น
3. สร้างแบบทดสอบจากคลังข้อสอบตามโค้งแสดงลักษณะสารสนเทศที่เป็นข้อกำหนด (Specified) ณ ความสามารถใดๆ โดยให้มีจำนวนข้อน้อยที่สุด

ในทางปฏิบัติ จำนวนข้อคำถามในคลังข้อสอบ ควรมีจำนวนมากกว่าจำนวนระดับความสามารถที่กำหนดเป็นฟังก์ชันเป้าหมาย เนื่องจากระบบการแก้สมการจะได้คำตอบที่ไม่มีที่

สิ้นสุด(Infinity) ฉะนั้นจะต้องมีคำตอบที่ดีที่สุด(Optimum Solution) อย่างน้อยหนึ่งคำตอบ

จากที่กล่าวมาทำให้เกิดข้อคำถามว่า ฟังก์ชันสารสนเทศที่เป็นข้อกำหนดต้องมีระดับความสามารถเฉพาะอะไรบ้าง ซึ่งเรื่องนี้คงเกี่ยวข้องกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบ ไม่อาจสรุปเป็นกฎเกณฑ์ทั่วๆ ไปได้ สมมติว่าสนใจที่จะวัดระดับความสามารถจุดใดจุดหนึ่งที่แน่นอนแล้ว ก็คัดเลือกข้อคำถามที่มีลักษณะสอดคล้องกับเป้าหมายมาเติมเต็มได้ไ้คงภายในขอบเขตความสามารถ อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการวัดความสามารถให้ครอบคลุมระดับความสามารถทั้งหมด จะต้องมียข้อสมมุติกฎเกณฑ์ เงื่อนไขที่แน่นอน ซึ่งจำนวนระดับความสามารถน้อยๆ จุดดูเหมือนจะมีความพอเพียง(Bock and Aitkin.1981;Thissen and Steinberg.1986)

3) การคัดเลือกข้อคำถามวิธีแมกซิมิน (Maximin Model) จากแนวคิดเรื่อง Zero-One Linear Programming ได้มีนักวัดผลเสนอโมเดลและวิธีสร้างแบบทดสอบโดยใช้คุณสมบัติของฟังก์ชันสารสนเทศ เช่น เทียนนิสเซน(Theunissen.1985) โบคคูอิ ทิมมิงกา(Bockkooi-Timminga.1987) แวน เดอร์ ลินเดน และโบคคูอิ ทิมมิงกา (van de Linden and Bockkooi-Timminga 1989) เทียนนิสเซนและเวอร์สตราเลน (Theunissen and Verstralen 1986) เป็นต้น โมเดลเหล่านี้มีข้อสมมติว่า ผู้สร้างแบบทดสอบสามารถกำหนดฟังก์ชันสารสนเทศเป้าหมายได้อย่างแม่นยำบนตำแหน่งความสามารถต่างๆ

วิธีการ A Maximin Model

การกำหนดตำแหน่งฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายที่ชัดเจนและครอบคลุมพิสัยความสามารถแบบ Zero-One Programming ก่อให้เกิดปัญหา เช่น ไม่มีคำตอบในบางเงื่อนไข ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวโดยกำหนดในลักษณะเชิงสัมพัทธ์(Relative) เหตุผลคือ ฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามมีลักษณะต่อเนื่อง ดังนั้นผลรวมของตำแหน่งที่ระบุไว้ ณ จุดใดจุดหนึ่งไม่มีความแตกต่างจากตำแหน่งใกล้เคียงมากนัก สำหรับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ ประกอบด้วย การพิจารณารูปลักษณะข้อคำถามที่มีอยู่ในคลังข้อสอบ เช่น เนื้อหา ค่าพารามิเตอร์ประจำข้อและอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเลือกตำแหน่งความสามารถได้เหมาะสม จากนั้นเลือกตำแหน่งต่างๆบนสเกลความสามารถที่ต้องการอย่างอิสระตั้งแต่ θ_1 ถึง θ_k กำหนดจำนวนตำแหน่งความสามารถต่างๆคงที่ เช่น 60 ตำแหน่ง แล้วพิจารณาลักษณะการแจกแจงบนสเกลความสามารถว่ามีลักษณะสัมพันธ์กับสารสนเทศที่ต้องการหรือไม่ ขั้นสุดท้ายตัดสินใจเลือกจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ

โมเดล

แนวคิดการคัดเลือกซื้อคำถามคือ สารสนเทศแบบทดสอบมีค่ามากที่สุด ขณะเดียวกันรูปร่างฟังก์ชันสารสนเทศยังมีลักษณะสอดคล้องกับความต้องการ ให้ r_k แทนจำนวน Chips ที่ผู้สร้างแบบทดสอบใส่ลงไป ณ ตำแหน่ง θ_k (เมื่อ $k=1,...,K$) ฟังก์ชันสารสนเทศเป้าหมายเชิงสัมพัทธ์ หมายถึง คุณลักษณะของชุดขอบเขตที่ต่ำกว่า ($r_{1y},...,r_{Ky}$) ซึ่งเป็นตัวแปรหุ่น(Dummy Variable) ที่มีค่ามากที่สุดภายในขอบเขตข้อบังคับ นั่นคือความยาวแบบทดสอบ K จะเท่ากับค่า n ที่กำหนดโดยผู้สร้างแบบทดสอบ x_i (เมื่อ $i=1,...,I$) คือตัวแปรตัดสินใจที่จะเลือกซื้อคำถามข้อ i บรรจุลงในแบบทดสอบซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 หรือ 0 ดังนั้นสามารถเขียนในรูปสมการ ดังนี้

maximize y [29]

ภายใต้ข้อจำกัด

$$\sum_{i=1}^I I_i(\theta_k)x_i - r_{ky} > 0 \quad , k = 1,...,K$$

$$\sum_{i=1}^I x_i = n,$$

$$x_i \in \{0,1\}, \quad i = 1,...,I$$
$$y > 0.$$

เมื่อ

- y หมายถึง ตัวแปรตัดสินใจที่เพิ่มเข้าไป จนได้ค่าสารสนเทศสูงสุด
- $I_i(\theta_k)$ หมายถึง ฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามข้อที่ i ณ ระดับความสามารถ θ_k
- r_k หมายถึง สารสนเทศเชิงสัมพัทธ์ที่ต้องการ ณ ระดับความสามารถ θ_k
- r_{ky} หมายถึง ชุดขีดจำกัดล่างของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ณ ระดับความสามารถที่กำหนด

จุดเด่นของโมเดลนี้มีสองประการ คือ ประการแรกเป็นวิธีที่ง่ายในการกำหนดฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายซึ่งไม่เหมือนวิธีอื่นๆ ประการที่สองโมเดลพื้นฐานมีคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) สำหรับความยาวของแบบทดสอบ $n < I$ ซึ่งวิธีอื่นๆ นั้นแบบทดสอบจะมีความยาวมากและการกำหนดฟังก์ชันเป้าหมายมีลักษณะสัมบูรณ์

4) การคัดเลือกข้อคำถามวิธีอิงฐานกลุ่ม (Cluster Based Method) วิธีคัดเลือกข้อคำถามแบบอัตโนมัติ ที่เสนอโดย เทียนนิสเซน(Theunissen.1985) โบคคูอิ ทิมมินกา(Bockkooi-Timminga.1987) แวน เดอร์ ลินเดน และโบคคูอิ ทิมมินกา (van de Linden and Boekkooi-Timminga. 1989) และอดิมา (Adema.1990) เป็นการสร้างแบบทดสอบจากมุมมองโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ภายใต้แนวคิดของ Linear Programming ซึ่งปัญหาที่มักเกิดขึ้นคือ คอมพิวเตอร์ใช้เวลานานในการเลือกข้อคำถามที่ดีที่สุด ดังนั้น โบคคูอิ ทิมมินกา จึงเสนอวิธี Cluster Based Method ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของ Integer Programming และวิเคราะห์ข้อคำถามด้วยราศีโมเดล โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้เวลาน้อยในการสร้างแบบทดสอบ เหมาะสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และใช้ในโรงเรียน

ข้อดกลงเบื้องต้นของวิธี Cluster Based Method คือ ข้อคำถามที่อยู่ในคลังข้อสอบกลุ่มเดียวกันมีฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามเท่าเทียมกัน จากข้อดกลงเบื้องต้นนี้ทำให้ลดจำนวนตัวแปรตัดสินใจที่ใช้ในโมเดลการเลือกข้อคำถาม อย่างไรก็ตามการตั้งข้อดกลงเช่นนี้อาจทำให้ความแม่นยำในการวัดลดลง

การจัดกลุ่มข้อคำถาม

ราศีโมเดลสามารถจัดกลุ่มข้อคำถามด้วยวิธีง่ายๆ คือ บนสเกลความสามารถแบ่งสเกลออกเป็นช่วงๆ (Interval) ดังนั้นข้อคำถามที่มีความยากอยู่ในช่วงเดียวกันถือว่าเป็นกลุ่มเดียวกัน แต่ทั้งนี้ต้องตั้งข้อสมมติว่า สเกลความสามารถที่แบ่งเป็นส่วนๆ นี้มีพิสัยแน่นอน และข้อคำถามภายในกลุ่มไม่กระเด็นออกไกลจากกลุ่มจนเกินไป ค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามทุกข้อในกลุ่มมีค่าเท่ากันซึ่งคำนวณจากค่าความยากเฉลี่ย

ความกว้างของช่วงอันตรภาคชั้น

ถ้าเป็นไปได้คลังข้อสอบควรจะประกอบด้วยกลุ่มข้อคำถามไม่มากนัก และแต่ละกลุ่มบรรจุข้อคำถามไว้เป็นจำนวนมาก เหมาะสมกับกลุ่มมากที่สุด ทุกข้อสามารถสับเปลี่ยนและใช้แทนกันได้ การพิจารณากำหนดความกว้างของกลุ่ม ควรให้มีความแตกต่างกันมากที่สุดระหว่าง

ค่าสารสนเทศข้อคำถามที่อยู่ต่างกลุ่มกัน เช่น ถ้ากำหนดความกว้างเป็น 0.5, 0.4, 0.3, 0.25, 0.2, 0.1 และ 0.05 ค่าความแตกต่างสูงสุดจะเท่ากับ 6%, 3.88%, 2.2%, 1.56%, 1%, 0.24% และ 0.08% ตามลำดับ

ความเหมาะสมของความกว้างขึ้นกับจำนวนข้อคำถามภายในคลังข้อสอบและการกระจายค่าพารามิเตอร์ความยาก อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงแล้วการกำหนดความกว้างเป็นความต้องการของผู้สร้างแบบทดสอบโดยตรง ซึ่งเป็นผู้ตัดสินใจว่าจะสามารถยอมรับความไม่แม่นยำของการวัดได้มากน้อยเพียงใด

วิธี Cluster Based Method มี 3 ขั้นตอน คือ

1. พิจารณาพื้นฐานฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย
2. เพิ่มเงื่อนไขต่างๆ ในคุณลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบ
3. คัดเลือกข้อคำถามจากกลุ่ม

5) การคัดเลือกข้อคำถามด้วยโมเดลการเบี่ยงเบนน้ำหนัก (Weighted Deviations Model) การพัฒนาวิธีการคัดเลือกข้อคำถามโดยอาศัยหลักการของโปรแกรมเชิงเส้น นับว่าประสบความสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ แต่ยังมีปัญหาเมื่อคลังข้อสอบมีขนาดใหญ่หลายๆ และจำนวนตัวแปรข้อจำกัดที่ใช้คัดเลือกข้อคำถามหลายตัว ดังนั้น สเวนสันและสตอคกิง (Swanson and Stocking, 1993) จึงพัฒนาโมเดลและวิธีการเพื่อให้สามารถคัดเลือกข้อคำถามกรณีที่มีจำนวนตัวแปรข้อจำกัดหลายๆ ตัวเรียกว่า Weighted Deviations Model และวิธีการ Heuristic Algorithm กรอบแนวคิด

การสร้างแบบทดสอบตามวิธีการแก้ปัญหาแบบออฟติมอล (Optimization Problem) ต้องเลือกข้อคำถามที่ทำให้แบบทดสอบฉบับนั้นๆ มีคุณลักษณะตรงตามความต้องการมากที่สุด ภายใต้ข้อตัวแปรบังคับเกี่ยวกับคุณสมบัติของข้อคำถาม วิธีแก้ปัญหาแบบออฟติมอล บางครั้งเรียกว่า Binary Optimization Problem ทั้งนี้เนื่องจากการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ตามกระบวนการด้วย 1 และ 0 การแก้ปัญหาประกอบด้วยการกำหนดฟังก์ชันเป้าหมาย ในลักษณะหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดซึ่งสอดคล้องกับข้อจำกัดเชิงเส้นต่างๆ

อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติอาจมีปัญหา เช่น ความไม่ประหยัด ข้อจำกัดเชิงเส้นบางอย่างอาจเป็นสิ่งที่ยากหรือเป็นไปไม่ได้ คลังข้อสอบอาจไม่มีคุณค่าพอที่จะตอบสนองได้ทุกเงื่อนไขพร้อมๆ กัน และเมื่อข้อจำกัดต่างๆ มีจำนวนมาก ความซับซ้อนต่างๆ ในการหา

คำตอบก็ยังยากมากขึ้นเป็นลำดับ

โมเดล

โมเดลนี้เสนอขึ้นเนื่องจากโมเดลอื่นๆที่กล่าวมาข้างต้นไม่อาจแก้ปัญหาได้ ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นวิธีการที่จะค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ภายใต้เงื่อนไขที่มีอยู่แม้ว่าคลังข้อสอบไม่อาจสนับสนุนการสร้างแบบทดสอบได้ก็ตาม ทั้งนี้โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญด้านแบบทดสอบทำการจัดชุดข้อคำถามเพื่อให้ได้แบบทดสอบที่ดีที่สุดภายใต้สภาพแวดล้อมนั้นๆ กล่าวคือผู้สร้างแบบทดสอบจะพิจารณาคุณลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแบบทดสอบเป้าหมายมากที่สุดมากกว่าการใช้ข้อจำกัดที่เข้มงวดทางคณิตศาสตร์เหมือนกับการคัดเลือกข้อคำถามวิธีอื่นๆ และพยายามให้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีลักษณะเบี่ยงเบนไปจากฟังก์ชันเป้าหมายน้อยที่สุด ขณะเดียวกันผู้เชี่ยวชาญสามารถกำหนดน้ำหนักคุณสมบัติแต่ละอย่างที่จะสะท้อนให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องกับส่วนอื่นๆในแบบทดสอบได้อย่างน่าพอใจ สรุปแล้วโมเดลนี้พยายามสนองความพอใจเกี่ยวกับคุณสมบัติฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย โดยให้เกิดความล้มเหลวน้อยที่สุดในกรณีที่ไม่สามารถสร้างแบบทดสอบโดยใช้กฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ที่เข้มงวดได้ ขณะเดียวกันก็พยายามควบคุมคุณภาพแบบทดสอบด้วยการกำหนดน้ำหนักให้แก่แต่ละคุณลักษณะ

2.3 ความแม่นยำของแบบทดสอบ

การสร้างและพัฒนาเครื่องมือทุกชนิด มีเป้าหมายเดียวกัน คือ ความมีคุณภาพ เทียบตรง และวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ การพัฒนาแบบทดสอบก็เช่นกัน เป็นสิ่งที่ยังต้องพิถีพิถันเป็นพิเศษ เนื่องจากเป็นเครื่องมือวัดทางจิตภาพ สำหรับดัชนีที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของแบบทดสอบ ได้แก่ ความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability)

ความเที่ยงตรง หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ถูกต้องครบถ้วน ตรงตามจุดมุ่งหมายของผู้สร้างแบบทดสอบ ซึ่งจำแนกเป็น 3 ชนิด คือ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ (Criterion Related Validity) และความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหานับเป็นสิ่งสำคัญ เพราะเกี่ยวข้องกับความเป็นตัวแทนที่แท้จริงของเนื้อหาวิชาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ดังนั้นแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา คือ แบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยใช้ตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือแผนผังพิมพ์เขียวแบบทดสอบ

สำหรับความเชื่อมั่น เป็นความสามารถของแบบทดสอบในการสอบวัดให้คะแนนแก่บุคคลต่างๆ ได้คงที่ ความเชื่อมั่นตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม พิจารณาเกี่ยวกับความเป็นคู่ขนานของแบบทดสอบและความคงที่ภายในของแบบทดสอบ ซึ่งเป็นค่าความเชื่อมั่นเฉพาะกลุ่ม มีประโยชน์ค่อนข้างน้อย จากค่าความเชื่อมั่นที่เป็นของกลุ่ม เมื่อนำไปใช้ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนนักเรียนเป็นรายบุคคล จึงดูเหมือนว่าไม่สมเหตุผลกับข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมที่ว่า คะแนนความคลาดเคลื่อนของผู้สอบไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนจริงที่ได้จากแบบทดสอบ ซึ่งในเรื่องนี้ เซมิจิม่า(Samejima.1977)ให้ความเห็นว่า ความเชื่อมั่นเป็นมโนทัศน์ที่ตาย(Dead Concept) ในทฤษฎีการวัด ตั้งแต่ผู้สอบแต่ละคนมีคะแนนจริง/คะแนนความคลาดเคลื่อนแตกต่างไปจากกลุ่ม รวมทั้งมีข้อจำกัดต่อการสรุปอ้างอิง ในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม จะกล่าวถึงความเชื่อมั่นและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในรูปของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ โดยใช้ค่าดังกล่าววัดความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของแบบทดสอบ ทั้งนี้เนื่องจากมีเหตุผลสำคัญ คือ รูปร่างของข้อคำถามทั้งหลาย รวมกันเข้าเป็นแบบทดสอบ และจะประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของผู้สอบทุกๆ ระดับความสามารถ ฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม มีจุดเด่นที่นับว่ามีความสำคัญยิ่งในการพัฒนาแบบทดสอบ คือค่าสารสนเทศในแต่ละข้อมีความเป็นอิสระ แม้จะอยู่ในแบบทดสอบฉบับเดียวกันก็ตาม ดังนั้นการใช้ฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม ทำให้นักพัฒนาแบบทดสอบผลิตแบบทดสอบที่มีลักษณะเฉพาะและความแม่นยำในการวัด แต่นั่นหมายความว่า ต้องมีคลังข้อคำถามที่มีคุณภาพ และมีขนาดใหญ่เพียงพอต่อความต้องการ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการค้นคว้าเอกสาร รายงานการวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการออกแบบและการคัดเลือกข้อคำถามเพื่อสร้างแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบข้อคำถามพบว่า ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นผลงานวิจัยในต่างประเทศ รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1. งานวิจัยในต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

คุกและแฮมเบิลตัน (Cook and Hambleton. 1978b; citing Hambleton and Swaminathan.1985) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกข้อคำถามโดยอาศัยคุณสมบัติของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ 5 วิธี คือ วิธีการสุ่ม วิธีมาตรฐานดั้งเดิมโดยกำหนดค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30-0.70 ค่าอำนาจจำแนก 0.53-0.70 วิธีพิจารณาค่าความยากง่ายระดับปานกลาง

หรือค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถ 0 (θ_0) วิธีพิจารณาค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถ -1, 0 และ 1 สลับกันไป และวิธีหาค่าสารสนเทศสูงสุด การคัดเลือกข้อคำถามแต่ละวิธีใช้คลังข้อสอบเดียวกันขนาด 200 ข้อค่าสถิติข้อคำถามวิเคราะห์ด้วยโมเดลโลจิสติกชนิด 3 พารามิเตอร์ กำหนดความยาวแบบทดสอบ 30 ข้อ และกลุ่มผู้สอบเป้าหมายมีระดับความสามารถ -2, -1, 0, 1 และ 2 ผลจากการศึกษาพบว่า การคัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธีการสุ่มจะให้ค่าสารสนเทศต่ำที่สุด และวิธีพิจารณาค่าสารสนเทศสูงสุดให้ค่าสารสนเทศอยู่ในระดับที่น่าพอใจเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือก ปรากฏว่าวิธีการสุ่มและวิธีพิจารณาค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถ -1, 0, 1 มีข้อคำถามที่ผ่านการคัดเลือกตรงกันน้อยที่สุดจำนวน 4 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 13.3 ในขณะที่วิธีพิจารณาค่าสารสนเทศสูงสุดและวิธีพิจารณาค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถ -1, 0, 1 มีข้อคำถามที่ผ่านการคัดเลือกตรงกันมากที่สุด จำนวน 19 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 63.3 นอกจากนี้ยังศึกษาเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกข้อคำถามให้เหมาะกับลักษณะโค้งเป้าหมายในสถานการณ์การสอบ 2 ลักษณะ คือ การสอบคัดเลือกบุคคลเข้ารับรางวัลหรือทุนการศึกษา และ การสอบเพื่อจำแนกผู้สอบตามระดับความสามารถ 3 ระดับ กรณีที่ 1 การสอบเพื่อคัดเลือก ขั้นตอนแรกเป็นการกำหนดฟังก์ชันเป้าหมาย ซึ่งจะพิจารณาที่ระดับความสามารถ -2, -1, 0, 1, 2 โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานกับฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ทำให้สามารถกำหนดปริมาณสารสนเทศที่ต้องการในแต่ละระดับความสามารถ จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธีการ 4 วิธี คือ 1)วิธีการสุ่ม 2)วิธีมาตรฐานดั้งเดิม 3)วิธีพิจารณาค่าความยากง่าย ระดับสูงหรือค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถเท่ากับ 1 4)วิธีพิจารณาค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถเท่ากับ 2 ก่อน แล้วขยับเลื่อนลงมาที่ระดับความสามารถ 1, 0, -1 และ -2 ตามลำดับ จากนั้นก็วกกลับไปที่ระดับความสามารถ 2, 1, 0, -1, -2 ทำเช่นนี้สลับกันไปจนกว่าจะได้ค่าสารสนเทศสูงสุด สำหรับเกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามนั้น สองวิธีแรกกำหนดค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.35 ขึ้นไป และความยาวของแบบทดสอบกำหนดตามวิธีที่ให้ผลดีที่สุดที่สองวิธีหลัง ส่วนวิธีที่ 3 และวิธีที่ 4 ใช้คุณสมบัติของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ผลการศึกษาพบว่า การคัดเลือกข้อคำถามที่ใช้ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ทำให้ได้แบบทดสอบที่มีลักษณะใกล้เคียงกับโค้งสารสนเทศเป้าหมาย โดยวิธีที่สามใช้จำนวนข้อสอบน้อยกว่าวิธีที่สี่ประมาณ 6 ข้อ แต่มีข้อน่าสังเกตว่าวิธีที่สี่ให้ค่าสารสนเทศสูงสุดครอบคลุมพิสัยความสามารถมากกว่าวิธีที่สาม กรณีที่ 2 การสอบเพื่อจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มตามระดับความสามารถ ในกรณีนี้

ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบมีจุดยอด 2 แห่ง(Bimodal) ดังนั้นค่าสารสนเทศสูงสุดจึงต้องมี 2 จุดบนสเกลความสามารถ คือที่ระดับความสามารถ -1 และ 1 สำหรับการคัดเลือกข้อคำถามมี 3 วิธี คือ วิธีการสุ่ม วิธีมาตรฐานดั้งเดิม และวิธีพิจารณาค่าความยากสูง-ต่ำ โดยสองวิธีแรกมีลักษณะการดำเนินงานเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในกรณีทีหนึ่ง แต่แตกต่างกันตรงที่เกณฑ์คัดเลือกข้อคำถาม ซึ่งกำหนดค่าอำนาจมากกว่า 0.40 ขึ้นไป ค่าความยากง่ายแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ จำนวน 18 ข้อแรกกำหนดค่าความยากง่ายระหว่าง 0.70-0.90 และอีก 18 ข้อหลังมีค่าระหว่าง 0.20-0.40 ผลการศึกษาพบว่า การคัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธีการสุ่มได้แบบทดสอบที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะโค้งเป้าหมาย และไม่มีวิธีใดที่ทำให้ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบมีลักษณะเหมือนกันกับฟังก์ชันเป้าหมาย อย่างไรก็ตาม วิธีพิจารณาค่าความยากสูง-ต่ำที่อาศัยคุณสมบัติของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ นับเป็นวิธีที่ทำให้ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบและฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย มีลักษณะใกล้เคียงกันมากกว่าวิธีอื่นๆ มากที่สุด

โบคคูอิ-ทิมมินกา (Bockkooi-Timminga.1986) ศึกษาอัลกอริทึมสำหรับสร้างแบบทดสอบคู่ขนานโดยใช้โปรแกรม 0-1 Linear Programming ซึ่งมีทั้งหมด 9 วิธีแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่สร้างแบบทดสอบตามลำดับ(Sequential Test Design) และกลุ่มที่สร้างแบบทดสอบพร้อมกัน(Simultaneous Test Design) โดยทุกวิธีอาศัยคุณสมบัติของฟังก์ชันสารสนเทศและหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยเทคนิคโปรแกรม 0-1 Linear Programming ผลการวิจัยพบว่า วิธีที่ 8 ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานวิธีของโบคคูอิ-ทิมมินกา มีความเหมาะสมมากที่สุดและควรมีการศึกษาต่อไป

เบเกอร์ โคเฮนและบาร์มิช (Baker, Cohen and Barmish .1988) ศึกษาการคัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธี Linear Programming เพื่อสร้างแบบทดสอบที่วัดขอบเขตความสามารถกว้างๆ โดยกำหนดสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ดังนี้ ขอบเขตความสามารถอยู่ระหว่าง -3 ถึง 3 ($-3 < \theta < 3$) สารสนเทศแบบทดสอบเท่ากับ 16 ลักษณะการแจกแจงความสามารถเป็นแบบปกติ โค้งแสดงสารสนเทศแบบทดสอบเป็นแบบยูนิฟอร์ม แบ่งช่วงความสามารถเป็น 11 ระดับ ขนาดคลังข้อสอบ 500 ข้อ วิเคราะห์ข้อคำถามโดยใช้ราซัสโมเดล ผลการศึกษาพบว่า ความยาวแบบทดสอบที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 193 ข้อ ลักษณะสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายแบบยูนิฟอร์มและแบบยอดแหลม(Peaked Target)ให้ผลคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อจำนวนข้อคำถามในคลังข้อสอบเพิ่มขึ้นและค่าความยากมีความพอเพียง ส่งผลให้ข้อคำถามที่ถูกคัดเลือกมีจำนวนลดลง นั่นคือ เมื่อจำนวนข้อคำถามมีคุณค่าและพอเพียง จะช่วยให้สามารถลดความยาวของแบบทดสอบลง

อดิมา (Adema.1989) เสนอกลยุทธ์การสร้างแบบทดสอบจากคลังข้อสอบที่วิเคราะห์ตาม ทฤษฎีการตอบข้อคำถามด้วยวิธี The Branch and Bound Method การหาคำตอบวิธีออฟติมอล หรือการประมาณค่าแบบออฟติมอลสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบทดสอบ แต่มีข้อ เสียคือ เสียเวลาค่อนข้างมาก เพื่อให้การสร้างแบบทดสอบเป็นไปอย่างอัตโนมัติและรวดเร็วจึง เสนอวิธี The Branch and Bound Method ซึ่งพบว่าประสบผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ

โบคคูอิ ทิมมินกา (Bockkooi-Timminga. 1990) ทำการวิจัยเรื่อง โมเดลสำหรับการ สร้างแบบทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์(การสร้างแบบทดสอบโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น) ในครั้งนี้ เป็นการสร้างแบบทดสอบจากคลังข้อสอบด้วยวิธีคัดเลือกข้อคำถามแบบ 0-1 Linear Programming และ Integer Linear Programming พบว่าการสร้างแบบทดสอบด้วยวิธีดังกล่าว สามารถใช้ กับคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ไฮซ์ดอร์น (Heidorn. 1993) ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การเปรียบเทียบความแม่นยำของ คะแนนจากแบบทดสอบวัดความรู้ที่มีรูปแบบคงที่ ซึ่งสร้างโดยยุทธวิธีการคัดเลือกแบบ ออฟติมอลตามทฤษฎีการตอบข้อคำถามและยุทธวิธีการคัดเลือกแบบดั้งเดิม การศึกษานี้ใช้คลัง ข้อสอบขนาด 200 ข้อ พบว่า ยุทธวิธีการคัดเลือกแบบออฟติมอลตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ให้ความแม่นยำสูงกว่ายุทธวิธีการคัดเลือกแบบดั้งเดิม

แลม (Lam. 1993) ทำวิจัยเรื่อง การวางแผนสร้างแบบทดสอบแบบออฟติมอลภายใต้ เงื่อนไขข้อบังคับของเนื้อหาและฟังก์ชันสารสนเทศเป้าหมาย การศึกษาใช้ข้อมูลจริงมาสร้าง สถานการณ์จำลอง และคัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธี Binary Programming และวิธี Manual Heuristic แล้วเปรียบเทียบระดับสารสนเทศแบบทดสอบว่า แตกต่างจากฟังก์ชันสารสนเทศ เป้าหมายเพียงใด รวมทั้งศึกษาผลของการกำหนดความสมดุลของเนื้อหาเป็นตัวแปรบังคับใน กรณีที่เป็นแบบทดสอบแบบดั้งเดิม แบบทดสอบสองชั้นตอน และแบบทดสอบแบบแคปทีฟ ผล ปรากฏว่า เมื่อสารสนเทศเป้าหมายมีลักษณะการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม การคัดเลือกทั้งสองวิธี ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อสารสนเทศเป้าหมายมีลักษณะการ แจกแจงแบบยอคแหลม การคัดเลือกวิธี Manual Heuristic จะได้แบบทดสอบที่มีลักษณะเกิน ขอบเขตที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังพบว่า ลักษณะการแจกแจงค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามใน คลังข้อสอบมีผลต่อการคัดเลือกทั้งสองวิธี การกำหนดข้อบังคับเกี่ยวกับความสมดุลของ เนื้อหา ทำให้คะแนนจากการสอบด้วยแบบทดสอบดั้งเดิมมีขอบเขตการกระจายที่ต่ำ คะแนน ของแบบทดสอบสองชั้นตอนมีข้อจำกัด ส่วนแบบทดสอบแบบแคปทีฟการกระจายคะแนนครอบคลุม

คลุมและมีประสิทธิภาพ เหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในระบบโรงเรียน

หวัง (Wang. 1993) ทำวิจัยเรื่อง การสร้างแบบทดสอบมาตรฐานโดยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Integer Programming ในการศึกษาที่ใช้ทฤษฎีการตอบข้อคำถามและนำคุณสมบัติของฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามมาเป็นเกณฑ์ พบว่า โมเดลที่พัฒนาขึ้นให้ข้อสนเทศเกี่ยวกับข้อคำถามเป็นอย่างดี

วู (Wu.1993) ศึกษาเรื่อง การสร้างแบบทดสอบหุ่นานอัตโนมัติด้วยวิธีจับคู่ข้อคำถามระหว่างแบบทดสอบเดิมกับแบบทดสอบที่สร้างขึ้นใหม่ตามสารบบเฉพาะ (Taxonomic Specifications) ที่กำหนดขึ้น การคัดเลือกข้อคำถามใช้กระบวนการ Binary Programming Model ผลการศึกษาพบว่า วิธีการดังกล่าวมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ในการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของกระบวนการพบว่า ความเชื่อถือได้ของการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามมีผลกระทบต่อคุณภาพของแบบทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ อาร์มสตรอง โจน และวู (Armstrong, Jones and Wu.1992) ลูคซ์และฮิธซ์ (Luecht and Hirsch.1992)

ยู (Yu. 1994) ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวิธีตามลำดับ (Test Sequence Generation) ในลักษณะการสื่อสารเครือข่าย 3 วิธี คือ วิธีแรกสร้างแบบทดสอบตามลำดับขั้นในลักษณะ Unique Input/Output Method ซึ่งปรับปรุงจากวิธีเดิมที่มีอยู่แล้ว (UIOv) และไม่กำหนดความยาวแบบทดสอบน้อยที่สุดเรียกว่าวิธี UIOpv วิธีที่สอง TSP สร้างแบบทดสอบบนพื้นฐานข้อสังเกตของมัลรัฐ ซึ่งแบบทดสอบที่ได้มีลักษณะข้อคำถามร่วมบางส่วนและข้อคำถามที่เหมาะสมเฉพาะมัลรัฐ วิธีที่สามคือ MLTG มีคุณสมบัติสองประการ ได้แก่ Multiple Unique I/O Sequences และ มีบางส่วนร่วมกัน นอกจากนี้ยังกำหนดความยาวแบบทดสอบน้อยที่สุด ผลการวิจัยพบว่าวิธี UIOpv ทำให้แบบทดสอบมีความยาวสั้นกว่าวิธี UIOv วิธี TSP ใช้เวลาสร้างแบบทดสอบเร็วกว่า แต่มีจำนวนข้อคำถามมากกว่าวิธี UIOpv ส่วนวิธี MLTG แบบทดสอบที่ได้มีจำนวนน้อยข้อกว่าวิธีอื่นๆ

2. งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้อง

บัญชา (2530) ได้ศึกษาการนำรูปแบบของราชสมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโครงสร้างสารสนเทศแบบทดสอบ โดยการจัดข้อคำถามให้มีระดับความยากง่ายให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้สอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2529 จำนวน 1,429 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา

คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ฉบับๆละ 60 ข้อ เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม BICAL ในการแบ่งกลุ่มความสามารถของนักเรียน ใช้การพิจารณาช่วงของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นเกณฑ์ และแบ่งกลุ่มผู้สอบออกเป็น 3 ระดับ คือ กลุ่มที่มีความสามารถสูง ความสามารถปานกลาง และความสามารถต่ำ จากนั้นออกแบบแบบทดสอบโดยใช้คลังสารสนเทศแบบทดสอบให้เหมาะกับกลุ่มผู้สอบทั้งสามกลุ่ม กลุ่มละ 40 ข้อซึ่งจะมีข้อคำถามบางข้อที่ปรากฏในแบบทดสอบทั้งสามฉบับ นำแบบทดสอบไปสอบกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 200 คน สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ Kruskal Wallis Test ไคสแควร์ และสถิติทดสอบซี ผลการวิจัยพบว่า ในเรื่องความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถ เมื่อไม่จำแนกกลุ่มผู้สอบ แบบทดสอบทั้งสามฉบับมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อจำแนกกลุ่มผู้สอบเป็น 3 ระดับ กลุ่มที่มีความสามารถต่ำและสูง เมื่อสอบวัดด้วยแบบทดสอบทั้งสามฉบับจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และไม่มีความแตกต่างกันเมื่อสอบวัดกับกลุ่มที่มีความสามารถปานกลาง สำหรับความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เมื่อกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถต่ำ และกลุ่มความสามารถปานกลางสอบวัดด้วยแบบทดสอบที่เหมาะสมกับตนเองจะมีค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าการสอบด้วยแบบทดสอบฉบับอื่นๆ ที่ไม่เหมาะสมกับตนเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถสูงค่าความเชื่อมั่นระหว่างแบบทดสอบที่เหมาะสมกับตนเองและเหมาะสมกับกลุ่มความสามารถต่ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในกรณีทดสอบด้วยแบบทดสอบที่เหมาะสมกับกลุ่มปานกลาง

บุญทวี (2532) ศึกษาลักษณะคลังสารสนเทศแบบทดสอบ และเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่น ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของแบบทดสอบที่ออกแบบตามลักษณะคลังสารสนเทศในแบบจำลองโลจิสติกชนิดพารามิเตอร์ 3 ตัว กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวนทั้งสิ้น 3,952 คน (3,430 คนใช้ในการวิเคราะห์ อีก 522 คน ใช้ทดสอบสมมุติฐาน) แบ่งผู้สอบจำนวน 522 คน เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถสูง ความสามารถปานกลาง ความสามารถต่ำและความสามารถละกัน เครื่องมือวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง เลขยกกำลัง จำนวน 4 ฉบับๆ ละ 49 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ออกแบบให้เหมาะกับผู้สอบที่มีความสามารถสูงเมื่อนำไปสอบวัดกับกลุ่มผู้สอบต่างๆ ปรากฏว่าค่าความเชื่อมั่นของกลุ่มความสามารถสูงมีค่าสูง

กว่ากลุ่มความสามารถต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับแบบทดสอบที่เหมาะสมกับผู้สอบที่มีความสามารถปานกลางและต่ำ เมื่อนำไปสอบวัดกับกลุ่มใดๆ จะมีค่าความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ออกแบบให้เหมาะสมกับผู้สอบที่มีความสามารถต่างกัน เมื่อนำไปสอบวัดกับผู้สอบที่มีความสามารถสูงและความสามารถปานกลางจะมีค่าความเชื่อมั่นสูงกว่ากลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในเรื่องความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด พบว่า แบบทดสอบที่ออกแบบให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อนำไปสอบวัดกับผู้สอบกลุ่มต่างๆ แล้วให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่า การพัฒนาแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม จะเกี่ยวข้องกับคลังข้อสอบและวิธีการคัดเลือกข้อคำถามจากคลังข้อสอบ ซึ่งจะต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดกระทำ ซึ่งผลการศึกษาล้วนพบว่าการคัดเลือกข้อคำถามโดยวิธีการสุ่ม วิเคราะห์ความยากง่าย และวิธีแบบดั้งเดิม จะให้ค่าสารสนเทศแบบทดสอบต่ำ และไม่เหมาะสมกับการออกแบบแบบทดสอบที่ใช้คุณสมบัติของคลังสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ในขณะที่การคัดเลือกแบบทดสอบวิธีออฟติมอลในรูปแบบต่างๆ จะให้ค่าสารสนเทศแบบทดสอบสูง และทำให้แบบทดสอบที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับแบบทดสอบเป้าหมายมากที่สุด

นอกจากนี้ยังพบว่า ความเชื่อถือได้ของการประมาณค่าพารามิเตอร์มีผลกระทบต่อคุณภาพของแบบทดสอบ ลักษณะการแจกแจงของค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามในคลังข้อสอบมีผลต่อวิธีการคัดเลือก และวิธีการคัดเลือกแบบ Binary Programming ทำให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพน่าพอใจ แต่มีข้อจำกัดตรงที่การใช้เวลาในการหาคำตอบค่อนข้างมาก

สมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษาหลักการ ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบอัตโนมัติ คุณภาพของคลังข้อสอบและวิธีการคัดเลือกข้อคำถาม ส่งผลต่อคุณภาพของแบบทดสอบโดยตรง แต่ยังไม่ชัดเจนหรือข้อสรุปที่ชัดเจน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลต่อคุณภาพของแบบทดสอบอัตโนมัติที่สร้างด้วยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming ตามกรอบทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ทั้งนี้เนื่องจากมีผลงาน

วิจัยหลายเรื่องพบว่า การสร้างแบบทดสอบด้วยวิธี Binary Programming จะได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพถ้าคลังข้อสอบมีคุณค่าและพอเพียงกับความต้องการ ซึ่งจะเห็นว่าเป็นข้อูลสารสนเทศที่ไม่ชัดเจนต่อการนำไปประยุกต์ใช้นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม เช่น ลักษณะการแจกแจงของสารสนเทศเป้าหมายแบบทดสอบ, พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ และโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อคำถาม ดังนั้นผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐาน ดังนี้

1. แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบที่ใช้โมเดลวิเคราะห์ข้อคำถามต่างกัน มีจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบแตกต่างกัน
2. แบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายต่างกัน มีจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบแตกต่างกัน
3. แบบทดสอบที่มีพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบต่างกัน มีจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบแตกต่างกัน
4. แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาดต่างกัน มีจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบแตกต่างกัน
5. แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบที่ใช้โมเดลวิเคราะห์ข้อคำถามต่างกัน มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของบุคคลแตกต่างกัน
6. แบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายต่างกัน มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของบุคคลแตกต่างกัน
7. แบบทดสอบที่มีพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบต่างกัน มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของบุคคลแตกต่างกัน
8. แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาดต่างกัน มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของบุคคลต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลของแบบทดสอบอัตโนมัติที่สร้างด้วยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming เมื่อปัจจัยด้านต่างๆ เปลี่ยนไป เช่น โมเดลที่ใช้วิเคราะห์ข้อคำถาม ลักษณะรูปร่างของแบบทดสอบ พิสัยการวัดตำแหน่งความสามารถของแบบทดสอบ และขนาดคลังข้อสอบ ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

ประชากร

ประชากร เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่น 1,087 โรงเรียน จำนวน 23,026 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน(Multistage Random Sampling) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้นโดยใช้ขนาดของอำเภอเป็นเกณฑ์ สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่น ประกอบด้วยสำนักงานการประถมศึกษาอำเภอ/กิ่งอำเภอ (สปอ./ก.) 25 แห่ง แบ่งเป็นอำเภอขนาดใหญ่ 6 อำเภอ ขนาดกลาง 10 อำเภอและขนาดเล็ก 9 อำเภอ ใช้สัดส่วนการสุ่ม $\frac{1}{2}$ คิดเป็นอำเภอขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก จำนวน 3 , 5 และ 4 อำเภอ ตามลำดับ ในขั้นนี้ถือว่าอำเภอเป็นหน่วยการสุ่ม แล้วสุ่มรายชื่ออำเภอทั้ง 12 อำเภอ

ขั้นที่ 2 ในแต่ละอำเภอ ใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้นโดยใช้ขนาดโรงเรียนเป็นเกณฑ์ จาก 12 อำเภอ มีโรงเรียนทั้งสิ้น 546 โรงเรียน เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก เท่ากับ 7 , 316 และ 223 โรงเรียน ตามลำดับ ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่มตามสัดส่วนการสุ่ม $\frac{1}{2}$ จากนั้นสุ่มรายชื่อโรงเรียนโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เนื่องจากโรงเรียนส่วนใหญ่มีชั้นเรียนละหนึ่งห้องเรียน ดังนั้นจึงถือว่าโรงเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม และโรงเรียนที่ถูกสุ่มนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ทุกคนเป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 274 โรงเรียน นักเรียน 7,434 คน จากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม

โดยทั้งสามกลุ่มใช้วิธีการสุ่มให้กระจายครอบคลุมตามขนาดอำเภอ และโรงเรียน ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 1,009 คน สำหรับใช้ทดลองเครื่องมือครั้งที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ และ
ปรับปรุงข้อคำถามรายข้อตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (แบบทดสอบ 10
ฉบับๆ ละประมาณ 77 - 102 คน)

กลุ่มที่ 2 จำนวน 4,025 คน สำหรับใช้ทดลองเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือตามทฤษฎี
การตอบข้อคำถาม (แบบทดสอบ 10 ฉบับๆ ละประมาณ 400 - 416 คน)

กลุ่มที่ 3 จำนวน 2,400 คน สำหรับใช้ศึกษาผลการวิจัย (แบบทดสอบ 8 ฉบับๆ ละ
300 คน)

ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มที่ใช้ในการทดลองเพื่อพัฒนาข้อคำถาม และศึกษาผล
ของแบบทดสอบอัตโนมติ นับว่ามีความพอเพียงต่อการประมาณค่าทางสถิติ(Conrad.1948;citing
Guilford.1954; Hulin, Drasgow and Parsons.1983) รายละเอียดดังตาราง 7

ตาราง 7 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดอำเภอและโรงเรียน

สปอ./ก.		โรงเรียนขนาด ใหญ่		โรงเรียนขนาด กลาง		โรงเรียนขนาด เล็ก		รวม กลุ่มตัวอย่าง	
ชื่อ	ขนาด	ทั้งหมด	สุ่ม	ทั้งหมด	สุ่ม	ทั้งหมด	สุ่ม	โรงเรียน	นักเรียน
เมือง	ใหญ่	4	2	71	35	42	21	58	2,330
บ้านไผ่	ใหญ่	2	1	41	21	20	10	32	938
หนองเรือ	ใหญ่	0	0	41	21	25	12	33	914
พล	กลาง	0	0	33	17	27	13	30	609
บ้านฝาง	กลาง	0	0	23	11	20	10	21	492
พระยืน	กลาง	0	0	14	7	8	4	11	263
เขาสวนกวาง	กลาง	1	1	16	8	16	8	17	409
หนองสองห้อง	กลาง	0	0	32	16	38	19	35	514
บ้านแฮด	เล็ก	0	0	12	6	9	5	11	214
โคกโพธิ์ไชย	เล็ก	0	0	13	7	9	4	11	242
ชำสูง	เล็ก	0	0	10	5	4	2	7	241
หนองนาคำ	เล็ก	0	0	10	5	5	3	8	268
รวม		7	4	316	159	223	111	274	7,434

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

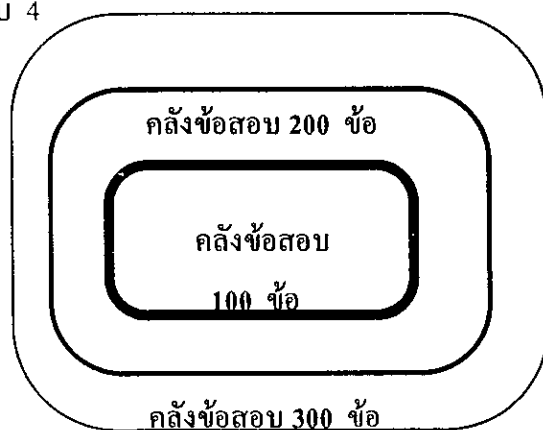
การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ ดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาแนวทางการวิจัย โดยศึกษาค้นคว้าเอกสารเกี่ยวกับหลักการ ทฤษฎี และการประยุกต์ ตลอดจนผลงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ได้กรอบแนวคิดงานวิจัยที่ชัดเจนและนำไปสู่การดำเนินงานในขั้นต่อไป

2. การดำเนินงานวิจัย ในขั้นตอนนี้ได้แบ่งงานออกเป็น 3 ระยะ คือ

2.1 การสร้างและพัฒนาคลังข้อสอบ การสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติต้องอาศัยคลังข้อสอบที่มีคุณภาพ และมีจำนวนข้อคำถามที่มากพอ จากการศึกษาผลงานวิจัยพบว่า ขนาดคลังข้อสอบมีผลต่อคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงกำหนดขนาดคลังข้อสอบเป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งมี 3 ขนาด คือ คลังข้อสอบที่มีจำนวนข้อคำถาม 100, 200 และ 300 ข้อ ตามลำดับ โดยคัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านการพัฒนาคุณภาพและปรับให้อยู่ในสเกลเดียวกัน จำนวน 397 ข้อ ดังแสดงในภาคผนวก ข ตาราง 30 สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับการพัฒนาข้อคำถามจะกล่าวไว้ในหัวข้อ “เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า” ต่อไป

การคัดเลือกข้อคำถามบรรจุในคลังข้อสอบ จะดำเนินการพิจารณาเลือกข้อคำถามที่มีค่าพารามิเตอร์เหมาะสมและกระจายครอบคลุมทุกสมรรถภาพในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยจะคัดเลือก 100 ข้อเพื่อบรรจุในคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ จากนั้นเลือกข้อคำถามเพิ่มอีก 100 ข้อเพื่อบรรจุในคลังขนาด 200 ข้อ และเลือกเพิ่มอีก 100 ข้อเพื่อบรรจุในคลังขนาด 300 ข้อ ดังแสดงในภาพประกอบ 4



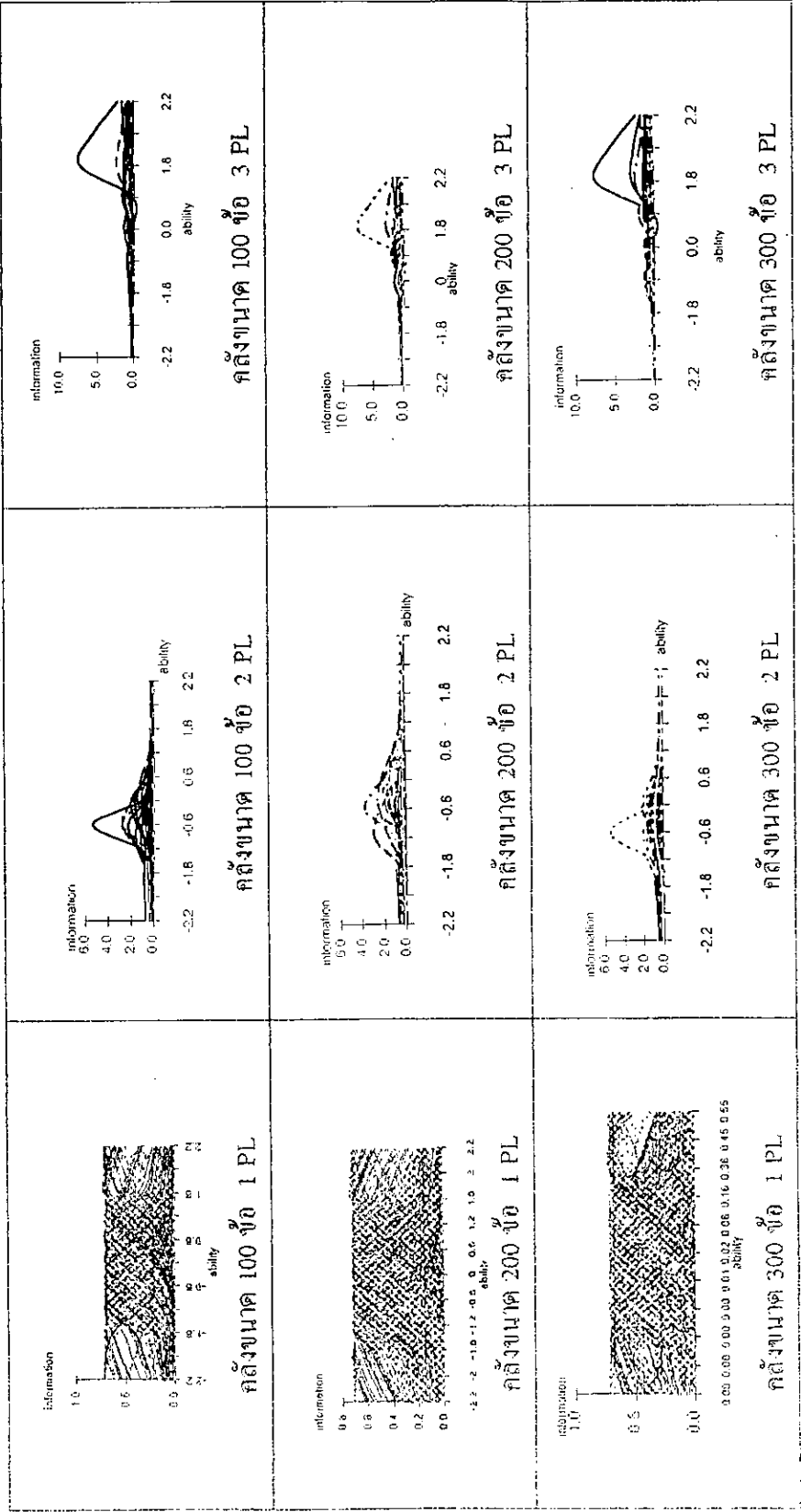
ภาพประกอบ 4 ลักษณะการบรรจุข้อคำถามไว้ในคลังข้อสอบขนาด 100 , 200 และ 300 ข้อ

สำหรับสัดส่วนจำนวนข้อแต่ละสมรรถภาพของคลังข้อสอบทั้ง 3 ขนาด แสดงในตาราง
8 ส่วนรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับคลังข้อสอบปรากฏใน ภาคผนวก ง

ตาราง 8 จำนวนข้อคำถามที่บรรจุในคลังข้อสอบทั้ง 3 ขนาด จำแนกเป็นรายสมรรถภาพ

รหัส /สมรรถภาพ	ขนาดคลังข้อสอบ		
	100 ข้อ	200 ข้อ	300 ข้อ
11 พฤติกรรมการรับประทานอาหาร	6	12	18
12 การใช้ยาสามัญประจำบ้าน	4	8	12
13 การเสริมสร้างบุคลิกภาพ	4	8	12
21 พืช	5	10	16
22 สัตว์	5	10	17
23 การสงวนรักษาสสิ่งแวดล้อม	4	8	13
24 จังหวัดของเรา	4	8	12
31 บทบาทหน้าที่ของสมาชิกในครอบครัว	4	8	14
32 การประกอบอาชีพ	5	10	17
41 ชาติไทยในปัจจุบัน	4	8	12
42 ประวัติศาสตร์สุโขทัย	4	8	13
43 ศาสนาในประเทศไทย	4	8	12
44 พระมหากษัตริย์กับสังคมไทย	4	8	12
45 พุทธศาสนา	4	8	12
51 พลังงาน ความร้อนและแสงสว่าง	9	18	21
52 เสียง	6	12	18
53 แรง	7	14	18
54 เชื้อเพลิง	7	14	21
55 จักรวาลและอวกาศ	6	12	18
61 ข่าวนและเหตุการณ์	4	8	12

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำค่าสารสนเทศข้อคำถามของคลังข้อสอบแต่ละขนาด มาเขียนกราฟ
เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจง ผลปรากฏดังภาพประกอบ 5



2.2 การสรรหาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย

1) โปรแกรมสำหรับพัฒนาแบบทดสอบ ในที่นี้ใช้ 3 โปรแกรม คือ การวิเคราะห์ข้อคำถามตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมเพื่อพิจารณาปรับปรุงตัวเลือกรายข้อโดยใช้โปรแกรม ITEM ANALYSIS : CLASSICAL TEST MODEL ของ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ โปรแกรม BILOG V 3.04 ของ SCIENTIFIC SOFTWARE, INC. (1985-1990) เพื่อวิเคราะห์ข้อคำถามตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม วิเคราะห์คะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผู้สอบ และปรับสเกลข้อคำถามทุกข้อให้อยู่ในสเกลเดียวกันด้วยโปรแกรม EQUATE COMPUTER PROGRAM V 2.0 ของ Frank B. Baker (1993)

2) โปรแกรมคัดเลือกข้อคำถาม จากการพิจารณาข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับ Binary Programming แล้ว ผู้วิจัยเลือกโปรแกรม Linear Programming Optimizer V 2.61 ของ Cornel Huth (1988 - 1993) เนื่องจากการเขียนคำสั่งวิเคราะห์เข้าใจง่าย ทำงานบนระบบปฏิบัติการของ DOS (โหมด Text) ขณะโปรแกรมปฏิบัติงานจะปรากฏเมนูบนหน้าจอ และมีระบบคำสั่งจัดสรรหน่วยความจำพิเศษในกรณีที่มีข้อมูลมีปริมาณมาก

3) โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณลักษณะความเป็นมิตติเดียวของแบบทดสอบ และทดสอบสมมุติฐานการวิจัยใช้ SPSS for Windows Release 6.1.3

4) โปรแกรมอื่นๆ เช่น การเขียนคำสั่งเพื่อเตรียมข้อมูล (ค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถต่างๆ) ให้สอดคล้องกับรูปแบบ และวิธีการของ Linear Programming Optimizer V 2.61 ใช้ TURBO C++ การเตรียมข้อมูลเบื้องต้นใช้ Q Edit เป็นต้น

2.3 การออกแบบและสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติ หลังจากดำเนินการสร้าง/พัฒนาคลังข้อสอบและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ ออกแบบและสร้างแบบทดสอบภายใต้เงื่อนไขและแบบแผนการทดลองที่กำหนด

การออกแบบแบบทดสอบ เมื่อพิจารณาแบบแผนการทดสอบในตาราง 11 พบว่า จะต้องคัดเลือกข้อคำถามจากคลังข้อสอบตามวิธี Binary Programming จำนวน 54 ครั้ง และการคัดเลือกข้อคำถามแต่ละครั้งหมายถึงการสร้างแบบทดสอบที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้สอบหนึ่งฉบับ ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

(1) คำนวณค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดไว้ 9 ระดับ คือ -2.2, -2.0, -1.8, -1.2, 0, 1.2, 1.8, 2.0 และ 2.2

ดังแสดงตัวอย่างในภาคผนวก ค

(2) นำค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามจากข้อ 1 มาจัดเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม Linear Programming Optimizer V 2.61 จำนวน 54 แฟ้มข้อมูล (*LP) การเขียนคำสั่งแต่ละแฟ้มข้อมูลใช้ Q Edit โดยกำหนดขอบเขตการวัดความสามารถของแบบทดสอบไว้ 5 ระดับ ระดับความสามารถ -1.2, 0 และ 1.2 คงที่ ส่วนอีก 2 ระดับที่อยู่ปลายสุดทั้งสองข้างจะแปรเปลี่ยนไปตามแบบแผนการทดลอง สำหรับลักษณะการแจกแจงของแบบทดสอบนั้น ถ้าเป็นการแจกแจงแบบ Peak Target กำหนดค่า $I(\theta_k)$ ในเงื่อนไขข้อจำกัดทั้ง 5 ระดับเท่ากับ 1, 4, 12, 4, 1 ส่วนการแจกแจงแบบ Uniform Target เท่ากับ 4, 4, 4, 4, 4 รายละเอียดตัวอย่างการเขียนคำสั่งการวิเคราะห์แสดงไว้ในภาคผนวก จ.

(3) นำคำสั่งที่เขียนในข้อ 2 ทั้ง 54 แฟ้ม ไปคำนวณด้วยโปรแกรม Linear Programming Optimizer V 2.61 บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทีละหนึ่งแฟ้ม

(4) การจัดชุดแบบทดสอบ โดยทั่วไป เมื่อโปรแกรมดำเนินการคัดเลือกข้อคำถามเสร็จสิ้นแล้ว ก็สามารถนำข้อคำถามที่ผ่านการคัดเลือก ($X_i = 1$ หรือชั้น Final Solution ช่อง Extended Cost = 1) ของแต่ละแฟ้มข้อมูล จัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบใช้ได้ทันที แต่เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบ ซึ่งมีแบบทดสอบมากถึง 54 ฉบับ ถ้าจัดพิมพ์แยกเป็นฉบับๆ ต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นกลุ่มตัวอย่าง ระยะเวลาการทดลอง งบประมาณ ฯลฯ กอปรกับจากผลการวิเคราะห์แบบทดสอบทั้ง 54 ฉบับ พบว่า แบบทดสอบเหล่านี้มีข้อคำถามจำนวนหนึ่งซ้ำซ้อนกันหรือร่วมกัน ดังนั้น เพื่อประหยัดทรัพยากร และควมมีประสิทธิภาพของการทดลอง ผู้วิจัยจึงรวมแบบทดสอบฉบับย่อยๆ หลายฉบับไว้ในชุดเดียวกัน โดยมีหลักการว่าแบบทดสอบที่จะนำมารวมกันนั้นจะต้องมีจำนวนข้อคำถามซ้ำซ้อนกันมากพอสมควร เมื่อรวมกันแล้วแบบทดสอบนั้นจะต้องครอบคลุมทั้ง 20 สมรรถภาพย่อย และข้อคำถามไม่เกิน 60 ข้อ ปรากฏว่า สามารถจัดรวมกลุ่มแบบทดสอบได้ 8 ฉบับ ดังแสดงในตาราง 9 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบทั้ง 8 ฉบับแล้ว พบว่า มีจำนวนข้อที่ใกล้เคียงกันคือ ระหว่าง 52 - 58 ข้อ ยกเว้นฉบับที่ 8 ซึ่งมีเพียง 33 ข้อ สำหรับรายละเอียดและเวลาที่ใช้ในการดำเนินการสอบของแบบทดสอบแต่ละฉบับ แสดงไว้ในตาราง 10

ตาราง 9 การจัดชุดแบบทดสอบ เพื่อนำไปสอบวัดกับกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะ	พิสัย	คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ			คลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ			คลังข้อสอบขนาด 300 ข้อ		
		1PL	2PL	3PL	1PL	2PL	3PL	1PL	2PL	3PL
Peak	$-2.2 \leq \theta \leq 2.2$	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 4	ฉบับที่ 7	ฉบับที่ 5	ฉบับที่ 5	ฉบับที่ 5
	$-2.0 \leq \theta \leq 2.0$	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 4	ฉบับที่ 7	ฉบับที่ 5	ฉบับที่ 5	ฉบับที่ 5
	$-1.8 \leq \theta \leq 1.8$	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 4	ฉบับที่ 7	ฉบับที่ 5	ฉบับที่ 5	ฉบับที่ 5
Uniform	$-2.2 \leq \theta \leq 2.2$	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 8	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 7	ฉบับที่ 6	ฉบับที่ 7
	$-2.0 \leq \theta \leq 2.0$	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 4	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 7	ฉบับที่ 6	ฉบับที่ 7
	$-1.8 \leq \theta \leq 1.8$	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 4	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 6	ฉบับที่ 6	ฉบับที่ 6

2.4 ดำเนินการทดลอง นำแบบทดสอบทั้ง 8 ฉบับ ไปสอบวัดกับกลุ่มตัวอย่าง ฉบับ ละ 300 คน รวมทั้งสิ้น 2,400 คน ซึ่งผู้สอบทุกคนจะได้รับแบบทดสอบโดยวิธีสุ่ม

ตาราง 10 จำนวนข้อคำถามและเวลาที่ใช้ในการดำเนินการสอบของแบบทดสอบ

แบบทดสอบฉบับที่	จำนวนข้อคำถาม	เวลาที่ใช้ในการสอบ
1	50	1 ชั่วโมง 30 นาที
2	53	1 ชั่วโมง 30 นาที
3	52	1 ชั่วโมง 30 นาที
4	50	1 ชั่วโมง 30 นาที
5	52	1 ชั่วโมง 30 นาที
6	54	1 ชั่วโมง 30 นาที
7	58	1 ชั่วโมง 40 นาที
8	33	1 ชั่วโมง

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและเขียนรายงาน นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 2.4 มาตรวจสอบความสมบูรณ์ของการตอบ และบันทึกลงเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Q Edit โดยแยกข้อมูลการตอบของนักเรียนเป็น 54 ชุดตามเงื่อนไขการทดลอง จากนั้นใช้โปรแกรม BILOG V3.04 วิเคราะห์หาคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(Standard Error of Scale Score) ซึ่งคะแนนดังกล่าวโปรแกรมจะนำเสนอในลักษณะ Average Standard Errors of Measurement (Kolen, Zeng and Hanson. 1996:132)

นำคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบด้วยโปรแกรม SPSS for Windows โดยแยกตามวัตถุประสงค์การวิจัย และเขียนรายงานการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือวิจัยครั้งนี้ คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยมีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 การเขียนและพัฒนาข้อคำถามครั้งนี้ มุ่งหวังให้มีลักษณะเหมือนการปฏิบัติจริงด้านการทดสอบและวัดผลการศึกษา ดังนั้น ข้อคำถามที่ใช้ในการวิจัยนี้ จึงเป็นส่วนหนึ่งของผลผลิตโครงการพัฒนาลังข้อสอบสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ โดยผู้วิจัยร่วมเป็นคณะกรรมการดำเนินงาน และ/หรือวิทยากรตั้งแต่ระดับกรม จังหวัด และอำเภอ สำหรับการดำเนินงานพอสรุปได้ดังนี้

1) การดำเนินงานระดับกรม ในปี พ.ศ. 2537 กองวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ ริเริ่มโครงการพัฒนาลังข้อสอบ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินงาน ประกอบด้วย ครูผู้สอน ศึกษานิเทศก์ นักวิชาการ และนิสิตปริญญาเอก สาขาการทดสอบและวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร รุ่น 2 จำนวน 6 คน การกิจของคณะกรรมการชุดนี้ คือ ดำเนินการพัฒนาลังข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ทุกกลุ่มประสบการณ์ คือ กลุ่มทักษะภาษาไทย กลุ่มทักษะคณิตศาสตร์ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต กลุ่มสร้างเสริมลักษณะนิสัย กลุ่มการงานและพื้นฐานอาชีพ

ในขั้นแรก ประชุมปรึกษาหารือเพื่อกำหนดกรอบและเป้าหมายของการพัฒนาเครื่องมือ ซึ่งได้ข้อสรุปที่ชัดเจนว่า เครื่องมือที่สร้างจะนำไปใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพการศึกษา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ดังนั้นสาระสำคัญที่วัดต้องครอบคลุมสมรรถภาพตามที่

หลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) กำหนด จากนั้นได้
ดำเนินการวิเคราะห์หลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)
เอกสารและรายงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ผลจากการวิเคราะห์ สามารถกำหนดเป็นสมรรถภาพ
หลัก สมรรถภาพรอง และสมรรถภาพย่อย (ดังแสดงในภาคผนวก ก) นำสมรรถภาพย่อยมา
เขียนลักษณะเฉพาะข้อคำถาม โดยยึดเกณฑ์ 1 สมรรถภาพย่อยต่อ 1 ลักษณะเฉพาะข้อคำถาม
ทั้งนี้เพื่อเป็นการวางกรอบการสร้างเครื่องมือของหน่วยงานในสังกัดทุกระดับ สอดคล้องและวัด
ในสิ่งเดียวกัน

การสร้างลักษณะเฉพาะข้อคำถาม ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญ 4 ส่วน คือ ส่วน
ที่เป็นจุดมุ่งหมายของการวัด ส่วนที่เป็นรายละเอียดของสิ่งที่วัด ส่วนที่เกี่ยวกับลักษณะ
เครื่องมือที่จะใช้วัด และส่วนที่เป็นตัวอย่างของเครื่องมือ การดำเนินงานตั้งแต่การเขียน การ
วิพากษ์วิจารณ์กระทำในรูปของคณะกรรมการ โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาจากมหาวิทยาลัยของรัฐ
เป็นผู้แนะนำ ที่เนะตลอดเวลา จนผลงานสำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (ดังแสดง
ตัวอย่างในภาคผนวก ก) จากนั้นจัดพิมพ์ต้นฉบับกรอบการสร้างเครื่องมือ แจกจ่ายให้จังหวัด
เป้าหมายนำไปดำเนินการในขั้นต่อไป

2) การดำเนินงานระดับจังหวัดและอำเภอ หลังจากการสร้างลักษณะเฉพาะข้อคำถาม
เสร็จเรียบร้อยแล้ว กองวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ ได้คัดเลือก
จังหวัดและอำเภอที่มีความพร้อมจากภูมิภาคต่างๆ ทั่วประเทศ จำนวน 6 จังหวัดและ 6 อำเภอ
ดำเนินการสร้างและพัฒนาคลังข้อสอบ จังหวัดขอนแก่นนับเป็นจังหวัดหนึ่งที่ได้รับการ
คัดเลือกเข้าร่วมโครงการครั้งนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสร้าง/พัฒนาแบบทดสอบร่วมกับสำนักงาน
การประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่น และสำนักงานการประถมศึกษาอำเภอเมืองขอนแก่น ใน
กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

จากผลการวิเคราะห์ของคณะกรรมการระดับกรมในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต มี
4 สมรรถภาพหลัก คือ ความรู้ความเข้าใจ ความสามารถในการปฏิบัติตน กระบวนการ
แก้ปัญหา และความสามารถในการปฏิบัติงานกลุ่ม แต่ผู้วิจัยเลือกเพียงสมรรถภาพเดียว คือ
สมรรถภาพความรู้ความเข้าใจ ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบ
ข้อคำถามคือ ความเป็นมิติเดียวของข้อคำถาม โดยสมรรถภาพความรู้ความเข้าใจจะครอบคลุม
เนื้อหาทั้งหมดที่หลักสูตรกำหนดให้เรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย สุขภาพ
อนามัย สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและสังคม การดำเนินชีวิตในสังคม ชาติ ศาสนาและ

พระมหากษัตริย์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ข่าวดู เหตุการณ์และวันสำคัญ โดยทั้งหกเรื่อง สามารถแยกเป็นสมรรถภาพย่อยๆ ได้ 20 สมรรถภาพย่อย รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก

การดำเนินงาน สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่นแต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินงานสร้างและพัฒนาคลังข้อสอบ ซึ่งมีผู้อำนวยการการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่น เป็นประธาน ศึกษานิเทศก์ผู้รับผิดชอบเป็นกรรมการและเลขานุการ จากการประชุมมีมติให้ สำนักงานการประถมศึกษาอำเภอเมืองขอนแก่น เป็นหน่วยงานปฏิบัติตามกรอบ แนวคิดและวิธีการอย่างเคร่งครัด

สำนักงานการประถมศึกษาอำเภอเมืองขอนแก่น รับนโยบายจากจังหวัดมาดำเนินการ โดยแต่งตั้งคณะกรรมการรวม 4 ชุด คือ คณะกรรมการอำนวยการ คณะกรรมการเขียนข้อคำถาม คณะกรรมการพิจารณาปรับปรุงข้อคำถาม และคณะกรรมการวิเคราะห์/พิมพ์/รักษาแบบทดสอบจำนวน 35 คน ประกอบด้วย ผู้บริหาร ครูผู้สอนและศึกษานิเทศก์ ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

(1) จัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อเขียนข้อคำถามตามกรอบคุณลักษณะเฉพาะ ข้อคำถาม จำนวน 2 วัน เชิญวิทยากรที่มีความเชี่ยวชาญด้านวัดผลมาบรรยายให้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนข้อคำถามตามคุณลักษณะข้อคำถาม จากนั้นให้ปฏิบัติจริง โดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อยๆ ประมาณ 7 กลุ่ม เขียน วิเคราะห์ ปรับปรุงข้อคำถาม เมื่อผู้เข้าประชุมมีความเข้าใจและเกิดทักษะพอสมควร ก็มอบหมายภารกิจ ให้เขียนข้อคำถามสมรรถภาพย่อยละ 20-25 ข้อพร้อมกำหนดวันเวลาส่งงาน

(2) คณะกรรมการชุดพิจารณาปรับปรุงข้อคำถาม ประชุมตรวจสอบ/วิเคราะห์/วิจารณ์/ปรับปรุงแก้ไขข้อคำถาม แล้วนำข้อคำถามที่ผ่านการตรวจสอบเบื้องต้นไปทดลอง จำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรก จัดพิมพ์ข้อคำถามหรือแบบทดสอบจำนวน 10 ฉบับๆ ละ 50 ข้อ รวม 500 ข้อ และทุกฉบับวัดครอบคลุมทั้ง 20 สมรรถภาพ นำแบบทดสอบไปสอบกับนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง ฉบับละประมาณ 77 - 102 คน รวมทั้งสิ้น 1,009 คน นำผลการตอบของ นักเรียนมาวิเคราะห์รายข้อตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อสอบ ITEM ANALYSIS : CLASSICAL TEST MODEL ของ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขรายข้อ แล้วคัดเลือกข้อคำถามที่อยู่ในเกณฑ์ข้อคำถามดี ได้จำนวนทั้งสิ้น 428 ข้อ

จากนั้น จัดแบ่งข้อคำถามออกเป็น 10 กลุ่มๆ ละ 42 ข้อ โดยแต่ละกลุ่มมีเนื้อหาครอบคลุมทั้ง 20 สมรรถภาพย่อย ส่วนที่เหลือจำนวน 8 ข้อ ซึ่งกระจายในทุกเนื้อหา ถือว่าเป็นข้อคำถามตัวแทนของเนื้อหาและสมรรถภาพทั้งหมด จะนำไปใช้เป็นข้อคำถามร่วมของแบบทดสอบทุกฉบับ ซึ่งเมื่อรวมแล้ว จะได้แบบทดสอบฉบับละ 50 ข้อ โดยมีข้อคำถามร่วม 8 ข้อหรือประมาณ 20% ของความยาวแบบทดสอบ นับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (Hambleton, Swaminathan and Rogers.1991:135) จัดพิมพ์แบบทดสอบทั้ง 10 ฉบับ แล้วนำไปสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4,025 คน ฉบับละประมาณ 400 - 416 คน นำผลการตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม โมเดล 1PL, 2PL และ 3PL ด้วยโปรแกรม BILOG V 3.04 พิจารณาตัดข้อคำถามที่ค่าพารามิเตอร์ไม่เหมาะสม คงเหลือข้อคำถามที่อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้จำนวน 397 ข้อ ปรับค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามจำนวน 397 ข้อให้อยู่บนสเกลเดียวกัน (Common Scale) ตามรูปแบบการใช้แบบทดสอบร่วม (Anchor-Test Design) ด้วยโปรแกรม EQUATE COMPUTER PROGRAM V 2.0 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค

การออกแบบเก็บข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 4 ตัวแปรแต่ละตัวแปรมีหลายระดับ ดังนั้น เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการสอบ ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ผู้วิจัยจึงวางแผนการทดสอบ ดังตาราง 11

ตาราง 11 การออกแบบแผนการทดสอบ จำแนกตามตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิจัย

ลักษณะ รูปร่างแบบ ทดสอบ	พิสัย ตำแหน่ง ความสามารถ	คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ			คลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ			คลังข้อสอบขนาด 300 ข้อ		
		1PL	2PL	3PL	1PL	2PL	3PL	1PL	2PL	3PL
Peak	$-2.2 \leq \theta \leq 2.2$	P11_22	P21_22	P31_22	P12_22	P22_22	P32_22	P13_22	P23_22	P33_22
	$-2.0 \leq \theta \leq 2.0$	P11_20	P21_20	P31_20	P12_20	P22_20	P32_20	P13_20	P23_20	P33_20
	$-1.8 \leq \theta \leq 1.8$	P11_18	P21_18	P31_18	P12_18	P22_18	P32_18	P13_18	P23_18	P33_18
Uniform	$-2.2 \leq \theta \leq 2.2$	U11_22	U21_22	U31_22	U12_22	U22_22	U32_22	U13_22	U23_22	U33_22
	$-2.0 \leq \theta \leq 2.0$	U11_20	U21_20	U31_20	U12_20	U22_20	U32_20	U13_20	U23_20	U33_20
	$-1.8 \leq \theta \leq 1.8$	U11_18	U21_18	U31_18	U12_18	U22_18	U32_18	U13_18	U23_18	U33_18

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้แบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนแรก การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดำเนินการตามแผนงาน/โครงการสร้างคลังข้อสอบของสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่นและสำนักงานการประถมศึกษาอำเภอเมืองขอนแก่น โดยความร่วมมือของบุคลากร และการสนับสนุนด้านวัสดุ อุปกรณ์และงบประมาณบางส่วนจากหน่วยงานต้นสังกัด ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการเก็บข้อมูลภาคสนาม 2 ครั้ง กล่าวคือ ครั้งแรก ผู้วิจัยและคณะกรรมการพัฒนาแบบทดสอบระดับอำเภอรวม 4 คน ดำเนินการทดสอบนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ใช้แบบทดสอบ 10 ฉบับ ฉบับละ 77 - 102 คน รวมนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 1,009 คน ครั้งที่สอง ผู้วิจัยและศึกษานิเทศก์อำเภอรวม 5 คน นำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดสอบนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนเป้าหมายที่ไม่ซ้ำกับกลุ่มตัวอย่างครั้งแรก ใช้แบบทดสอบ 10 ฉบับ ฉบับละ 400 - 416 คน รวมนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 4,025 คน

ขั้นตอนที่สอง การทดสอบเพื่อศึกษาผลการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

ปัจจุบันการทดสอบนักเรียนระดับประถมศึกษาด้วยแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบจะมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง ถ้าการสอบครั้งนั้นๆ ไม่มีผลต่อนักเรียน และโรงเรียน เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยในฐานะที่เป็นศึกษานิเทศก์จังหวัดจึงอาศัยหนังสือสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่นขอความอนุเคราะห์โรงเรียนในสังกัดให้ความร่วมมือในการทดสอบและขณะเดียวกันผู้วิจัยจะดำเนินการทดสอบด้วยตนเองกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนเป้าหมายที่ไม่ซ้ำกับกลุ่มตัวอย่างในขั้นตอนแรก ใช้แบบทดสอบ 8 ฉบับ ฉบับละ 300 คน รวมนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 2,400 คน โดยนักเรียนทุกคนแม้จะอยู่ในห้องเดียวกันจะได้รับแบบทดสอบต่างฉบับกันโดยวิธีการสุ่ม

เมื่อทดสอบนักเรียนครบตามจำนวนที่ต้องการแล้ว ผู้วิจัยนำผลการตอบของนักเรียนบันทึกลงในแผ่นดิสก์เพื่อวิเคราะห์ตามจุดประสงค์การวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในที่นี้สามารถจำแนกเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1. การพัฒนาข้อคำถาม ซึ่งแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์ข้อคำถามตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม และการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

1.1 การวิเคราะห์ข้อคำถามตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ซึ่งจะวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามรายข้อ โดยใช้โปรแกรม ITEM ANALYSIS : CLASSICAL TEST MODEL มีสูตร ดังนี้ (Crocker and Algina, 1986 : 317)

-ค่าความยากง่าย (P)

$$P_i = \text{จำนวนผู้ที่ตอบถูกทั้งสองกลุ่ม} / \text{จำนวนนักเรียนทั้งสองกลุ่ม} \dots\dots\dots [30]$$

-ค่าอำนาจจำแนก (r) ใช้สูตร Point Biserial Correlation

$$\rho_{pbis} = [(\mu_1 - \mu_x) / \sigma_x] \sqrt{p/q} \dots\dots\dots [31]$$

1.2 การวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ซึ่งจะคำนวณ 3 ค่า คือ ค่าพารามิเตอร์ประจำข้อคำถาม การปรับค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามให้อยู่ในสเกลเดียวกัน และค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม โดยใช้สูตรต่อไปนี้

-ค่าพารามิเตอร์ประจำข้อคำถาม วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม BILOG V 3.04 โดยวิธี Marginal Maximum Likelihood Estimation (MML) (Mislevy and Bock, 1990:1-6)

-การปรับค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามให้อยู่ในสเกลเดียวกัน (Equating) ด้วยโปรแกรม EQUATE COMPUTER PROGRAM V 2.0 ใช้รูปแบบ Anchor-Test Design มีสูตรการคำนวณ ดังนี้ (Hambleton; Swaminathan and Rogers, 1991:127)

$$\text{-ค่าพารามิเตอร์ความยาก} \quad b_{yc} = \alpha b_{xc} + \beta \dots\dots\dots [32]$$

$$\text{-ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก} \quad a_{yc} = a_{xc} / \alpha \dots\dots\dots [33]$$

เมื่อ b_{yc}, b_{xc} = ค่าพารามิเตอร์ความยากที่ปรับอยู่ในสเกลเดียวกันของ
แบบทดสอบ y และ x

a_{yc}, a_{xc} = ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกที่ปรับอยู่ในสเกลเดียวกัน
ของแบบทดสอบ y และ x

$$\alpha = S_{yc} / S_{xc}$$

$$\beta = b_{yc} - \alpha b_{xc}$$

-ค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม คำนวณโดยใช้สูตรต่อไปนี้ (Hambleton, Swaminathan and Rogers.1991:91)

กรณี 3PL

$$I_i(\theta) = 2.89 a_i^2 (1-c_i) / [c_i + e^{1.7a_i (\theta - b_i)}] [1 + e^{-1.7a_i (\theta - b_i)}]^2 \dots\dots\dots[34]$$

กรณี 2PL

$$I_i(\theta) = 2.89 a_i^2 / [e^{1.7a_i (\theta - b_i)}] [1 + e^{-1.7a_i (\theta - b_i)}]^2 \dots\dots\dots[35]$$

กรณี 1PL

$$I_i(\theta) = 2.89 / [e^{1.7 (\theta - b_i)}] [1 + e^{-1.7 (\theta - b_i)}]^2 \dots\dots\dots[36]$$

2. ตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นมิติเดียวของแบบทดสอบ นำผลการตอบของแบบทดสอบ 10 ฉบับในการทดลองครั้งที่ 2 มาวิเคราะห์องค์ประกอบโดยการสกัดองค์ประกอบวิธีองค์ประกอบหลัก(Principal Component Analysis) และหมุนแกนด้วยวิธีแวนิเมกซ์(Varimax) โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows Release 6.1.3

3. ศึกษาคุณลักษณะของแบบทดสอบอัตโนมิติ ก่อนนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งทำการวิเคราะห์ในประเด็น

3.1 หาความถี่และร้อยละของจำนวนข้อคำถามที่ร่วมกันระหว่างแบบทดสอบ

3.2 ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบแต่ละฉบับ

(1) กรณีตัวแปรอิสระมี 3 ระดับ ได้แก่ ขนาดคลังข้อสอบ โมเดลวิเคราะห์ข้อคำถาม และพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ใช้วิธี Friedman Two Way Anova ดังนี้ (Siegel.1956)

$$\chi^2_r = [12 / (Nk(k+1))] [\sum_{j=1}^k (R_j)^2 - 3N(k+1)] \dots\dots\dots[37]$$

เมื่อ N หมายถึง จำนวนของบล็อกหรือแถว

k หมายถึง จำนวนการกระทำหรือสดมภ์ ซึ่งแสดงจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

R_j หมายถึง ผลรวมอันดับที่ในสดมภ์หรือกลุ่มที่ j เมื่อ $j = 1, 2, 3, \dots, k$

ถ้าผลการทดสอบพบว่าปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ ก็ทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยใช้วิธีของ Dunn ตามสูตรที่ 38 (Gibbons, 1976)

$$|R_i - R_j| > Z \sqrt{[kn(n+1)] / 6} \dots\dots\dots[38]$$

เมื่อ

n หมายถึง จำนวนของบล็อคอหรือแถว = N

Z หมายถึง ค่าวิกฤตของ Z

(2) กรณีตัวแปรอิสระมี 2 ระดับ คือ ลักษณะรูปร่างแบบทดสอบ ใช้วิธี Wilcoxon Matched - Pairs Signed - Ranks Test ดังนี้ (Gibbons, 1976)

กรณี $n > 15$

$$Z+, R = [T+ - 0.5 - n(n+1)/4] / [\sqrt{n(n+1)(2n+1)/24}] \dots\dots\dots[39]$$

หรือ

$$Z-, R = [T- - 0.5 - n(n+1)/4] / [\sqrt{n(n+1)(2n+1)/24}] \dots\dots\dots[40]$$

4. ศึกษาความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบ ภายหลังจากนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นด้วยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

4.1 หาคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ จากแบบทดสอบทั้ง 54 ฉบับ ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ด้วยโปรแกรม BILOG V3.04 โดยในขั้นตอนการวิเคราะห์นั้น ใช้ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบที่เป็น Common Scale ประมาณค่าความสามารถและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผู้สอบ ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังนี้ (Mislevy and Bock, 1990:1-13)

$$SE(\hat{\theta}) = \sqrt{1 / I(\hat{\theta})}$$

4.2 ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบ โดยใช้ t-test และ F-test

4.3 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Newman Kuuls

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้ จะนำเสนอผลการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบที่สร้างโดยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันในการแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยขอกล่าวถึงสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ ดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

S.D. แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เรียงตามลำดับดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบความเป็นมิติเดียว
2. จำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ
3. คุณลักษณะข้อคำถามของแบบทดสอบ
4. ลักษณะการแจกแจงของแบบทดสอบ
5. ความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบความเป็นมิติเดียว

เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นมิติเดียวของแบบทดสอบทั้ง 10 ฉบับ ผู้วิจัยจึงนำคะแนนผลการตอบแต่ละชุด มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยการสกัดองค์ประกอบวิธีองค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) และหมุนแกนด้วยวิธีแวนแมกซ์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows ผลการวิเคราะห์ปรากฏ ดังตาราง 12

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบทดสอบ ทั้ง 10 ฉบับ

องค์ประกอบ ที่	ค่าไอเกน (Eigen Value) และเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวน									
	ฉบับ 1		ฉบับ 2		ฉบับ 3		ฉบับ 4		ฉบับ 5	
	Eigen	% of V	Eigen	% of V	Eigen	% of V	Eigen	% of V	Eigen	% of V
1	3.9423	7.9	3.7355	7.5	4.0603	8.1	3.6496	7.3	3.5447	7.1
2	1.9873	4.0	2.0779	4.2	2.1246	4.2	2.0675	4.1	1.9892	4.0
3	1.7565	3.5	1.8154	3.6	1.9016	3.8	1.9889	4.0	1.7577	3.5
4	1.6608	3.3	1.7658	3.5	1.7261	3.5	1.6938	3.4	1.6843	3.4
5	1.6131	3.2	1.6758	3.4	1.7103	3.4	1.6792	3.4	1.6095	3.2
6	1.5686	3.1	1.5709	3.1	1.5542	3.1	1.6168	3.2	1.5545	3.1
7	1.5103	3.0	1.4974	3.0	1.4964	3.0	1.4628	2.9	1.5421	3.1
8	1.4612	2.9	1.4607	2.9	1.4460	2.9	1.4111	2.8	1.4488	2.9
9	1.4283	2.9	1.3826	2.8	1.3886	2.8	1.3625	2.7	1.3577	2.7
10	1.3453	2.7	1.3520	2.7	1.3088	2.6	1.3295	2.7	1.3419	2.7
11	1.3363	2.7	1.3329	2.7	1.2967	2.6	1.3101	2.6	1.3051	2.6
12	1.2809	2.6	1.2825	2.6	1.2515	2.5	1.2745	2.5	1.2604	2.5
13	1.2677	2.5	1.2278	2.5	1.2319	2.5	1.2501	2.5	1.2027	2.4
14	1.2245	2.4	1.1829	2.4	1.1976	2.4	1.2068	2.4	1.1676	2.3
15	1.1819	2.4	1.1615	2.3	1.1655	2.3	1.1385	2.3	1.1554	2.3

ตาราง 12 (ต่อ)

องค์ประกอบ ที่	ค่าไอเกน (Eigen Value) และเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวน									
	ฉบับ 6		ฉบับ 7		ฉบับ 8		ฉบับ 9		ฉบับ 10	
	Eigen	% of V	Eigen	% of V	Eigen	% of V	Eigen	% of V	Eigen	% of V
1	5.1813	10.4	3.6783	7.4	2.9011	5.8	3.7991	7.6	5.1771	10.4
2	2.3402	4.7	1.8418	3.7	1.8987	3.8	2.0486	4.1	2.2897	4.6
3	1.9030	3.8	1.7119	3.4	1.8333	3.7	1.7027	3.4	2.0195	4.0
4	1.8000	3.6	1.6924	3.4	1.7273	3.5	1.6445	3.3	1.9076	3.8
5	1.6505	3.3	1.5931	3.2	1.6344	3.3	1.5481	3.1	1.6904	3.4
6	1.5375	3.1	1.5087	3.0	1.5834	3.2	1.5348	3.1	1.6115	3.2
7	1.4878	3.0	1.4829	3.0	1.5386	3.1	1.5095	3.0	1.5277	3.1
8	1.4141	2.8	1.4473	2.9	1.5258	3.1	1.4499	2.9	1.4768	3.0
9	1.4089	2.8	1.3941	2.8	1.4062	2.8	1.4011	2.8	1.4303	2.9
10	1.3501	2.7	1.3500	2.7	1.3566	2.7	1.3605	2.7	1.3770	2.8
11	1.2725	2.5	1.3147	2.6	1.3328	2.7	1.3086	2.6	1.2984	2.6
12	1.2217	2.4	1.3034	2.6	1.2529	2.5	1.2849	2.6	1.2625	2.5
13	1.2078	2.4	1.2664	2.5	1.2338	2.5	1.2555	2.5	1.2045	2.4
14	1.1439	2.3	1.1807	2.4	1.2210	2.4	1.2192	2.4	1.1691	2.3
15	1.1032	2.2	1.1673	2.3	1.1915	2.4	1.1746	2.3	1.1447	2.3

จากตาราง 12 พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ทั้ง 10 ฉบับ มีองค์ประกอบที่มีค่าไอเกนสูงกว่า 1.0000 หลายองค์ประกอบ แต่เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าแบบทดสอบส่วนใหญ่มีค่าไอเกนขององค์ประกอบแรกสูงกว่าองค์ประกอบที่ 2 ค่อนข้างมาก ซึ่งพออนุมานได้ว่าแบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีคุณสมบัติความเป็นมิติเดียว อย่างไรก็ตามแม้คุณสมบัติความเป็นมิติเดียวของแบบทดสอบบางฉบับจะไม่เด่นชัดนัก เช่น แบบทดสอบฉบับที่ 2, 4, 8 และ 9 การ

ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยทฤษฎีการตอบข้อคำถามก็ยังคงกระทำได้ (McCauley and Mendoza. 1985:390; citing Hulin, Drasgow and Parsons.1983)

2. จำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ

การวิจัยครั้งนี้ มีตัวแปรอิสระ 4 ตัวแปร แต่ละตัวแปรมีหลายระดับ ดังนั้นทำให้มีเงื่อนไขในการสร้างแบบทดสอบทั้งสิ้นรวม 54 เงื่อนไข เมื่อนำแต่ละเงื่อนไขไปคำนวณด้วยโปรแกรม Linear Programming Optimizer V 2.61 ผลปรากฏ ดังตาราง 13

ตาราง 13 จำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบแต่ละฉบับ ที่คัดเลือกโดยวิธี

Binary Programming เมื่อจำแนกตามตัวแปรอิสระ

ลักษณะ แบบทดสอบ	พิสัยตำแหน่ง ความสามารถ	คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ			คลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ			คลังข้อสอบขนาด 300 ข้อ		
		1PL	2PL	3PL	1PL	2PL	3PL	1PL	2PL	3PL
Peak Target	$-2.2 \leq \theta \leq 2.2$	16	43	24	16	33	19	16	33	18
	$-2.0 \leq \theta \leq 2.0$	16	43	23	16	33	17	16	33	17
	$-1.8 \leq \theta \leq 1.8$	16	43	23	16	33	17	16	33	17
Uniform Target	$-2.2 \leq \theta \leq 2.2$	14	35	8	12	33	8	12	32	21
	$-2.0 \leq \theta \leq 2.0$	14	29	8	12	28	8	12	28	20
	$-1.8 \leq \theta \leq 1.8$	13	25	9	12	23	8	12	22	13

จากตาราง 13 แบบทดสอบหรือเงื่อนไขที่มีข้อคำถามได้รับการคัดเลือกมากที่สุด เท่ากับ 43 ข้อมี 3 เงื่อนไข คือ ข้อคำถามวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2PL คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ ลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายแบบ Peak Target พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$, $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ และ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ ส่วนเงื่อนไขที่ข้อคำถามได้รับการคัดเลือกน้อยที่สุด จำนวน 8 ข้อ มีทั้งหมด 5 เงื่อนไข นอกจากนี้ยังพบว่า เงื่อนไขการวิเคราะห์ข้อคำถามด้วยโมเดล 1PL

ลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายแบบ Peak Target ของคลัง
ข้อสอบทั้ง 3 ขนาด มีจำนวนข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือกเท่ากัน คือ 16 ข้อ รวม 9 เงื่อนไข

เมื่อพิจารณาข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือก พบว่า มีข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือกจำนวน 138
ข้อจากข้อคำถามทั้งหมด 300 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 46 ซึ่งเมื่อจำแนกตามขนาดคลังข้อสอบ
ปรากฏว่า คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ มีข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือก จำนวน 68 ข้อ คิดเป็นร้อยละ
68 คลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ มีข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือก จำนวน 94 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 47
คลังข้อสอบขนาด 300 ข้อ มีข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือก จำนวน 111 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 37

สำหรับข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือกบ่อยครั้งมากที่สุดคือ ข้อที่ 223 ได้รับการคัดเลือก
จำนวน 31 ครั้ง จากทั้งหมด 54 ครั้ง รองลงมาได้แก่ข้อคำถามข้อ 404, 244, 39, 57 และ ข้อ
77 ตามลำดับ รายละเอียดแสดงในตาราง 14 และตาราง 19

ตาราง 14 ข้อคำถาม 10 ลำดับแรก ที่ได้รับการคัดเลือกจากการคำนวณด้วยเงื่อนไขต่างๆ
จำแนกตามตัวแปรอิสระ

ข้อที่	ขนาดคลังข้อสอบ			ลักษณะแบบทดสอบ		โมเดลวิเคราะห์			พิสัยค่าแห่งความสามารถ		
	100	200	300	Peak	Uniform	1PL	2PL	3PL	-2.2≤0≤2.2	-2.0≤0≤2.0	-1.8≤0≤1.8
223	12	10	9	19	12	12	18	1	11	10	10
404	12	9	6	21	6	3	9	15	9	9	9
244	9	7	7	12	11	3	17	3	7	7	9
39	9	7	6	18	4	2	9	11	6	7	9
57	8	7	7	18	4	4	9	9	7	9	6
77	9	7	6	18	4	0	9	13	8	7	7
118	13	4	4	15	6	13	5	3	9	6	6
217	9	6	6	12	9	3	18	0	7	7	7
233	9	6	6	12	9	3	18	0	7	7	7
40	15	3	3	15	6	12	6	3	7	7	7

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำข้อมูลในตาราง 13 มาทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนข้อ
คำถามของแบบทดสอบ แยกตามตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวแปร ปรากฏผลดังตาราง 15-18

ตาราง 15 การทดสอบความแตกต่างจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ ระหว่างการวิเคราะห์
ข้อคำถามด้วยโมเดล 1PL, 2PL และ 3PL โดยใช้ Friedman Two-way Anova

ตัวแปร	N	df	Mean Rank	χ^2
โมเดลการวิเคราะห์ 1PL	18	2	1.33	28.00
โมเดลการวิเคราะห์ 2PL	18		3.00	
โมเดลการวิเคราะห์ 3PL	18		1.67	

$P < .05$

จากตาราง 15 พบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1PL, 2PL และ 3PL อย่างน้อย 2 วิธี มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธีของ Dunn ปรากฏว่าแบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1PL กับ 2PL และ โมเดล 2PL กับ 3PL มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนแบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1PL กับ 3PL มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

ตาราง 16 การทดสอบความแตกต่างจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ ระหว่างลักษณะ
การแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย Peak Target และ
Uniform Target โดยใช้ Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Ranks Test

ตัวแปร	N	Mean Rank	Sum of Ranks	Z
ลักษณะการแจกแจง แบบ Peak Target	27	14.21	341	-4.2144
ลักษณะการแจกแจง แบบ Uniform Target	27	5.00	10	

$P < .05$

จากตาราง 16 พบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยกำหนดลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย Peak Target และ Uniform Target มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 17 การทดสอบความแตกต่างจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบระหว่างพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$, $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ และ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ โดยใช้ Friedman Two-way Anova

ตัวแปร	N	df	Mean Rank	χ^2
$-2.2 \leq \theta \leq 2.2$	18	2	2.36	7.8235 [*]
$-2.0 \leq \theta \leq 2.0$	18		1.89	
$-1.8 \leq \theta \leq 1.8$	18		1.75	

$P < .05$

จากตาราง 17 พบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบอย่างน้อย 2 ขอบเขต มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณด้วยวิธีของ Dunn ปรากฏว่า แบบทดสอบที่มีพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ กับ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนแบบทดสอบที่มีพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ กับ $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ และ $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ กับ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

ตาราง 18 การทดสอบความแตกต่างจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ ระหว่างคลังข้อสอบ
ขนาด 100 ข้อ 200 ข้อ และ 300 ข้อ โดยใช้ Friedman Two-way Anova

ตัวแปร	N	df	Mean Rank	χ^2
คลังข้อสอบ 100 ข้อ	18	2	2.61	14.9796 [*]
คลังข้อสอบ 200 ข้อ	18		1.64	
คลังข้อสอบ 300 ข้อ	18		1.75	

$P < .05$

จากตาราง 18 พบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากคลังข้อสอบอย่างน้อย 2 ขนาด มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพหุคูณ ด้วยวิธีของ Dunn ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ กับ 200 ข้อ และคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ กับ 300 ข้อ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนแบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ กับ 300 ข้อ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

3. คุณลักษณะข้อคำถามของแบบทดสอบ

เมื่อนำข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือกทั้ง 138 ข้อ มาพิจารณาเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ประจำข้อ พบว่า ข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 1 PL พารามิเตอร์ความยาก (b) มีค่าระหว่าง -4.096 ถึง 2.161 ข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 PL พารามิเตอร์ความยาก (b) มีค่าระหว่าง -2.767 ถึง 3.980 และพารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a) มีค่าระหว่าง 0.148 ถึง 1.179 ส่วนข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 3 PL พารามิเตอร์ความยาก (b) มีค่าระหว่าง -2.161 ถึง 2.901 พารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a) มีค่าระหว่าง 0.338 ถึง 6.155 และพารามิเตอร์การเดา (c) มีค่าระหว่าง 0.083 ถึง 0.320 สำหรับข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือกมาก 12 ลำดับแรก พบว่า ส่วนใหญ่ค่าพารามิเตอร์ความยากจะอยู่ในช่วง -0.5 ถึง 0.5 ค่าอำนาจจำแนกมีค่ามากกว่า 0.5 ทุกข้อคำถาม ในขณะที่เดียวกันทุกข้อคำถามมีค่าการเดาต่ำกว่า 0.25 รายละเอียดแสดงในตาราง 19

ตาราง 19 ค่าพารามิเตอร์ประจำข้อ สำหรับข้อคำถามที่ได้รับคัดเลือกมาก 12 ลำดับแรก

ลำดับที่	ข้อ คำถาม ที่	ค่าพารามิเตอร์						จำนวนครั้ง ที่ได้รับ การคัดเลือก
		1PL	2PL		3PL			
			b	a	b	a	b	
1	x223	0.036	0.954	0.252	1.881	1.224	0.083	31
2	x404	-0.147	0.667	-0.378	1.571	0.150	0.229	27
3	x244	0.235	0.769	0.369	2.478	1.466	0.200	23
4	x39	-1.489	0.745	-0.815	1.126	-0.563	0.130	22
4	x57	-1.689	0.775	-0.860	1.109	-0.324	0.194	22
4	x77	-1.365	0.815	-0.680	1.390	-0.090	0.220	22
7	x40	0.034	0.571	0.054	0.977	0.195	0.148	21
7	x118	0.039	0.547	0.000	1.028	0.385	0.197	21
7	x217	0.169	0.729	0.325	1.756	1.353	0.138	21
7	x233	0.235	0.730	0.369	1.973	1.470	0.195	21
11	x149	0.387	0.587	0.127	1.196	0.353	0.156	19
11	x189	-0.921	0.941	-1.826	1.072	-1.334	0.137	19
11	x219	-0.182	0.904	0.124	2.127	1.275	0.178	19
11	x397	-0.285	0.752	-0.613	1.244	-0.208	0.175	19
15	x234	0.400	0.629	0.485	1.405	1.535	0.174	18
15	x237	0.400	0.782	0.474	1.574	1.375	0.092	18
15	x238	0.681	0.726	0.664	2.211	1.661	0.201	18
18	x232	0.350	0.622	0.450	1.703	1.496	0.176	17
18	x241	0.864	0.735	0.784	1.888	1.653	0.150	17
20	x153	-1.427	1.043	-0.848	1.679	-0.467	0.159	16
20	x154	-2.516	1.179	-1.296	1.990	-0.807	0.208	16
22	x116	-0.038	0.547	-0.051	1.584	0.435	0.258	15
23	x136	-3.530	1.124	-1.743	1.694	-1.277	0.176	14
23	x218	1.524	0.532	1.399	2.308	2.082	0.202	14
23	x312	-0.082	0.580	-0.145	0.985	0.175	0.156	14
23	x400	0.033	0.477	-0.046	0.853	0.349	0.186	14
27	x45	-1.599	0.671	-0.884	1.172	-0.037	0.303	13

4. ลักษณะการแจกแจงของแบบทดสอบ

ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ เป้าหมายไว้ 2 ประเภท คือ Peak Target และ Uniform Target ซึ่งในแต่ละประเภทยังมีการแยกย่อยเพื่อสร้างแบบทดสอบตามลักษณะตัวแปรอิสระ รวม 27 ฉบับ

สำหรับแบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจง Peak Target ผู้วิจัยกำหนดค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ณ ระดับความสามารถต่างๆ ดังนี้ ระดับความสามารถ -2.2 , 2.2 หรือ -2.0 , 2.0 หรือ -1.8 , 1.8 มีค่าเท่ากับ 1 ระดับความสามารถ -1.2 , 1.2 เท่ากับ 4 และระดับความสามารถ 0 เท่ากับ 12 ผลจากการสร้างแบบทดสอบตามเงื่อนไขแสดงในตาราง 20

ตาราง 20 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ณ ระดับความสามารถต่างๆ ของแบบทดสอบที่กำหนดลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายประเภท Peak Target รวม 27 ฉบับ

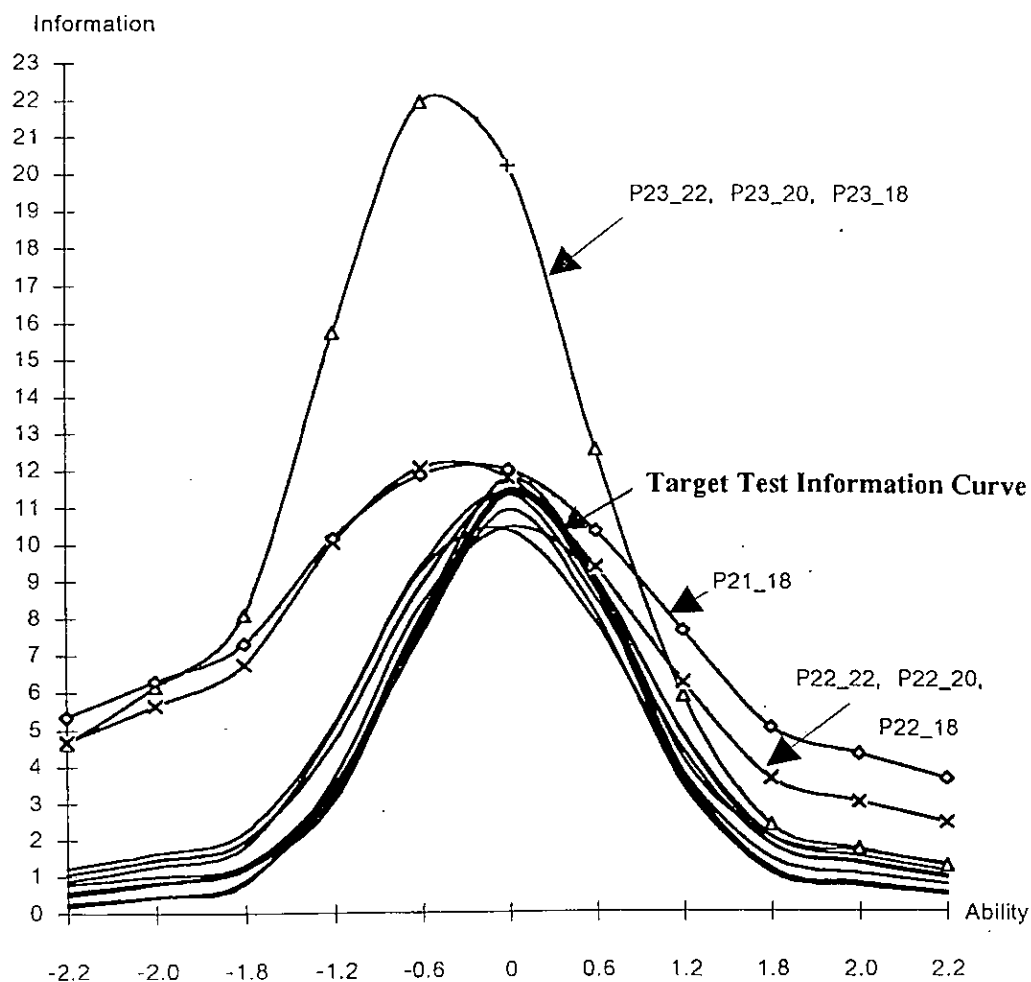
แบบทดสอบ ฉบับที่	ค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
P33_22	0.781	1.006	1.292	3.095	7.991	11.724	8.963	3.671	1.099	0.721	0.469
P33_20	0.477	0.799	1.257	3.430	7.852	11.395	8.755	3.578	1.061	0.693	0.450
P33_18	0.195	0.434	0.870	3.441	8.045	11.734	8.994	3.682	1.100	0.720	0.468
P23_22	4.615	6.165	8.093	15.726	21.921	20.174	12.515	5.855	2.352	1.705	1.230
P23_20	4.615	6.165	8.093	15.726	21.921	20.174	12.515	5.855	2.352	1.705	1.230
P23_18	4.615	6.165	8.093	15.726	21.921	20.174	12.515	5.855	2.352	1.705	1.230
P13_22	1.057	1.459	1.989	4.693	8.878	11.408	9.051	4.819	2.046	1.497	1.086
P13_20	1.057	1.459	1.989	4.693	8.878	11.408	9.051	4.819	2.046	1.497	1.086
P13_18	1.057	1.459	1.989	4.693	8.878	11.408	9.051	4.819	2.046	1.497	1.086
P12_22	1.197	1.644	2.236	5.171	9.391	11.348	8.506	4.380	1.832	1.337	0.968
P12_20	1.197	1.644	2.236	5.171	9.391	11.348	8.506	4.380	1.832	1.337	0.968
P12_18	1.197	1.644	2.236	5.171	9.391	11.348	8.506	4.380	1.832	1.337	0.968

ตาราง 20 (ต่อ)

แบบทดสอบ ฉบับที่	ค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
P22_22	4.661	5.653	6.750	10.057	12.040	11.762	9.349	6.213	3.631	2.977	2.418
P22_20	4.661	5.653	6.750	10.057	12.040	11.762	9.349	6.213	3.631	2.977	2.418
P22_18	4.661	5.653	6.750	10.057	12.040	11.762	9.349	6.213	3.631	2.977	2.418
P32_22	0.566	0.838	1.202	3.239	7.760	11.447	9.055	4.172	2.026	1.635	1.280
P32_20	0.493	0.827	1.306	3.536	7.608	10.899	8.081	3.434	1.128	0.763	0.513
P32_18	0.202	0.446	0.890	3.427	7.554	11.291	8.950	3.770	1.161	0.767	0.503
P11_22	1.065	1.464	1.997	4.717	8.908	11.386	9.012	4.814	2.049	1.502	1.093
P11_20	1.065	1.464	1.997	4.717	8.908	11.386	9.012	4.814	2.049	1.502	1.093
P11_18	1.065	1.464	1.997	4.717	8.908	11.386	9.012	4.814	2.049	1.502	1.093
P21_22	5.339	6.301	7.321	10.174	11.857	11.988	10.322	7.608	5.010	4.285	3.643
P21_20	5.339	6.301	7.321	10.174	11.857	11.988	10.322	7.608	5.010	4.285	3.643
P21_18	5.339	6.301	7.321	10.174	11.857	11.988	10.322	7.608	5.010	4.285	3.643
P31_22	0.878	1.277	1.834	5.073	9.291	10.366	7.847	3.779	1.451	1.036	0.732
P31_20	0.264	0.467	0.821	3.736	8.367	10.433	9.011	4.795	1.837	1.292	0.900
P31_18	0.264	0.467	0.821	3.736	8.367	10.433	9.011	4.795	1.837	1.292	0.900

จากตาราง 20 จะเห็นว่า แบบทดสอบบางฉบับมีค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ณ ระดับความสามารถต่างๆ เท่ากัน ได้แก่ แบบทดสอบฉบับที่ P23_22, P23_20 และ P23_18 แบบทดสอบฉบับที่ P13_22, P13_20 และ P13_18 แบบทดสอบฉบับที่ P12_22, P12_20 และ P12_18 แบบทดสอบฉบับที่ P22_22, P22_20 และ P22_18 แบบทดสอบฉบับที่ P11_22, P11_20 และ P11_18 แบบทดสอบฉบับที่ P21_22, P21_20 และ P21_18 แบบทดสอบฉบับที่ P31_20 และ P31_18

เมื่อนำค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบแต่ละฉบับมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบกับแบบทดสอบเป้าหมาย พบว่า ลักษณะการแจกแจงของกราฟส่วนใหญ่ใกล้เคียงกันมาก มีเพียง 9 ฉบับเท่านั้น คือ P23_22, P23_20, P23_18, P22_22, P22_20, P22_18, P21_22, P21_20 และ P21_18 ที่เส้นกราฟสูงเบี่ยงเบนออกจากกลุ่ม แต่ลักษณะกราฟยังมีรูปร่างคล้ายคลึงกับแบบทดสอบอื่นๆ ดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 เปรียบเทียบ Target Test Information Curve กับ Test Information Curve ทั้ง 27 ฉบับของแบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงแบบทดสอบเป้าหมายประเภท

Peak Target

สำหรับแบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจง Uniform Target ผู้วิจัยกำหนดค่า
 สารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ณ ระดับความสามารถต่างๆ คือ ระดับความสามารถ -2.2 ,
 -2.0, -1.8, -1.2, 0, 1.2, 1.8, 2.0 และ 2.2 มีค่าเท่ากับ 4 ผลจากการสร้างแบบทดสอบตาม
 เงื่อนไขดังกล่าว แสดงในตาราง 21

ตาราง 21 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ณ ระดับความสามารถต่างๆ ของ
 แบบทดสอบ ที่กำหนดลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย
 ประเภท Uniform Target รวม 27 ฉบับ

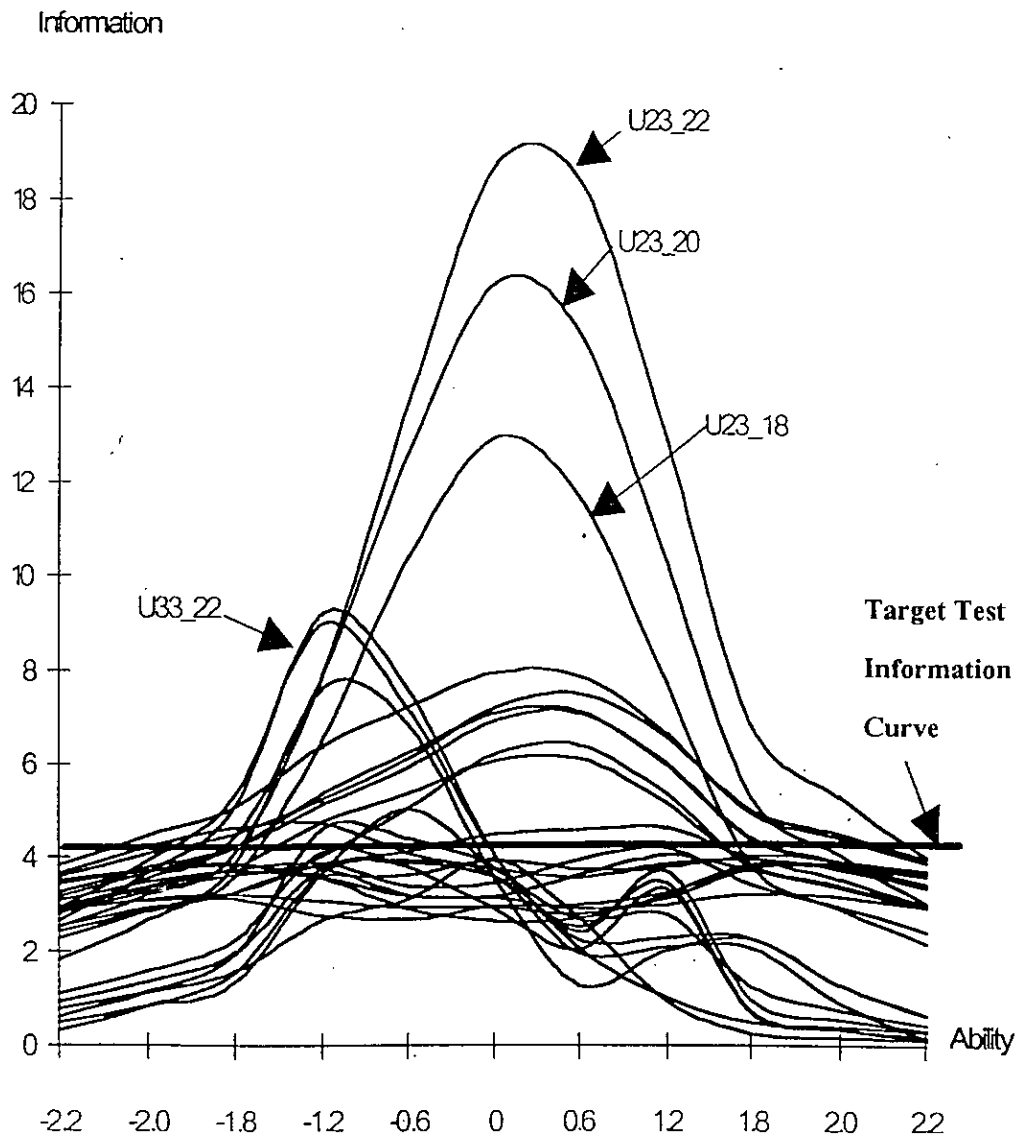
แบบทดสอบ	ค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
U33_22	2.920	3.966	5.321	8.991	7.197	4.062	2.087	1.031	0.503	0.398	0.313
U33_20	2.659	3.698	5.091	9.221	7.608	4.087	2.456	3.727	0.985	0.568	0.343
U33_18	1.818	2.678	3.874	7.634	6.875	3.583	1.292	2.038	2.279	1.301	0.656
U23_22	2.525	3.236	4.096	7.866	13.684	18.771	18.371	12.895	6.861	5.300	4.019
U23_20	2.822	3.573	4.446	7.892	12.613	16.236	15.181	10.315	5.315	4.065	3.056
U23_18	2.282	2.893	3.610	6.520	10.394	12.940	11.702	7.730	3.866	2.932	2.188
U13_22	2.930	3.098	3.137	2.783	2.686	2.970	3.008	3.270	3.843	3.867	3.729
U13_20	3.446	3.749	3.902	3.600	3.202	3.143	2.932	2.999	3.256	3.173	2.962
U13_18	2.853	3.300	3.649	3.792	3.224	3.185	3.630	4.068	3.738	3.381	2.941
U12_22	2.893	3.121	3.237	3.088	2.939	2.940	2.825	3.137	3.781	3.820	3.695
U12_20	3.115	3.490	3.735	3.573	2.919	2.673	2.709	3.242	3.863	3.824	3.610
U12_18	2.966	3.419	3.766	3.899	3.418	3.482	3.960	4.226	3.437	2.960	2.454
U22_22	3.607	4.101	4.514	5.274	6.111	7.194	7.511	6.588	5.030	4.499	3.990
U22_20	3.271	3.799	4.258	5.126	5.933	6.935	7.093	6.017	4.432	3.920	3.438
U22_18	2.536	2.939	3.287	4.056	5.051	6.206	6.406	5.365	3.866	3.393	2.951
U32_22	0.939	1.371	1.990	3.803	3.899	3.598	2.524	3.479	0.755	0.370	0.179
U32_20	1.116	1.598	2.267	4.126	3.807	2.911	2.070	3.347	0.730	0.357	0.174

ตาราง 21 (ต่อ)

แบบทดสอบ ฉบับที่	ค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
U32_18	0.629	1.153	1.963	4.615	4.411	3.789	2.262	2.308	2.295	1.297	0.643
U11_22	3.524	3.747	3.850	3.658	3.653	3.938	3.769	3.808	4.060	3.950	3.683
U11_20	3.690	4.232	4.639	4.749	4.113	3.773	3.589	3.879	3.991	3.755	3.377
U11_18	2.446	2.889	3.278	3.889	4.129	4.504	4.589	4.640	4.017	3.547	3.006
U21_22	3.859	4.489	5.085	6.401	7.210	7.955	7.883	6.652	4.964	4.421	3.912
U21_20	3.191	3.720	4.223	5.378	6.233	7.091	7.126	5.992	4.403	3.895	3.420
U21_18	2.892	3.370	3.816	4.758	5.377	6.069	6.121	5.184	3.846	3.415	3.009
U31_22	0.791	1.147	1.588	2.679	3.129	3.991	2.708	0.974	0.284	0.189	0.125
U31_20	0.506	0.854	1.358	3.710	5.036	3.794	2.694	2.809	1.262	0.771	0.446
U31_18	0.818	1.278	1.890	3.750	3.965	3.671	2.242	2.363	2.340	1.332	0.672

จากตาราง 21 พบว่า บนสเกลความสามารถ ณ ตำแหน่ง -1.2, 0 และ 0.6 มีแบบทดสอบที่ค่าสารสนเทศสูงสุด จำนวนตำแหน่งละ 5 ฉบับ โดยแบบทดสอบที่ค่าสารสนเทศสูงสุดบนสเกลความสามารถ ณ ตำแหน่งศูนย์ (θ_0) คือ ฉบับที่ U23_22, U23_20, U23_18, U21_22 และ U31_21

เมื่อนำค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบแต่ละฉบับมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบกับแบบทดสอบเป้าหมาย พบว่า ลักษณะการแจกแจงของกราฟส่วนใหญ่แตกต่างจากเป้าหมายที่กำหนดไว้ ยกเว้นแบบทดสอบที่สร้างจากค่าพารามิเตอร์ IPL จำนวน 9 ฉบับ คือ U11_22, U11_20, U11_18, U12_22, U12_20, U12_18, U13_22, U13_20 และ U13_18 ที่ลักษณะเส้นกราฟใกล้เคียงกับเส้นกราฟเป้าหมาย ดังแสดงในภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 เปรียบเทียบ Target Test Information Curve กับ Test Information Curve
 ทั้ง 27 ฉบับ ของแบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงแบบทดสอบเป้าหมายประเภท
 Uniform Target

5. ความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบ

ในที่นี้ใช้คะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผู้สอบ(Standard Error of Scale Score) เป็นตัวชี้วัดความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ ซึ่งจะนำเสนอในรายละเอียดดังนี้

5.1 ค่าสถิติพื้นฐาน ของคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบทั้ง 54 เงื่อนไข

เมื่อได้ผลการตอบแบบทดสอบทั้ง 8 ฉบับแล้ว ผู้วิจัยนำมาจำแนกตามเงื่อนไขการสอบรวม 54 ชุด จากนั้นวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม BILOG V 3.04 โดยใช้โมเดล 2 PL เนื่องจากแบบทดสอบมีความยากง่ายในระดับปานกลาง และกลุ่มผู้สอบแต่ละเงื่อนไขประมาณ 300 คน คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานผู้สอบรายบุคคล รายละเอียดดังตาราง 22

ตาราง 22 จำนวนข้อคำถาม จำนวนผู้ตอบทั้งหมด จำนวนผู้ตอบที่เหมาะสมกับโมเดล ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ได้จากแบบทดสอบทั้ง 54 เงื่อนไข

แบบทดสอบ/ เงื่อนไข	จำนวน ข้อคำถาม	จำนวนผู้ตอบ ทั้งหมด	กลุ่มผู้ตอบที่เหมาะสมกับโมเดล 2 PL		
			จำนวนผู้ตอบ	$\bar{X}$	S.D.
P11_18	16	300	284	0.600	0.180
P11_20	16	300	284	0.600	0.180
P11_22	16	300	284	0.600	0.180
P12_18	16	300	299	1.010	0.200
P12_20	16	300	299	1.010	0.200
P12_22	16	300	299	1.010	0.200
P13_18	16	300	300	1.130	0.240
P13_20	16	300	300	1.130	0.240
P13_22	16	300	300	1.130	0.240
P21_18	43	300	300	0.628	0.130
P21_20	43	300	300	0.628	0.130

ตาราง 22 (ต่อ)

แบบทดสอบ/ เงื่อนไข	จำนวน ข้อคำถาม	จำนวนผู้ตอบ ทั้งหมด	กลุ่มผู้ตอบที่เหมาะสมกับโมเดล 2 PL		
			จำนวนผู้ตอบ	$\bar{X}$	S.D.
P21_22	43	300	300	0.628	0.130
P22_18	33	300	300	0.440	0.114
P22_20	33	300	300	0.440	0.114
P22_22	33	300	300	0.440	0.114
P23_18	33	300	300	0.673	0.161
P23_20	33	300	300	0.673	0.161
P23_22	33	300	300	0.673	0.161
P31_18	23	300	300	0.767	0.282
P31_20	23	300	300	0.759	0.287
P31_22	24	300	300	0.755	0.276
P32_18	17	300	300	0.826	0.308
P32_20	17	300	300	0.835	0.299
P32_22	19	300	296	0.733	0.265
P33_18	17	300	300	0.847	0.268
P33_20	17	300	300	0.836	0.270
P33_22	18	300	299	0.804	0.255
U11_18	13	300	297	1.105	0.195
U11_20	14	300	294	1.015	0.238
U11_22	14	300	289	1.046	0.385
U12_18	12	300	296	1.005	0.212
U12_20	12	300	284	0.963	0.275
U12_22	12	300	289	1.046	0.385
U13_18	12	300	292	1.175	0.200
U13_20	12	300	288	0.916	0.307

ตาราง 22 (ต่อ)

แบบทดสอบ/ เงื่อนไข	จำนวน ข้อคำถาม	จำนวนผู้ตอบ ทั้งหมด	กลุ่มผู้ตอบที่เหมาะสมกับโมเดล 2 PL		
			จำนวนผู้ตอบ	$\bar{X}$	S.D.
U13_22	12	300	290	1.083	0.215
U21_18	25	300	300	0.709	0.087
U21_20	29	300	300	0.678	0.086
U21_22	35	300	300	0.635	0.075
U22_18	23	300	300	0.738	0.130
U22_20	28	300	300	0.689	0.096
U22_22	33	300	300	0.694	0.192
U23_18	22	300	300	0.755	0.129
U23_20	28	300	300	0.671	0.087
U23_22	32	300	300	0.657	0.061
U31_18	9	300	300	1.437	0.413
U31_20	8	300	300	1.360	0.335
U31_22	8	300	300	1.330	0.379
U32_18	8	300	300	1.379	0.358
U32_20	8	300	298	1.348	0.448
U32_22	8	300	300	1.315	0.445
U33_18	13	300	300	1.047	0.350
U33_20	20	300	300	1.022	0.388
U33_22	21	300	300	0.985	0.463

จากตาราง 22 พบว่า แบบทดสอบ/เงื่อนไข P22_22, P22_20 และ P22_18 มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการประมาณค่าความสามารถผู้สอบต่ำสุด เท่ากับ 0.44 ส่วนแบบทดสอบ/เงื่อนไขที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการประมาณค่าความสามารถสูงสุดคือ U31_18 เท่ากับ 1.437

5.2 โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม

เมื่อนำคำตอบของผู้สอบทุกคนมาแยกแยะตามเงื่อนไขการทดลองทั้ง 54 เงื่อนไข แล้ววิเคราะห์เพื่อหาคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผู้สอบรายบุคคล พบว่า มีคำตอบที่สามารถให้สารสนเทศคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน รวมทั้งสิ้น 16,061 ชุด แบ่งเป็น ผลการตอบที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 1PL จำนวน 5,266 ชุด 2PL จำนวน 5,402 ชุด และ 3PL จำนวน 5,393 ชุด โดยทั้งสามโมเดลคือ 1PL, 2PL และ 3PL มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.9728, 0.6360, 1.0215 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.2938, 0.1559 และ 0.4292 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 23

ตาราง 23 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานผู้สอบ จำแนกตามโมเดลการวิเคราะห์ข้อคำถาม

ตัวแปร	N	$\bar{X}$	S.D.
โมเดลการวิเคราะห์ 1PL	5,266	0.9728	0.2938
โมเดลการวิเคราะห์ 2PL	5,402	0.6360	0.1559
โมเดลการวิเคราะห์ 3PL	5,393	1.0215	0.4292
รวม	16,061	0.8759	0.3576

จากนั้น ทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ ของแบบทดสอบ ปรากฏผลดังตาราง 24

ตาราง 24 การทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ
ของแบบทดสอบ เมื่อใช้โมเดลวิเคราะห์ข้อคำถามต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	df	Sum of Squares	Mean Square	F
ระหว่างกลุ่ม	2	474.7544	237.3772	2413.8107 [*]
ภายในกลุ่ม	16058	1579.1639	0.983	
รวม	16060	2053.9182		

$P < .05$

จากตาราง 24 พบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากคลังข้อสอบที่ข้อคำถามวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1PL, 2PL และ 3PL มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธีของ Newman Keuls ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1PL กับ 2PL 2PL กับ 3PL และ 1PL กับ 3PL มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยแบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 2PL มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำสุดเท่ากับ 0.6360 และ 0.1559 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 1PL และ 3PL รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

5.3 ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย

ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย กำหนดไว้ 2 แบบ คือ Peak Target และ Uniform Target โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.7636, 0.9885 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.2941 และ 0.3797 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 25

ตาราง 25 การทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ
ของแบบทดสอบ เมื่อกำหนดลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ
เป้าหมายต่างกัน

ตัวแปร	N	$\bar{X}$	S.D.	t
ลักษณะการแจกแจง Peak Target	8047	0.7636	0.2941	41.98*
ลักษณะการแจกแจง Uniform Target	8014	0.9885	0.3797	

P* < .05

จากตาราง 25 พบว่าแบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชัน
สารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย Peak Target และ Uniform Target มีความแม่นยำในการ
ประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยแบบ
ทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงแบบ Peak Target มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ
คะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำกว่าแบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงแบบ Uniform
Target

5.4 พิสูจน์ของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศ แบบทดสอบ

ในการทดลองได้กำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชัน
สารสนเทศแบบทดสอบ 3 ลักษณะ คือ $-2.2 \leq 0 \leq 2.2$, $-2.0 \leq 0 \leq 2.0$ และ $-1.8 \leq 0 \leq 1.8$ ผลจาก
การวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการประมาณค่า
ความสามารถเท่ากับ 0.8549, 0.8645, 0.9037 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความ
คลาดเคลื่อนมาตรฐานการประมาณค่าความสามารถเท่ากับ 0.3599, 0.3514, 0.3563 ตามลำดับ
ดังแสดงในตาราง 26

ตาราง 26 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานผู้สอบ
จำแนกตามพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศ
แบบทดสอบ

ตัวแปร	N	$\bar{X}$	S.D.
$-2.2 \leq \theta \leq 2.2$	5,346	0.8549	0.3599
$-2.0 \leq \theta \leq 2.0$	5,347	0.8645	0.3514
$-1.8 \leq \theta \leq 1.8$	5,368	0.9037	0.3556
รวม	16,061	0.8744	0.3563

จากนั้น ทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ
ของแบบทดสอบ ปรากฏผลดังตาราง 27

ตาราง 27 การทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ
ของแบบทดสอบ เมื่อกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชัน
สารสนเทศแบบทดสอบ แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	df	Sum of Squares	Mean Square	F
ระหว่างกลุ่ม	2	7.1624	3.5812	28.3110 [*]
ภายในกลุ่ม	16058	2031.2728	0.1265	
รวม	16060	2038.4352		

$P^* < .05$

จากตาราง 27 พบว่า แบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$, $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ และ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณด้วยวิธีของ Newman Keuls ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบ

ทดสอบ $-2.2 \leq 0 \leq 2.2$ กับ $-1.8 \leq 0 \leq 1.8$ และ $-2.0 \leq 0 \leq 2.0$ กับ $-1.8 \leq 0 \leq 1.8$ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนแบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq 0 \leq 2.2$ กับ $-2.0 \leq 0 \leq 2.0$ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ช

5.5 ขนาดคลังข้อสอบ

คลังข้อสอบกำหนดไว้ 3 ขนาด คือ คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ 200 ข้อ และ 300 ข้อ จากการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏว่า คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.8452 , 0.3639 คลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.8834 , 0.3896 และคลังข้อสอบขนาด 300 ข้อ มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.8988 , 0.3132 รายละเอียดแสดงในตาราง 28

ตาราง 28 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานผู้สอบ จำแนกตามขนาดคลังข้อสอบ

ตัวแปร	N	$\bar{X}$	S.D.
คลังข้อสอบ 100 ข้อ	5,330	0.8452	0.3639
คลังข้อสอบ 200 ข้อ	5,362	0.8834	0.3896
คลังข้อสอบ 300 ข้อ	5,369	0.8988	0.3132
รวม	16,061	0.8759	0.3572

จากนั้น ทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบ ปรากฏผลดังตาราง 29

ตาราง 29 การทดสอบความแตกต่างของความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ
ของแบบทดสอบ เมื่อขนาดคลังข้อสอบแตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	df	Sum of Squares	Mean Square	F
ระหว่างกลุ่ม	2	8.1488	4.0744	31.9816
ภายในกลุ่ม	16,058	2045.7694	0.1274	
รวม	16,060	2053.9182		

$P < .05$

จากตาราง 29 พบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากคลังข้อสอบขนาด 100, 200 และ 300 ข้อ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณด้วยวิธีของ Newman Keuls ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อกับ 200 ข้อ, 100 ข้อกับ 300 ข้อ และ 200 ข้อกับ 300 ข้อ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัด ของแบบทดสอบอัตโนมัติที่สร้างโดย การคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming สรุปผลตามลำดับ ดังนี้

- ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า
- สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า
- วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า
- การวิเคราะห์ข้อมูล
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
- อภิปรายผล
- ข้อเสนอแนะ

๒๐/๑๐๖

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อเปรียบเทียบจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบอัตโนมัติที่สร้างโดยการคัดเลือก ข้อคำถามวิธี Binary Programming เมื่อ

- 1.1 โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถามต่างกัน
- 1.2 ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายต่างกัน
- 1.3 พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศ

แบบทดสอบต่างกัน

- 1.4 ขนาดคลังข้อสอบต่างกัน

2. เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ (θ) ของ แบบทดสอบอัตโนมัติ ที่สร้างโดยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming เมื่อ

- 2.1 โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถามต่างกัน
- 2.2 ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายต่างกัน
- 2.3 พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศ

แบบทดสอบต่างกัน

- 2.4 ขนาดคลังข้อสอบต่างกัน

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบที่ใช้โมเดลวิเคราะห์ข้อคำถามต่างกัน มีจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบแตกต่างกัน
2. แบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายต่างกัน มีจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบแตกต่างกัน
3. แบบทดสอบที่มีพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบต่างกัน มีจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบแตกต่างกัน
4. แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาดต่างกัน มีจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบแตกต่างกัน
5. แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบที่ใช้โมเดลวิเคราะห์ข้อคำถามต่างกัน มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของบุคคลแตกต่างกัน
6. แบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายต่างกัน มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของบุคคลแตกต่างกัน
7. แบบทดสอบที่มีพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบต่างกัน มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของบุคคลแตกต่างกัน
8. แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาดต่างกัน มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของบุคคลต่างกัน

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ประชากร

ประชากร เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่น 1,087 โรงเรียน จำนวน 23,026 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน(Multistage Random Sampling) ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม มีโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 274 โรงเรียน นักเรียน 7,434 คน

จากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จำนวน 1,009 คน สำหรับทดลองเครื่องมือครั้งที่ 1 เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงข้อคำถามรายข้อตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม กลุ่มที่ 2 จำนวน 4,025 คน สำหรับทดลองเพื่อหาค่าคุณลักษณะประจำข้อของเครื่องมือตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม และกลุ่มที่ 3 จำนวน 2,400 คน สำหรับศึกษาผลการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งวัดสมรรถภาพด้านความรู้ความเข้าใจครอบคลุมเนื้อหาที่หลักสูตรกำหนด ประกอบด้วย สุขภาพอนามัย สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและสังคม การดำเนินชีวิตในสังคม ชาติ ศาสนาและ พระมหากษัตริย์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ข่าวดูเหตุการณ์และวันสำคัญ โดยทั้งหกเรื่องแยกเป็น 20 สมรรถภาพย่อย

ลักษณะข้อคำถาม เป็นแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 397 ข้อ ทุกข้อผ่านการพัฒนาตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ดี วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ประจำข้อด้วยทฤษฎีการตอบข้อคำถาม โมเดลโลจิสติก IPL, 2PL และ 3PL และปรับค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามอยู่บนสเกลเดียวกัน (Common Scale) ตามรูปแบบการใช้แบบทดสอบร่วม (Anchor- Test Design) จากการตรวจสอบด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่า แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามจำนวนดังกล่าว มีคุณสมบัติความเป็นมิติเดียว

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดำเนินการตามแผนงาน/โครงการสร้างคลังข้อสอบของสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่นและสำนักงานการประถมศึกษาอำเภอเมืองขอนแก่น ด้วยความร่วมมือของบุคลากร การสนับสนุนด้านวัสดุ อุปกรณ์และงบประมาณจากหน่วยงานต้นสังกัด ขั้นตอนที่ 2 การทดลองเพื่อศึกษาผลการวิจัย สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่น มีหนังสือขอความอนุเคราะห์จากโรงเรียนในสังกัด ให้ความร่วมมือในการทดลองวิจัย จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการออกเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยทดสอบนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนกลุ่มเป้าหมาย หลังจากได้ข้อมูลครบตามที่ต้องการแล้ว นำ

ผลการสอบบันทึกลงในแผ่นคัสก์เพื่อวิเคราะห์ตามเงื่อนไขแบบแผนการทดสอบและจุดประสงค์การวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาลักษณะของแบบทดสอบอัตโนมัติ ก่อนนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยวิเคราะห์หาความถี่และร้อยละของจำนวนข้อคำถามที่ร่วมกันระหว่างแบบทดสอบ ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบแต่ละฉบับ กรณีตัวแปรอิสระมี 3 ระดับ ได้แก่ ขนาดคลังข้อสอบ โมเดลวิเคราะห์ข้อคำถาม และพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ ใช้วิธี Friedman Two Way Anova ถ้าผลการทดสอบพบว่าปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ ก็ทำการเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Dunn กรณีตัวแปรอิสระมี 2 ระดับ ได้แก่ ลักษณะรูปร่างแบบทดสอบ ใช้วิธี Wilcoxon Matched - Pairs Signed - Ranks Test

การศึกษาความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบ ภายหลังจากสอบวัดกับกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์หาคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบจากแบบทดสอบทั้ง 54 ฉบับ จากนั้นทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบ โดยใช้ t-test หรือ F-test และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Newman Keuls

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. จำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ เงื่อนไขที่มีข้อคำถามถูกคัดเลือกมากที่สุดเท่ากับ 43 ข้อ มี 3 เงื่อนไข ส่วนเงื่อนไขที่ข้อคำถามถูกคัดเลือกน้อยที่สุด จำนวน 8 ข้อ มีทั้งหมด 5 เงื่อนไข นอกจากนี้ยังพบว่า เงื่อนไขการวิเคราะห์ข้อคำถามด้วยโมเดล IPL ลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายแบบ Peak Target ของคลังข้อสอบทั้ง 3 ขนาด มีจำนวนข้อคำถามที่ถูกคัดเลือกเท่ากัน คือ 16 ข้อ รวม 9 เงื่อนไข

เมื่อพิจารณาข้อคำถามที่ถูกคัดเลือก พบว่า มีจำนวน 138 ข้อจากข้อคำถามทั้งหมด 300 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 46 ซึ่งเมื่อจำแนกตามขนาดคลังข้อสอบ ปรากฏว่า คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ มีข้อคำถามถูกคัดเลือกจำนวน 68 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 68 คลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ มี

ข้อคำถามถูกคัดเลือก จำนวน 94 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 47 และคลังข้อสอบขนาด 300 ข้อ มีข้อคำถามถูกคัดเลือก จำนวน 111 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 37

สำหรับข้อคำถามที่ถูกคัดเลือกบ่อยครั้งมากที่สุด คือ ข้อที่ 223 ถูกคัดเลือกจำนวน 31 ครั้ง จากทั้งหมด 54 ครั้ง รองลงมาได้แก่ข้อคำถามข้อ 404 , 244 , 39, 57 และ ข้อ 77 ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ แยกตามตัวแปรพบว่า

1.1 แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1PL , 2PL และ 3PL มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณด้วยวิธีของ Dunn ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1PL กับ 2PL และโมเดล 2PL กับ 3PL มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนแบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1PL กับ 3PL มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2 แบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยกำหนดลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย Peak Target และ Uniform Target มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3 แบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$, $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ และ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณด้วยวิธีของ Dunn ปรากฏว่า แบบทดสอบที่มีพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ กับ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนแบบทดสอบที่มีพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ กับ $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ และ $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ กับ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.4 แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากคลังข้อสอบขนาด 100 , 200 และ 300 ข้อ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณ

ด้วยวิธีของ Dunn ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ กับ 200 ข้อ และคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ กับ 300 ข้อ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนแบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ กับ 300 ข้อ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างไรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. คุณลักษณะข้อคำถามของแบบทดสอบ เมื่อนำข้อคำถามที่ถูกคัดเลือกทั้ง 138 ข้อ มาพิจารณาเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ประจำข้อ พบว่า ข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 1 PL พารามิเตอร์ความยาก (b) มีค่าระหว่าง -4.096 ถึง 2.161 ข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 PL พารามิเตอร์ความยาก (b) มีค่าระหว่าง -2.767 ถึง 3.980 และพารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a) มีค่าระหว่าง 0.148 ถึง 1.179 ส่วนข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 3 PL พารามิเตอร์ความยาก (b) มีค่าระหว่าง -2.161 ถึง 2.901 พารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a) มีค่าระหว่าง 0.338 ถึง 6.155 และพารามิเตอร์การเดา (c) มีค่าระหว่าง 0.083 ถึง 0.320 สำหรับข้อคำถามที่ถูกคัดเลือกมาก 12 ลำดับแรก พบว่า ส่วนใหญ่ค่าพารามิเตอร์ความยากจะอยู่ในช่วง -0.5 ถึง 0.5 ค่าอำนาจจำแนกมีค่ามากกว่า 0.5 ทุกข้อคำถาม ในขณะที่เดียวกันทุกข้อคำถามมีค่าการเดาต่ำกว่า 0.25

3. ลักษณะการแจกแจงของแบบทดสอบ เมื่อนำค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบแต่ละฉบับ มาเขียนกราฟ เพื่อเปรียบเทียบกับ Target Test Information Curve พบว่า แบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดรูปร่างแบบ Peak Target มีลักษณะการแจกแจงของกราฟส่วนใหญ่อยู่ภายใต้ขอบเขตที่กำหนด มีเพียง 8 ฉบับเท่านั้น คือ P23_22, P23_20, P23_18, P21_18, P22_22, P22_20 และ P22_18 ที่เส้นกราฟสูงเบี่ยงเบนออกจากลักษณะของโค้งสารสนเทศเป้าหมาย แต่ลักษณะกราฟยังมีรูปร่างคล้ายคลึงกับแบบทดสอบอื่นๆ

สำหรับแบบทดสอบที่กำหนดลักษณะการแจกแจง Uniform Target พบว่า ลักษณะการแจกแจงของกราฟส่วนใหญ่แตกต่างจากโค้งสารสนเทศเป้าหมายที่กำหนดไว้ ยกเว้นแบบทดสอบที่สร้างจากค่าพารามิเตอร์ IPL จำนวน 9 ฉบับ คือ U11_22, U11_20, U11_18, U12_22, U12_20, U12_18, U13_22, U13_20 และ U13_18 ที่ลักษณะเส้นกราฟใกล้เคียงกับโค้งสารสนเทศเป้าหมาย

4. ความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบ

4.1 โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากคลังข้อสอบที่ข้อคำถามวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1PL, 2PL และ 3PL มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถ ผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณด้วยวิธีของ Newman Keuls ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1PL กับ 2PL 2PL กับ 3PL และ 1PL กับ 3PL มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยแบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 2PL มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ต่ำสุดเท่ากับ 0.6360 และ 0.1559 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 1PL และ 3PL

4.2 ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย แบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย Peak Target และ Uniform Target มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยแบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงแบบ Peak Target มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.7636 และ 0.2941 ซึ่งต่ำกว่าแบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงแบบ Uniform Target

4.3 พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบแบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$, $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ และ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณด้วยวิธีของ Newman Keuls ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ กับ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ และ $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ กับ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนแบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ กับ $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.4 ขนาดคลังข้อสอบ แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากคลังข้อสอบขนาด 100, 200 และ 300 ข้อ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณด้วยวิธีของ Newman Keuls ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อกับ 200 ข้อ, 100 ข้อกับ 300 ข้อ และ 200 ข้อกับ 300 ข้อ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

ผลการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบอัตโนมัติเมื่อคัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธี Binary Programming นี้ เป็นข้อค้นพบภายใต้เงื่อนไขของการกำหนดตัวแปรอิสระ 4 ตัวแปร คือ โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ และขนาดคลังข้อสอบ ผู้วิจัยกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของแบบทดสอบโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 สอบวัดนักเรียนฉบับละ 300 คน และประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผู้สอบโดยโมเดล โลจิสติก 2 PL ดังนั้นหากสิ่งเหล่านี้แปรเปลี่ยน ผลการวิจัยก็อาจเปลี่ยนไป สำหรับผลการศึกษาครั้งนี้ มีประเด็นที่นำมาอภิปราย ดังนี้

1. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบจากผลการศึกษาพบว่า โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ และขนาดคลังข้อสอบ ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบ กล่าวคือ

1.1 แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบซึ่งวิเคราะห์ข้อคำถามด้วยทฤษฎีการตอบข้อคำถามโมเดลโลจิสติก 1PL, 2PL และ 3PL มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยแบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบซึ่งวิเคราะห์ข้อคำถามด้วยทฤษฎีการตอบข้อคำถามโมเดลโลจิสติก 2PL มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบข้อคำถามนั้น ใช้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม (IIF) โดยค่าดังกล่าวมีพื้นฐานการคำนวณมาจากค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามซึ่งเกี่ยวข้องกับโมเดลการวิเคราะห์

ข้อคำถามโดยตรง ดังนั้นการเลือกใช้โมเดลการวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูล จะส่งผลต่อความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ วู (Wu.1993) ที่พบว่า ความเชื่อถือได้ของการประมาณค่าพารามิเตอร์ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแบบทดสอบ อย่างไรก็ตาม การจะตัดสินใจเลือกโมเดลการวิเคราะห์ใดนั้น ฮูลิน คราสโก และพารสัน(Hulin, Drasgow and Parsons.1983) ได้เสนอแนะว่า ถ้าข้อคำถามมีแนวโน้มและแรงจูงใจที่ผู้สอบจะเดาคำตอบเมื่อไม่รู้คำตอบควรเลือกโมเดลโลจิสติก 3PL หรือถ้าการตอบข้อคำถามนั้นโอกาสเดาไม่เกิดขึ้นก็ควรเลือกโมเดลโลจิสติก 2PL แต่ถ้าข้อคำถามหรือเนื้อหานั้นไม่มีโอกาสเดาได้ และค่าอำนาจการจำแนกผู้สอบเท่าเทียมกันก็ควรที่จะเลือกใช้โมเดลโลจิสติก 1 PL จากการศึกษที่ผ่านมาพบว่า จำนวนกลุ่มตัวอย่างมีผลต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์และความแม่นยำในการประมาณค่า IIF กรณีเลือกใช้โมเดลโลจิสติก 3PL กลุ่มตัวอย่างไม่น่าจะต่ำกว่า 1,000 คน แต่ถ้ากลุ่มตัวอย่างประมาณ 500 คน โมเดลโลจิสติก 2PL น่าจะเหมาะสมกว่า (Hulin Drasgow and Parsons.1983:109) สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ลักษณะข้อคำถามเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และขนาดกลุ่มตัวอย่างอยู่ระหว่าง 400-416 คน ดังนั้นเป็นไปได้ที่ชุดข้อมูลและขนาดกลุ่มตัวอย่างมีความเหมาะสมกับ โมเดล 2PL

1.2 แบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศ แบบทดสอบเป้าหมาย Peak Target และ Uniform Target มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกัน โดยแบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงแบบ Peak มีค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำกว่าแบบ Uniform ในการสร้างแบบทดสอบเพื่อใช้สำหรับสอบวัดกับนักเรียนกลุ่มใหญ่ที่มีความสามารถหลายระดับ โดยปกติผู้สอบส่วนใหญ่จะมีความสามารถระดับกลางๆ (Wainer,1990) หรือความสามารถของกลุ่มผู้สอบมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ(Normal Distribution) ดังนั้นแบบทดสอบที่มีลักษณะ Peak Target หรือ Normal Test จึงมีความสอดคล้องกับความสามารถผู้สอบกลุ่มดังกล่าว(Wright and Douglas.1975a) ซึ่งในประเด็นนี้ คอรันบาคซ์ และแวงริงตัน (Cronbach and Warrington .1952) เดอร์ กริวเตอร์ (de Gruijter .1990) อาร์มสตรอง โจนส์ และวู (Armstrong, Jones and Wu .1992) พบว่า แบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงแบบ Peak Target มีระดับสารสนเทศสูงสำหรับกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถกว้างและแบบทดสอบจะมีความแม่นยำ ถ้าสารสนเทศ (Information Peak) นั้นสอดคล้องตรงกันกับระดับความสามารถเฉลี่ยของกลุ่มผู้สอบ(Population Mean) นอกจากนี้สาเหตุหนึ่งที่แบบทดสอบลักษณะ

Uniform Target มีความแม่นยำในการวัดต่ำกว่า Peak Target นั้น เนื่องจากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากการคัดเลือกด้วยวิธี Binary Programming ครั้งนี้ ส่วนใหญ่มีลักษณะที่ค่อนข้างแตกต่างไปจากรูปร่างของแบบทดสอบเป้าหมาย ในขณะที่ Peak Target แบบทดสอบมีลักษณะสอดคล้องกับแบบทดสอบเป้าหมาย ซึ่งเรื่องนี้ได้รับการยืนยันจาก อาร์มสตรอง โจนส์ และวู (Armstrong, Jones and Wu .1992) ที่พบว่า การสร้างแบบทดสอบให้มีลักษณะรูปร่างสอดคล้องกับแบบทดสอบเป้าหมาย จะทำให้ได้แบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นสูง

1.3 พิสูจน์ของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบมีผลต่อความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ โดยแบบทดสอบที่พิสูจน์ของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ มีค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำสุด แต่เมื่อทดสอบทางสถิติแล้วพิสูจน์การวัดตำแหน่งความสามารถ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ กับ $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ มีความแม่นยำในการวัดความสามารถผู้สอบไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ซามิโงมา (Samejima. 1994) ที่พบว่า ความแม่นยำในการวัดมีความสัมพันธ์กันระหว่างพิสูจน์ของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบกับขนาดคลังข้อสอบ โดยถ้าคลังข้อสอบมีขนาด 300, 100 และ 50 ข้อ พิสูจน์ของตำแหน่งความสามารถสำหรับการประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง -2.0 ถึง 2.0

1.4 ขนาดคลังข้อสอบ ผลวิจัยพบว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากคลังข้อสอบขนาด 300, 200 และ 100 ข้อ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกัน โดยแบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ มีค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำสุด ในเรื่องนี้ แฮมเบลตัน สวามินาธาน และโรเจอร์ (Hambleton, Swaminathan and Rogers.1991) กล่าวถึง การผลิตแบบทดสอบให้มีความแม่นยำในการวัดนั้น คลังข้อสอบที่ใช้ต้องมีคุณภาพและขนาดใหญ่เพียงพอต่อความต้องการ โดยเฉพาะการคัดเลือกข้อคำถามแบบออฟติมอลด้วยวิธี Binary Programming โปรแกรมจะควานหาค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามที่สอดคล้องกับเงื่อนไขข้อบังคับและมีค่าสารสนเทศสูงสุด ดังนั้น ถ้าคลังข้อสอบมีขนาดใหญ่โอกาสจะได้ข้อคำถามที่ให้ค่าสารสนเทศสูงสุดย่อมเป็นไปได้มากกว่าคลังข้อสอบที่มีขนาดเล็ก นอกจากนี้คุณภาพข้อคำถามแต่ละข้อที่บรรจุภายในคลังข้อสอบ รวมถึงลักษณะการกระจายค่าพารามิเตอร์ข้อคำถาม เช่น Quite Skewed, Bimodal, Sharply

Peaked หรือ Flat ย่อมส่งผลต่อคุณภาพแบบทดสอบ (Wainer.1990) ซึ่งผลการศึกษาค้างนี้แสดงให้เห็นว่าคุณภาพข้อคำถามที่บรรจุในคลังข้อสอบมีความสำคัญยิ่ง กล่าวคือ ในการจัดข้อคำถามบรรจุเข้าคลังข้อสอบแต่ละขนาดนั้น ผู้วิจัยจะพิจารณาคัดเลือกข้อคำถามในแต่ละรายสมรรถภาพตามสัดส่วนที่กำหนด โดยข้อคำถามที่มีค่าสถิติอยู่ในเกณฑ์ดี เช่น มีค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง ค่าการเดาต่ำ ความยากปานกลาง จะได้รับการพิจารณาบรรจุเข้าคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อก่อน จากนั้นพิจารณาข้อคำถามที่เหลือ บรรจุเพิ่มเติมเข้ามาตามสัดส่วนที่กำหนดในคลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ และ 300 ข้อ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ แม้จะมีจำนวนข้อคำถามน้อย แต่ก็ถือว่าทุกข้อมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์สูง

นอกจากปัจจัยที่กล่าวมาแล้ว จำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ (Test Length) ก็มีผลต่อความแม่นยำในการวัด ดังจะเห็นได้จาก แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 2PL ทุกฉบับ (18 ฉบับ) มีความยาวมากกว่าแบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 1PL และ 3PL ซึ่ง ฮูลิน ดราสโก และ พารสัน (Hulin, Drasgow and Parsons. 1983) แฮมเบลตัน สวามินาธาน และโรเกอร์ (Hambleton, Swaminathan and Rogers.1991) กล่าวว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด ($SE(\theta)$) มีความสัมพันธ์กับจำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ ถ้าแบบทดสอบมีจำนวนข้อคำถามมาก ค่า $SE(\theta)$ จะต่ำ แต่ถ้ามีจำนวนข้อคำถามน้อยค่า $SE(\theta)$ จะสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลการศึกษาค้างนี้แล้ว ความยาวของแบบทดสอบ ดูเหมือนจะมีอิทธิพลต่อความแม่นยำในการวัดน้อยกว่าโมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ และขนาดคลังข้อสอบ

2. ในการสร้างแบบทดสอบตามเงื่อนไขต่างๆ นั้น หลังจากนำไปทดสอบกับนักเรียน และนำผลการตอบมาวิเคราะห์เพื่อหาระดับความแม่นยำในการวัด พบว่า มีแบบทดสอบจำนวน 3 ฉบับ/เงื่อนไข ที่มีระดับความแม่นยำอยู่ในขอบเขตที่กำหนด คือ แบบทดสอบที่สร้างตามเงื่อนไขลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศเป้าหมาย Peak Target ข้อคำถามวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 PL พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$, $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$, $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ และสร้างจากข้อคำถามที่บรรจุในคลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการประมาณค่า เท่ากับ 0.44 ในขณะที่เงื่อนไขอื่นๆ อีก 51 เงื่อนไข มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสูงกว่า

ระดับความแม่นยำที่กำหนดคือ 0.50 นั้นแสดงให้เห็นว่า โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย และขนาดคลังข้อสอบ มีผลต่อความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบดังได้กล่าวมาแล้วในข้อ 1

3. ความยาวแบบทดสอบ ผลการศึกษาเกี่ยวกับการคัดเลือกข้อคำถามแบบออฟติมอล ด้วยวิธี Binary Programming พบว่า โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ และขนาดคลังข้อสอบ ส่งผลต่อความยาวของแบบทดสอบ กล่าวคือ

3.1 แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดลโลจิสติก 2PL มีจำนวนข้อคำถามมากกว่า 3PL และ 1PL ซึ่งส่งผลทำให้มีความแม่นยำในการวัดสูงกว่าเช่นกัน อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าแบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดลโลจิสติก 1PL จำนวน 18 เงื่อนไข มีข้อคำถามใกล้เคียงกัน คือ ระหว่าง 12-16 ข้อ ทั้งๆ ที่เงื่อนไขต่างๆ เปลี่ยนไป ส่วนแบบทดสอบที่สร้างจากการคัดเลือกข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดลโลจิสติก 2PL จำนวนข้อคำถามลดลงเรื่อยๆ เมื่อขนาดคลังข้อสอบมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีแนวโน้มจะคงที่เมื่อคลังข้อสอบมีขนาดใหญ่เพียงพอ ในขณะที่แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ด้วยโมเดลโลจิสติก 3PL มีทิศทางการเพิ่ม/ลดจำนวนข้อคำถามไม่แน่นอน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าโมเดล 3PL นี้ไม่เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่มีเพียง 400-416 ตัวอย่าง ส่งผลให้การประมาณค่าพารามิเตอร์เกิดความผิดเพี้ยนไป กอปรกับเมื่อนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปสอบวัด พบว่า มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบสูงสุด ซึ่งมากกว่าแบบทดสอบที่สร้างจากโมเดล 1PL และ 2PL รายละเอียด ดังแสดงในตาราง 23

3.2 แบบทดสอบที่มีลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายแบบ Peak Target มีจำนวนข้อคำถามมากกว่า Uniform Target ในเกือบทุกเงื่อนไข มีเพียง 3 เงื่อนไขเท่านั้นที่แบบทดสอบ Uniform Target มีจำนวนข้อมากกว่า Peak Target คือ เงื่อนไขโมเดลการวิเคราะห์ 3PL และคลังขนาด 300 ข้อ ทั้งนี้อาจมาจากโมเดลและขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เหมาะสมกับชุดข้อมูล นอกจากนี้การที่แบบทดสอบลักษณะ Peak Target มีจำนวนข้อคำถามมากกว่า Uniform Target นั้น น่าจะเป็นผลมาจากการกำหนดค่า $I(\theta_k)$ เพราะ Uniform Target กำหนดระดับความสามารถทั้ง 5 ระดับเท่ากัน คือ 4 ในขณะที่แบบทดสอบ

Peak Target กำหนดค่า $I(\theta_k)$ เท่ากับ 1,4,12,4 และ 1 ซึ่งมีความสอดคล้องกับกลุ่มผู้สอบที่มีลักษณะการแจกแจงความสามารถแบบปกติ

3.3 แบบทดสอบที่กำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ มีจำนวนข้อคำถามมากกว่าพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ และ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$ ตามลำดับ ในการสร้างแบบทดสอบออฟติไมซ์ตามแนวทฤษฎีการตอบข้อคำถามด้วยวิธี Binary Programming โปรแกรมต้องสรรหาข้อสอบจำนวนหนึ่งมารวมชุดกัน เพื่อให้มีคุณลักษณะสอดคล้องกับโครงสร้างสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย (TTIC) ในกรณีที่กำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบกว้าง จำนวนข้อคำถามที่จะมารวมชุดกันเพื่อให้มีลักษณะรูปร่างคล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกับ TTIC ย่อมมีจำนวนมากกว่าการกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถที่แคบกว่า แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบ เช่น คุณภาพข้อคำถาม ขนาดคลังข้อสอบ ฯลฯ

3.4 แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อมีจำนวนข้อคำถามมากที่สุดและแบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาด 200 ข้อและ 300 ข้อ มีจำนวนข้อคำถามไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับการศึกษาของ เบเกอร์ โคเฮน และบาร์มिश (Baker, Cohen and Barmish.1988) เดอร์ กริวเตอร์ (de Gruijter.1990) ที่พบว่า ถ้าคลังข้อสอบมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่าความยากมีความพอเพียง จะส่งผลให้ข้อคำถามที่ถูกคัดเลือกมีจำนวนลดลง

นอกจากนี้ ปัจจัยที่น่าจะส่งผลต่อความยาวของแบบทดสอบ คือ 1). การกำหนดค่าสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ($I(\theta_k)$) ณ ระดับความสามารถต่างๆ ซึ่งค่าดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบโดยตรง กล่าวคือ ถ้า $I(\theta_k)$ กำหนดไว้ในระดับสูง ค่า $SE(\theta)$ จะต่ำ แต่ถ้ากำหนดค่า $I(\theta_k)$ ไว้ในระดับต่ำ $SE(\theta)$ จะมีค่าสูง 2). จำนวนระดับความสามารถ เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดระดับความสามารถไว้ 5 ระดับ คือ ระดับความสามารถ -1.2, 0, 1.2 กำหนดไว้คงที่ทุกเงื่อนไข ส่วนอีก 2 ระดับที่ปลายสุดทั้งสองข้างคือ -2.2, -2.0, -1.8, 1.8, 2.0 และ 2.2 จะเปลี่ยนแปลงไปตามแบบแผนการทดสอบ ผลจากการศึกษา พบว่า การกำหนดจุดระดับความสามารถที่มีระยะช่วงห่างเกินไป จะส่งผลต่อรูปร่างหรือลักษณะของแบบทดสอบ (TIC) ซึ่ง TIC มีความเกี่ยวข้องกับจำนวนข้อคำถามของแบบ

ทดสอบ 3). จำนวนเงื่อนไขทางด้านเนื้อหา การคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming โปรแกรมจะหาคำตอบภายใต้กฎเกณฑ์ เงื่อนไขข้อบังคับที่กำหนด เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นการเพิ่มเงื่อนไขแต่ละครั้งย่อมหมายถึงการเพิ่มจำนวนสมการ ซึ่งส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบและจำนวนข้อคำถามโดยตรง 4). ลักษณะการแจกแจงหรือการกระจายค่าสารสนเทศคลังข้อสอบ(Distribution of the Item Pool Information) ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การแจกแจงสารสนเทศคลังข้อสอบขึ้นกับโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อคำถาม กล่าวคือ คลังข้อสอบที่ข้อคำถามวิเคราะห์ด้วยโมเดล 1PL การแจกแจงสารสนเทศคลังข้อสอบมีลักษณะยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) โดยมีค่าฟังก์ชันสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถต่างๆ เท่ากับ 0.7220 ส่วนคลังข้อสอบที่ข้อคำถามวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2PL การแจกแจงสารสนเทศคลังข้อสอบมีลักษณะโค้งปกติ (Normal Distribution) โดยส่วนใหญ่ค่าฟังก์ชันสารสนเทศสูงสุดอยู่ในช่วงระดับความสามารถ -1.2 ถึง 0.6 สำหรับคลังข้อสอบที่ข้อคำถามวิเคราะห์ด้วยโมเดล 3PL การแจกแจงสารสนเทศคลังข้อสอบมีลักษณะกระจายเป็นกลุ่มหรือมีหลายโหมด (Mode) รายละเอียดคุณลักษณะของคลังข้อสอบแสดงในภาพประกอบ 5

4. วิธีการคัดเลือกข้อคำถาม การคัดเลือกข้อคำถามแบบออฟติมอลด้วยวิธี Binary Programming โปรแกรมจะหาค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามที่สอดคล้องกับเงื่อนไข/ข้อบังคับและมีค่าสารสนเทศสูงสุด ในกรณีที่คลังข้อสอบมีขนาดใหญ่และตัวแปรข้อบังคับมาก จะใช้เวลาแก้ปัญหา(Run Time)ค่อนข้างมาก (Boekkooi-Timminga and van de Linden,1987; Swanson and Stocking,1993) ดังแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ในตาราง 30

ตาราง 30 เวลา(Run Time) และจำนวนรอบวน (Iteration) ที่ใช้ในการคำนวณแต่ละแฟ้มข้อมูล

แฟ้มข้อมูล	เวลาที่ใช้คำนวณ (ชั่วโมง:นาที:วินาที)			จำนวน Iteration
	CPU80486DX2/66	CPU Pentium100	CPU Pentium133	
P11_22	0:24:02	0:11:54	0:03:02	18
P31_18	0:22:33	0:10:34	0:03:30	38
U22_20	4:33:50	1:35:59	0:38:46	18
P23_20	18:03:02	7:28:19	3:11:19	35
U13_18	17:47:56	7:38:20	3:20:03	52

จากตาราง 30 จะเห็นว่า โปรแกรม Linear Programming Optimizer V2.61 ใช้เวลาคำนวณค่อนข้างมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ โบคคู ทิมมิงกา และ แวน เดอร์ ลินเดน (Bockkooi-Timminga and van de Linden. 1987) เบเกอร์ โคเฮนและบาร์มิส (Baker, Cohen and Barmish.1988) สเวนสันและสต็อกกิง (Swanson and Stocking.1993) ที่พบว่า การคัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธีการ Linear Programming หรือ Binary Programming เครื่องคอมพิวเตอร์ต้องใช้เวลามากในการความหาข้อคำถามเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้เวลาแก้ปัญหาของโปรแกรมมีหลายประการ เช่น ความเร็วหรือสมรรถนะ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ CPU มีสมรรถนะสูงกว่าย่อมใช้เวลาน้อย ขนาดของคลังข้อสอบ คลังข้อสอบที่มีขนาดใหญ่การแก้ปัญหาจะใช้เวลามากขึ้น จำนวนเงื่อนไขข้อบังคับ ปัญหาที่มีเงื่อนไขมากๆ จะใช้เวลามาก เช่น กรณีคลังข้อสอบขนาด 300 ข้อ มีเงื่อนไขรวม 305 เงื่อนไข ในขณะที่คลัง 100 ข้อและ 200 ข้อมีเพียง 105 และ 205 เงื่อนไขตามลำดับ

สำหรับรอบวนของการแก้ปัญหา นั้น จำนวนรอบวนจะมากหรือน้อย ขึ้นกับขนาดคลังข้อสอบ ถ้าคลังข้อสอบมีขนาดใหญ่จำนวนรอบวนก็จะมาก เนื่องจากโปรแกรมจะต้องใช้ข้อคำถามทุกข้อมาเป็นตัวแปรในการแก้ปัญหา ลักษณะการแจกแจงฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายอาจมีอิทธิพลบ้างแต่ไม่มากนัก แต่สิ่งที่น่าสนใจมีผลต่อจำนวนรอบวนอีกประการหนึ่งคือ คุณภาพข้อคำถามและคุณลักษณะคลังข้อสอบ

5. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ในการศึกษาครั้งนี้ มุ่งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดเพียง 4 ปัจจัยของแบบทดสอบออปติมอลที่สร้างด้วยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming ดังนั้นจึงไม่กำหนดความครอบคลุมเนื้อหาในทุกเงื่อนไขของการคัดเลือก แต่จากการวิเคราะห์แบบทดสอบทั้ง 54 ฉบับ พบว่า ทุกฉบับมีข้อคำถามไม่ครอบคลุมสมรรถภาพย่อยทั้ง 20 สมรรถภาพ ซึ่งในเรื่องนี้ เบเกอร์ โคเฮนและบาร์มิส (Baker, Cohen and Barmish.1988) ได้ตั้งข้อสังเกตว่าการคัดเลือกข้อคำถามโดยใช้ค่าสถิติเพียงอย่างเดียวก่อให้เกิดความไม่มั่นใจในเรื่องความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา อย่างไรก็ตาม ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขโดยเพิ่มเงื่อนไขด้านเนื้อหา/สมรรถภาพเข้าเป็นตัวแปรข้อจำกัดในสมการ ซึ่งจะทำได้แบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามต้องการ (van de Linden and Bockkooi Timminga. 1989)

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้เกิดการขยายผลทั้งในการประยุกต์ใช้และศึกษาค้นคว้า ผู้วิจัยให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงาน

1.1 หน่วยงาน องค์กรทั้งภาครัฐและเอกชน ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและใช้แบบทดสอบ เช่น ทบวงมหาวิทยาลัย กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน ฯลฯ ซึ่งหน่วยงานเหล่านี้มีวัตถุประสงค์ในการใช้แบบทดสอบที่แตกต่างกัน เช่น เพื่อประเมินคุณภาพการศึกษา การตรวจสอบมาตรฐานการศึกษา การคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อ รับทุนการศึกษาหรือบรรจุแต่งตั้งบุคคลเข้าทำงาน เป็นต้น กิจกรรมต่างๆเหล่านี้ส่วนใหญ่นิยมใช้แบบทดสอบ โดยเฉพาะแบบทดสอบประเภทเขียนตอบและสอบวัดกับกลุ่มผู้สอบจำนวนมาก จากการดำเนินงานที่ผ่านมาการสอบวัดแต่ละครั้งจะใช้เวลา บุคลากร วัสดุอุปกรณ์ค่อนข้างมากและมีปัญหาในเรื่องคุณภาพของเครื่องมือ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของผลการสอบ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและพัฒนาระบบการประเมินผลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรนำแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม และการสร้างแบบทดสอบอพติมอลด้วยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming ไปประยุกต์ใช้ เนื่องจากหน่วยงานเหล่านี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วนกลางมีความพร้อมทั้งบุคลากร วัสดุอุปกรณ์ วิทยาการ และเทคโนโลยี โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานที่สำคัญ คือ

- 1). การพัฒนาระบบคลังข้อสอบ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการสร้างและพัฒนาข้อคำถามใส่คลังข้อสอบ การพัฒนาระบบโปรแกรมคลังข้อสอบซึ่งในปัจจุบันนี้มีโปรแกรมทางด้านนี้ออกเผยแพร่จำนวนมากทั้งระบบใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC และ เครือข่ายขนาดใหญ่
- 2). การใช้ข้อคำถามจากคลังข้อสอบ เมื่อมีข้อคำถามที่มีคุณภาพเก็บไว้ในคลังข้อสอบแล้ว การนำข้อคำถามไปใช้แต่ละครั้ง ผู้ใช้จะต้องออกแบบแบบทดสอบ เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นสูงสุด การออกแบบแบบทดสอบเริ่มต้นด้วยการกำหนดระดับความแม่นยำที่ต้องการหรือระดับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ยอมรับได้ จากนั้นพิจารณากลุ่มผู้สอบว่าเป็นใคร ถ้ากลุ่มผู้สอบมีความสามารถหลากหลายระดับควรเลือกลักษณะการแจกแจงสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย Peak Target พิสัยของตำแหน่งความสามารถ

สำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบระหว่าง -2.0 ถึง 2.0 ตลอดจนกำหนดรายละเอียดอื่นที่จำเป็น เช่น ขอบเขตสมรรถภาพที่วัด จำนวนข้อที่ต้องการ เป็นต้น เมื่อกำหนดเงื่อนไขต่างๆอย่างรอบคอบแล้ว จึงนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Binary Programming

3). การนำแบบทดสอบไปใช้ หลังจากคัดเลือกข้อคำถามที่มีความเหมาะสมในการสอบวัดแล้ว ในขั้นตอนการนำไปใช้นั้นต้องพิจารณาตามความเหมาะสม เช่นในกรณีผู้สอบมีจำนวนมากอาจเลือกวิธีการพิมพ์แบบทดสอบลงกระดาษและนำไปทดสอบ แต่ถ้าผู้สอบมีจำนวนไม่มากและหน่วยงานมีความพร้อมทางด้านเครื่องคอมพิวเตอร์ อาจพัฒนารูปแบบการสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

4). การให้คะแนนและแปลผล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปตรวจให้คะแนนและแปลผลตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

1.2 สถาบันการศึกษาและโรงเรียน การสร้างแบบทดสอบโดยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming นั้น เป็นการพัฒนาแบบทดสอบตามแนวทางทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ซึ่งในปัจจุบัน การวัดและประเมินผลการเรียนของโรงเรียนส่วนใหญ่ ใช้ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม เนื่องจากเป็นสิ่งที่ปฏิบัติกันมาเป็นเวลานาน และง่ายต่อการนำไปใช้ ในขณะที่ทฤษฎีการตอบข้อคำถามนั้นมีข้อจำกัดค่อนข้างมาก เช่น การหาค่าพารามิเตอร์ประจำข้อคำถามต้องใช้ผู้สอบเป็นจำนวนมาก การจัดชุดข้อคำถาม และการแปลผลการสอบค่อนข้างยุ่งยากถ้าไม่ใช้คอมพิวเตอร์

ดังนั้นการนำวิธีคัดเลือกข้อคำถามแบบ Binary Programming มาใช้ในระบบประเมินผลการเรียนของโรงเรียน จะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ความพร้อมของคณะครู-อาจารย์เกี่ยวกับความรู้ทางด้านการวัดและประเมินผลการเรียนตามแนวทางทฤษฎีการตอบข้อคำถามและทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ ความพร้อมของอุปกรณ์โดยเฉพาะ เครื่องคอมพิวเตอร์

เมื่อโรงเรียนมีความพร้อมดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ก็สามารถนำวิธีการ Binary Programming มาใช้ได้ตามขั้นตอนต่างๆ ที่กล่าวไว้ในข้อ 1.1 อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานในระดับโรงเรียนนั้น อาจประสบปัญหาในเรื่องการพัฒนาข้อคำถามได้คลังข้อสอบ เนื่องจากแต่ละโรงเรียนมีจำนวนนักเรียนที่จะใช้ในการพัฒนาคุณภาพข้อคำถามไม่มากนัก ดังนั้นอาจแก้ปัญหาโดยการพัฒนาข้อคำถามร่วมกันของแต่ละกลุ่มโรงเรียน ซึ่งถ้ามีจำนวนกลุ่มผู้สอบประมาณ 300-500 คน ควรเลือกใช้โมเดลการวิเคราะห์ 2PL หรือ 1 PL จะสมเหตุสมผลกว่าแต่ถ้าต้องการใช้โมเดลการวิเคราะห์ 3PL ก็ควรใช้กลุ่มผู้สอบไม่ต่ำกว่า 1,000 คน (Lord,1968; citing Hulin, Drasgow and Parsons, 1983:139-141) นอกจากนี้ในขั้นตอนการคัดเลือกข้อคำถาม จะ

ต้องพิจารณาถึงความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และระดับความแม่นยำที่ต้องการ ซึ่งทั้งสองประการนี้ ต้องใช้เป็นเงื่อนไขสำคัญของตัวแปรข้อจำกัดเชิงเส้น

หนึ่งในเรื่องคุณสมบัติความเป็นมิติเดียวของแบบทดสอบนั้น จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามของคลังข้อสอบที่วัดในเนื้อหา/สมรรถภาพในรายวิชาเดียวกัน มีคุณสมบัติความเป็นมิติเดียว ดังนั้นการจัดระบบคลังข้อสอบในระดับโรงเรียน อาจจัดเก็บตามระบบรายวิชา และรายสมรรถภาพ/เนื้อหา โดยมีจำนวนข้อคำถามสมรรถภาพย่อยละไม่ต่ำกว่า 8 ข้อ

1.3 การทดสอบแบบปรับเหมาะกับความสามารถของผู้สอบ (Adaptive Testing) กล่าวคือ ในการคัดเลือกข้อคำถามที่ให้สารสนเทศสูงสุดและเหมาะกับความสามารถของผู้สอบแต่ละคนนั้น สามารถนำวิธีการคัดเลือกข้อคำถาม Binary Programming มาใช้ได้ทั้งรูปแบบการสอบที่ไม่ใช้คอมพิวเตอร์และการสอบที่ใช้คอมพิวเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น การทดสอบแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Adaptive Test) ในขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบกำหนดทิศทาง (Routing Test) ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อจำแนกผู้สอบแต่ละคนว่าจะต้องทำการทดสอบขั้นต่อไปด้วยแบบทดสอบวัดผล (Measurement Test) ที่มีความเหมาะสมกับผู้สอบชุดใด ดังนั้นจึงต้องออกแบบแบบทดสอบในลักษณะการวินิจฉัย คือ กำหนดโครงสร้างสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายแบบยูนิฟอร์ม (van der Linden, 1994) พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบระหว่าง -2.0 ถึง 2.0 ระดับความแม่นยำหรือจำนวนข้อที่ต้องการ เป็นต้น จากนั้นในขั้นการสร้างแบบทดสอบวัดผล ก็จะต้องออกแบบแบบทดสอบที่เหมาะสมในแต่ละระดับความสามารถ เช่น บนสเกลความสามารถตั้งแต่ -3.0 ถึง 3.0 อาจแบ่งแบบทดสอบวัดผลออกเป็น 6 ชุด ได้แก่ แบบทดสอบที่มีพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-3.0 \leq \theta \leq -2.0$, $-2.0 \leq \theta \leq -1.0$, $-1.0 \leq \theta \leq 0$, $0 \leq \theta \leq 1.0$, $1.0 \leq \theta \leq 2.0$ และ $2.0 \leq \theta \leq 3.0$ แต่ละชุดกำหนดโครงสร้างสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายแบบยอหดแหลม และระดับความแม่นยำหรือจำนวนข้อที่ต้องการ ซึ่งจะให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณลักษณะตามความต้องการของผู้ใช้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบออฟติมอลที่คัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธี Binary Programming เช่น คุณลักษณะของคลังข้อสอบ จำนวนช่วงและระดับความสามารถที่วัด การกำหนดค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย ฯลฯ

2.2 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบออฟติมอลที่คัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธี Binary Programming ในกลุ่มผู้สอบที่มีระดับความสามารถสูง ปานกลาง และอ่อน

2.3 ควรมีการศึกษาวิธีที่จะลดเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหของการคัดเลือกข้อคำถามตามกรอบทฤษฎี Linear Programming

2.4 ควรมีการศึกษาในรูปแบบวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการประยุกต์แนวคิดการสร้างแบบทดสอบออฟติมอลที่คัดเลือกข้อคำถามด้วยวิธี Binary Programming ไปใช้ในระบบโรงเรียนโดยอาศัยเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผ่านเว็บไซต์(Web Site) ของ School Net

2.5 ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำวิธีคัดเลือกข้อคำถามแบบ Binary Programming ไปใช้ในการทดสอบแบบปรับเหมาะกับความสามารถของผู้สอบในรูปแบบต่างๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กองวิชาการ, สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. คุณลักษณะเฉพาะข้อสอบ
กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต. เอกสารโรเนียวเขียนเล่ม, 2538.
- กัญญา ถินทรตันศิริกุล. การประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเพื่อกำหนดคะแนนจุดตัด
ตามเทคนิคของนิตเลตส์กับวิธีการใช้กลุ่มความสั้น. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2534. อัดสำเนา.
- กัญญา ถินทรตันศิริกุล. "เทคนิคการจัดระบบคลังข้อสอบ," เอกสารการสอนชุดวิชาการบริหาร
และการจัดการการวัดและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2535.
- ผจงจิต อินทสุวรรณ. การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยโมเดลโลจิสติก
รายงานการวิจัย, สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร, 2534.
- บัญชา แสงทวี. การประยุกต์รูปแบบของราชธานีในการออกแบบโค้งแสดงสารสนเทศของแบบ
ทดสอบผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ตามระดับความสามารถของนักเรียนชั้นประถมศึกษา
ปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530. อัดสำเนา.
- บุญทวี อัมบุญตา. การเปรียบเทียบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ออกแบบตามลักษณะโค้งข้อ
สนเทศของแบบทดสอบในแบบจำลองโลจิสติกชนิดพารามิเตอร์ 3 ตัว. วิทยานิพนธ์
ศษ.ม. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2532. อัดสำเนา.
- วิรัช วรรณรัตน์. การเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงความถี่ของค่าความสามารถจริงที่ประมาณ
ตามแบบดั้งเดิมกับแบบคุณลักษณะแฝง. วิทยานิพนธ์ ค.ด. กรุงเทพฯ :
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533. อัดสำเนา.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. เทคโนโลยีการเขียนข้อคำถาม. เอกสารโรเนียวประกอบการอบรมเพื่อสร้าง
คุณลักษณะข้อสอบ ของกองวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษา
แห่งชาติ, 2538.

สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. ทฤษฎีการวัดและประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2527.

องอาจ นัยพัฒน์. การศึกษาประสิทธิภาพของผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของพาเซียล เครดิต โมเดลระหว่างวิธีพรีออกซ์(PROX) และวิธียูคอน(UCON) ในแบบทดสอบวัดเจตคติแบบ ลิเคอร์ท์สเกล. ปรินซ์ตันนิพนธ์ ก.ศม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535. อัดสำเนา.

Adema, Jos J. A note on solving large-scale zero-one programming problems(research report 88-4). Enschede, The Netherlands: University of Twente, department of Education, 1988.

Adema, Jos J. "Implementations of the Branch-and-Bound Method for Test Construction Problems," ERIC 1982-6/94. ED314502; 1989.

Adema, Jos J. "The Construction of Customized Two-Stage Tests," Journal of Educational Measurement. 27(3):241-253; Fall, 1990.

Adema, Jos J. "Methods and Models for the Construction of Weakly Parallel Tests," Applied Psychological Measurement. 16(1): 53-63; March, 1992.

Adema, Jos J. and Wim J. van der Linden . "Algorithms for Computerized Test Construction Using Classical Item Parameters," Journal of Educational Statistical. 14(3) : 279-290; Fall, 1989.

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

Andrich, David. " A Rating Formulation for Ordered Response Categories, " Psychometrika. 43(4) : 561-574 ; December, 1978b.

Armstrong, Ronald D. and Jones H. Douglas. "Polynomial Algorithms for Item Matching," Applied Psychological Measurement. 16(4): 365-371; December, 1992.

- Armstrong, Ronald D., Jones H. Douglas and Ing-Long Wu. "An Automated Test Development of Parallel Tests from A Seed Test," Psychometrika. 57(2) : 271-288; June, 1992.
- Baker, F.B. "Technology and Testing: State of The Art and Trends for The Future," Journal of Educational Measurement. 21(4):399-406; 1984.
- Baker, F.B. "Item banking in computer-based instructional systems," Applied Psychological Measurement, 10:405-414; 1986.
- Baker, F.B., A.S. Cohen and B.R. Barmish. "Item Characteristics of Tests Constructed by Linear Programming," Applied Psychological Measurement. 12:189-199; 1988.
- Birnbaum, Allan. "Some Latent Trait Models and Their Use in Inferring an Examinee's Ability," in Lord, Frederic M. and Novick, Mavin R. Statistical Theory of Mental Test Scores. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1968.
- Bock, R.D. and M. Aitkin. Marginal maximum likelihood estimation of item parameters: Application of an EM algorithm. Psychometrika. 46:443-460; 1981.
- Boekkooi-Timminga, E. "Algorithms for the Construction of Parallel Tests by Zero-One Programming," Eric 1982-6/94. ED309191; 1986.
- Boekkooi-Timminga, E. "The Construction of Parallel Tests Form IRT- Based Item Banks," Journal of Educational Statistics. 15(2): 129-145; Summer, 1990.
- Boekkooi-Timminga, E. "Models for Computerized Test Construction (Linear programming, Test Construction)," ProQuest-Dissertation Abstracts. 1990.
- Boekkooi-Timminga, E. "A Cluster-Based Method for Test Construction," Applied Psychological Measurement. 14(4):341-354; December, 1990.
- Boekkooi-Timminga, E. and W.J. van der Linden. "Algorithms for automated test construction," In I.J. Maarse, L.J.M. Mulder, W.P.B. Sjouw. and A.E. Akkerman, Computers in psychology: Methods, instrumentation and psychodiagnostics (p. 165-170). Lisse: Swets and Zeitlinger, 1987.

- Carey, Lou M. Measuring and Evaluating School Learning. Massachusettes: Allyn and Bacon, Inc., 1988.
- Choppin, Bruce H. "Recent Development in Item Banking: A Review, " Advanced in Psychological and Educational Measurement. edited by D.N.M. de Gruijter and L.J.T. Van der Kamps, London: John Wiley & Sons, Ltd., 1976.
- Cook, L.L., D.R. Eignor and H.L. Taft. "A Comparative Study of the effects of recency of Instruction on the Stability of IRT and Conventional Item Parameter Estimates, " Journal of Educational Measurement. 25(1) :31-45; 1988.
- Crocker, Linda and James Algina . Introduction to Classical and Modern Test Theory. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc. , 1986.
- Cronbach, L.J. and W.G. Warrington. "Efficiency of multiple-choice test as a function of spread of item difficulties, " Psychometrika , 17:127-147; 1952.
- Daniel, W.W. Applied Nonparametric Statistics. Boston : Houghton Mifflin Company, 1978.
- de Gruijter, Dato N.M. "Test Construction by Means of Linear Programming, " Applied Psychological Measurement. 14(2):175-181; June, 1990.
- de Gruijter, Dato N.M. and Ronald K. Hambleton. "Using item response models in criterion-referenced test item selection," In R.K. Hambleton (Ed.) , Applications of item response theory. Vancouver, BC: Educational Research Institute of British Columbia. , 1983.
- Douglas, Graham A. Test design strategies for the Rasch psychometric model. Doctoral dissertation, university of Chicago, 1974.
- Ebel, Robert L. and David A. Frisbie. Essentials of Educational Measurement. Fourth Edition, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1986.
- Embretson, Susan E. "Latent Trait Models as Information Processing Approach to Testing, " International Journal of Educational Research. 13(2):189-203; 1989.

- Gibbons, J.D. Nonparametric Methods for Quantitative Analysis: New York : Holt, Rinehart and Winston, 1976.
- Green, Donald Ross, Wendy M. Yen and George R. Burket. "Experiences in the Application of Item Response Theory in Test Construction," Applied Measurement in Education. 2(4):297-312; 1989.
- Guilford, J.P. Psychometric Methods. (2nd ed.). New York: McGraw-Hill, 1954.
- Gulliksen, Harold. Theory of Mental Tests. New York : John Wiley & Sons, Inc. , 1950.
- Hambleton, Ronald K. "The Changing Conception of Measurement A Commentary," Applied Psychological Measurement. 10(4): 415-421; December, 1986.
- Hambleton, R.K. Principles and selected applications of item response theory. In R.L Linn (Ed.), Educational Measurement (3rd ed.). New York: Macmillan ; 147-200, 1989.
- Hambleton, R.K. and D.N.M.de Gruijter. "Application of item response models to criterion-referenced test item selection," Journal of Educational measurement, 20: 355-367; 1983.
- Hambleton, Ronald K. and H.Jane Rogers. "Solving Criterion-Referenced Measurement Problems with Item Response Models," International Journal of Educational Research. 13(2):145-160; 1989.
- Hambleton, Ronald K. and H.Swaminathan. Item Response Theory: Principles and Application. Boston: Kluwer-Nijhoff Publishing, 1985.
- Hambleton, Ronald K. and L.L. Cook. "Latent Trait Models and their Use in the Analysis of Educational Test Data," Journal of Educational Measurement. 14(2) : 75-96 ; Summer, 1977.
- Hambleton, Ronald K. and R.E. Traub. "Analysis of empirical data using two logistic latent trait models," British Journal of Mathematical and Statistical Psychology. 26:273-281; 1973.
- Hambleton, Ronald K., H.Swaminathan and H.Jane Rogers . Fundamentals of Item Response Theory. California: SAGE Publication, Inc., 1991.

- Hambleton, Ronald K., R.W. Jones and H. Jane Rogers. "Influence of Item Parameter Estimation Errors in Test Development," Journal of Educational Measurement. 30(2):143-155; Summer, 1993.
- Hansen, Kim. "Telephone Survey of Test Administrators Using the Automated Typing Test Software," Eric 1982-6/94. ED356270; 1992.
- Hattie, J. "Methodology Review: Assessing Unidimensionality of Test and Items," Applied Psychological Measurement. 9:136-164; 1985.
- Heidorn, Mark h. "A Comparison of the Precision of Scores from Fixed Form Mastery Tests Constructed using Item Response Theory Optimal Item Selection and Conventional Item Selection Strategies," Dissertation Abstracts International. 54(2) :494A; August, 1993.
- Hively, W., H.L. Patterson and S.A.A. Page. "Universe-Defined System of Arithmetic Achievement Tests," Journal of Educational Measurement. 5 : 275-90; 1968.
- Hively, W. (ed.). Domain-Referenced Testing. Englewood Cliffs, N.J. : Educational Technology Publications, 1974.
- Hulin, Charles L., Fritz Drasgow and Charles K. Parsons. Item Response Theory: Application to Psychological Measurement. Homewood, Illinois: Dow Jones-Irwin, 1983.
- Kolen, M.J., L. Zeng and B.A. Hanson. "Conditional Standard Errors of Measurement for Scale Scores Using IRT," Journal of Educational Measurement. 33:129-140; 1996.
- Lam, Tit Loong. "Optimal Test Designs with Content Balancing and Variable Target Information Functions as Constraints (Design Constraints)," ProQuest - Dissertation Abstracts. University Microfilms, Inc. , AAC 9316686; 1993.
- Lord, Frederic M. and Mavin R. Novick. Statistical Theory of Mental Test Scores. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company Inc. , 1968.

- Lord, Federic M. "Practical applications of item characteristic curve theory," Journal of Educational Measurement, 14:117-138; 1977.
- Lord, Federic M. Application of Item Response Theory to Practical Testing Problems. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1980.
- Luecht, Richard M. and Thomas M. Hirsch. "Item Selection Using an Average Growth Approximation of Target Information Functions," Applied Psychological Measurement. 16(1) : 41-51; March, 1992.
- Lumsden, J. "The Construction of Unidimensional Tests," Psychological Bulletin. 58: 122-131; 1961.
- Lunz, Mary E. and Betty A. Bergstrom. "The Effect of Review on Student Ability and Test Efficiency for Computerized Adaptive Test," Applied Psychological Measurement. 16(1):33-40; March, 1992.
- Mary E. Lunz and Betty A. Bergstrom. "The Effect of Review on Student Ability and Test Efficiency for Computerized Adaptive Test," American Society of Clinical Pathologists Benjamin D. Wright, University of Chicago. March, 1992.
- Masters, Geoffrey N. "The Analysis of Partial Credit Scoring," Applied Measurement in Education. 1(4) : 279-297 ; 1988.
- McDonald, R.P. and K.S. Ahluwat. "Difficulty Factors in Binary Data," British Journal of Mathematical and Statistical Psychology. 27:82-89; 1974.
- Millman, Jason and Judith A. Arter. "Issues in Item Banking," Journal of Educational Measurement. 21(4):315-330; Winter, 1984.
- Mislevy, R.J. and R.D. Bock. BILOG 3: Item Analysis and Test Scoring with Binary Logistic Models. Mooresville, IN 46158 USA: Scientific Software, Inc., 1990.
- Nitko, Anthony J. and Tse-Chi Hsu. "A Comprehensive Microcomputer System for Classroom Testing," Journal of Educational Measurement. 21(4):377-390; Winter, 1984.

- Nomdakumar,R . "Definements of Stout's procedure for assessing latent trait unidimensionality," Journal of Educational Statistics. 28: 41-68; 1993.
- Oosterhof,Albert. Classroom Applications of Educational Measurement. 2nd ed. New York: Macmillan College Publishing Company,Inc.; 1994.
- Popham,W.J. and T.R.Husek. "Implications of Criterion-Referenced Measurement," Journal of Educational Measurement. 6:1-9; 1969.
- Popham,W.J. Criterion-Referenced Measurement. Englewood Cliffs, N.J.:Prentice-Hall, 1978.
- Popham,W.J. Modern Educational Measurement. Englewood Cliffs, N.J.:Prentice-Hall, 1981.
- Roiol, G.H., and T.M.Halandyna. A technology for test Item-Writing. New York : Acadunic Press, 1982.
- Samejima,F. "A Use of The Information Function in Tailored Testing," Applied Psychological Measurement. 1:233-247; 1977.
- Samejima,F. "Some Critical Observations of the Test Information Function as A Measure of Local Accuracy in Ability Estimation," Psychometrika. 59(3):307-329;September,1994.
- Siegel,S. Nonparametric Statistics for The Behavioral Sciences. New York:McGraw-Hill Book Copany,Inc., 1956.
- Shoemaker,David M. "Applicability of Item Banking and Matrix Sampling to Educational Assessment," Advanced in Psychological and Educational Measurement. edited by D.N.M. de Gruijter and L.J.T. Van der Kamps, London:John Wiley & Sons,Ltd.,1976.
- Stocking,Martha L.and Len Swanson. "A Method for Severely Constrained Item Selection in Adaptive Testing," Applied Psychological Measurement. 17(3):277-292; September, 1993.
- Stocking,Martha L. , Len Swanson and Mari Pearlman. " Application of an Automated Item Selection Method to Real Data," Applied Psychological Measurement. 17(2) : 167-176; June,1993.

- Swanson, L. and M.L. Stocking. "A model and heuristic for solving very large item selection problems," Applied Psychological Measurement. 17: 151-166; 1993.
- Theunissen, T.J.J.M. "Binary Programming and Test Design," Psychometrika. 50(4) : 411-420; December, 1985.
- Theunissen, T.J.J.M. "Some Applications of Optimization Algorithms in Test Design and Adaptive Testing," Applied Psychological Measurement. 10(4) : 381-389; December, 1986.
- Theunissen, T.J.J.M. and H.H.F.M. Verstralen. "Algorithmen voor het samenstellen van toetsen [Algorithms for constructing tests] ," In W.J. van der Linden (Ed.), Moderne methoden voor toetsconstructie en gebruik. Lisse, The Netherlands: Swets and Zeitlinger, 1986.
- Thissen, D. and L. Steinberg. "A Taxonomy of item response models," Psychometrika. 51: 567-577; 1986.
- Thomson, Peter. INNOTECH Item Bank on Basic Education Science & Health. Quezon City: Test Development Program Semco Regional Center for Educational Innovation and Technology, 1984.
- Umar, J. "Item Banking in Testing and Assessment," The International Encyclopedia of Education. 2nd ed. Editors in chief Husen, Torsten and Postlethwaite, T. Neville. 5 : 3036-3043; 1994.
- Urry, Vern W. "Tailored Testing: A Successful Application of Latent Trait Theory," Journal of Educational Measurement. 14(2): 181-196; Summer, 1977.
- van der Linden, W.J. "Computerized Educational Testing," The International Encyclopedia of Education. 2nd ed. Editors in chief Husen, Torsten and Postlethwaite, T. Neville. 2: 992-998; 1994.

- van der Linden, W.J. and Ellen Boekkooi-Timminga. "A Maximin Model for Test Design with Practical Constraints," Psychometrika. 54(2): 237-247; June, 1989.
- van der Linden, W.J. and Michel A. Zwarts. "Some Procedures for Computerized Ability Testing," International Journal of Educational Research. 13(2):175-187; 1989.
- van der Linden, W.J. and Theo J.H. Eggen. "An Empirical Bayesian Approach to Item Banking," Applied Psychological Measurement. 10(4) : 345-354; December, 1986.
- Wainer, H. Computerized Adaptive Testing : A Primer. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1990.
- Wang, Zhaobo. "The Generation of Standardized Tests using Integer Programming, " Dissertation Abstracts International. 54(2):494A; August, 1993.
- Warm, Thomas A. A Primer of Item Response Theory. Oklahoma: Coast Guard Institute, 1978.
- Wiersma, W. and S.G. Jurs. Educational Measurement and Testing. 2nd ed. Boston : Allyn and Bacon, 1990.
- Wilcox, R.R. "A note on the length and passing score of a mastery test," Journal of Educational Statistics, 1: 359-364; 1976.
- Winer, B.J. Statistical Principle in Experimental Design. 2nd ed. Tokyo: McGraw-Hill, 1971.
- Wood, R. and L.S. Skurnik. Item Banking. Sussex: King, Thorne & Stace Ltd., 1969.
- Wright, Benjamin D. and G.A. Douglas. Best test design and self-tailored testing. Research Memorandum No. 19, Statistical Laboratory, Department of Education, University of Chicago, 1975a.
- Wright, Benjamin D. and Geoffrey N. Masters. Rating Scale Analysis. Chicago, Illinois : MESA Press., 1982.
- Wright, Benjamin D. and Mark H. Stone. Best Test Design. Chicago, Illinois: MESA Press, 1979.

- Wright, Benjamin D. and Susan R. Bell. "Item Banks: What Why How," Journal of Educational Measurement. 21(4): Winter, 1984.
- Wu, Ing-Long. "Test Construction with Item Matching Procedures (Automated)," ProQuest - Dissertation Abstracts. University Microfilms, Inc. AAC 9316294; 1993.
- Yen, Wendy M. "Item Response Theory," In Alkin, Marvin C.(ed). Encyclopedia of Educational Research. 6th ed. 1992.
- YU, Shwuhwa Sarah. "Test Sequence Generation Methods for Communication Protocols (Conformance Testing)," ProQuest - Dissertation Abstracts. University Microfilms, Inc. AAC 9401397; 1994.

ภาคผนวก

โครงการพัฒนาระบบคลังข้อสอบ สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ



สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ ดำเนินการประเมินความก้าวหน้าเกี่ยวกับคุณภาพนักเรียนประถมศึกษาในสังกัดตั้งแต่ปีการศึกษา 2524 และกระทำอย่างเป็นระบบต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะใช้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากทุกสังกัดทั่วประเทศเป็นกลุ่มตัวอย่าง และจะมีบางปีที่ขยายขอบเขตการประเมินไปยังกลุ่มนักเรียนในระดับชั้นอื่นๆ นอกจากนี้ในระดับจังหวัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดทุกจังหวัดก็จะดำเนินการลักษณะเดียวกัน แต่จำกัดขอบเขตเฉพาะจังหวัดตนเองเท่านั้น ผลจากการดำเนินการดังกล่าวทำให้มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวางแผนและพัฒนาคุณภาพการศึกษา

ตามระเบียบกระทรวงศึกษาธิการ ว่าด้วยการประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) พุทธศักราช 2533 กำหนดให้โรงเรียนมีหน้าที่ประเมินผล ดัดสนและอนุมัติผลการเรียนทุกชั้น โดยมีหน่วยงานที่ควบคุมดูแลโรงเรียนประถมศึกษาและกรมวิชาการตรวจสอบมาตรฐานการศึกษาของโรงเรียนต่างๆ เป็นระยะๆ

เพื่อให้บุคลากรในหน่วยงานระดับต่างๆ มีโอกาสได้พัฒนาความรู้ ความสามารถด้านการวัดและประเมินผลการเรียน และเพื่อให้มีแหล่งเครื่องมือมาตรฐานสำหรับใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของทุกระดับหน่วยงาน สำหรับสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ จัดให้มีการพัฒนาระบบคลังข้อสอบขึ้นทั้งในระดับกรม จังหวัด และอำเภอ โดยมีการปฏิบัติงานอย่างประสานสัมพันธ์และสอดคล้องกัน ซึ่งในปีงบประมาณ 2538 จะเริ่มทำการทดลองเพียง 6 จังหวัด 6 อำเภอ และคาดว่าจะขยายผลครอบคลุมทั่วประเทศในปีงบประมาณ 2540

การพัฒนาเครื่องมือวัดผลเพื่อป้อนเข้าคลังข้อสอบ จำเป็นต้องใช้คนจำนวนมากในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังนั้นในปีงบประมาณ 2538 สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ ได้เลือกสร้างและพัฒนาเครื่องมือเฉพาะชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในทุกกลุ่มประสบการณ์ สำหรับในขั้นนี้จะกล่าวถึงเฉพาะรายละเอียดของการสร้างและพัฒนาเครื่องมือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

การกำหนดลักษณะเฉพาะข้อสอบ

การจัดทำลักษณะเฉพาะของข้อสอบกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ได้วิเคราะห์ตามจุดประสงค์และเนื้อหาของหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) โดยแยกขอบเขตสมรรถภาพหลัก 6 สมรรถภาพ ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจ
2. ความสามารถในการปฏิบัติตน
3. กระบวนการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการปฏิบัติงานกลุ่ม
5. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
6. เจตคติที่ดีต่อกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต

สำหรับเนื้อหาในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีทั้งหมด 6 หน่วยการเรียนรู้ คือ

1. สุขภาพอนามัย ประกอบด้วย การรับประทานอาหาร การใช้จ่ายเงินประจำวัน รุปร่าง ทำทาง และบุคลิกภาพ
2. สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและสังคม ประกอบด้วย พืช สัตว์ สิ่งแวดล้อม และจังหวัดของเรา
3. การดำเนินชีวิตในสังคม ประกอบด้วย ชีวิตในบ้าน และการทำมาหากิน
4. ชาติ ศาสนา และพระมหากษัตริย์ ประกอบด้วย ชาติไทยในปัจจุบัน ประวัติศาสตร์ สุโขทัย ศาสนาในประเทศไทย พระมหากษัตริย์กับสังคมไทย และพระพุทธศาสนา
5. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย พลังงานความร้อนและแสงสว่าง เสียง แรง เชื้อเพลิง สารเคมี จักรวาลและอวกาศ
6. ข่าวดูเหตุการณ์และวันสำคัญ

การจัดทำเพื่อกำหนดลักษณะเฉพาะข้อสอบที่ดำเนินการในปีงบประมาณ 2538 กระทำเฉพาะ 4 สมรรถภาพแรกเท่านั้น อีก 2 สมรรถภาพ คือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต จะดำเนินการในปีงบประมาณต่อไป

ขอบเขตสมรรถภาพกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต

ในที่นี้มีทั้งหมด 4 สมรรถภาพ คือ ความรู้ความเข้าใจ ความสามารถในการปฏิบัติตน กระบวนการแก้ปัญหา และความสามารถในการปฏิบัติงานกลุ่ม รายละเอียดดังแสดงในตารางต่อไป

ตัวอย่างลักษณะเฉพาะของข้อสอบกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

วิชา กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

สมรรถภาพหลัก

1. ความรู้ความเข้าใจ

สมรรถภาพรอง

1.1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสุขภาพอนามัย

สมรรถภาพย่อย

1.1.1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร

เครื่องมือวัด

แบบทดสอบ

คำอธิบาย

เมื่อกำหนดคำถาม ข้อความหรือสถานการณ์เกี่ยวกับชื่ออาหาร การรับประทานอาหาร นักเรียนสามารถบอกอาหารที่มีคุณค่า วิธีปฏิบัติตนในการรับประทานอาหาร

ขอบเขตเนื้อหา

-ชื่ออาหาร คุณค่าหลักอาหาร 5 หมู่
-การปฏิบัติตนในการรับประทานอาหาร

ลักษณะคำถาม	ลักษณะตัวเลือก
1. เป็นคำถามเกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจเรื่อง ชื่ออาหาร คุณค่าของอาหาร การปฏิบัติตนในการรับประทานอาหาร เช่น 1.1 อาหารชนิดใดมีคุณค่าต่อร่างกายมากที่สุด 1.2 (ชื่ออาหาร) ให้สารอาหารประเภทใดมากที่สุด 1.3 ถ้าเกิดโรคล็กปิดล็กเปิด ควรรับประทานอาหารประเภทใด 1.4 อาหารประเภทใดที่ทำให้ร่างกายอ้วนมากที่สุด	

ลักษณะคำถาม	ลักษณะตัวเลือก
1.5 ข้อใดเป็นการปฏิบัติคนได้ถูกต้องในการรับประทานอาหาร 1.6 ใครปฏิบัติคนไม่ถูกต้องในขณะรับประทานอาหาร <u>ตัวอย่างข้อสอบ</u> ข้อ 1.1 อาหารชนิดใดมีคุณค่าต่อร่างกายมากที่สุด ก. น้ำหวาน ข. น้ำอัดลม ค. น้ำเต้าหู้ ง. นมมะพร้าวอ่อน ข้อ 1.2 ใครปฏิบัติคนไม่ถูกต้อง ในการรับประทานอาหาร ก. ดื่มน้ำชาเย็นแต่พอคำ ข. ดื่มน้ำชาเย็นกลางดึกอาหาร ค. ต้องหยุดตลอดเวลาขณะรับประทานอาหาร ง. ดื่มน้ำชาเย็นอาหารให้ละเอียดก่อนกลืน 2. เป็นข้อความเกี่ยวกับคุณค่าทางอาหาร การปฏิบัติคนในการรับประทานอาหาร ซึ่งได้มาจากหนังสือ คำขวัญแผ่นพับฯ โดยมีข้อ มูลเพียงพอที่นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ มีความยากง่ายตามระดับชั้นเรียนของนักเรียน <u>ตัวอย่างข้อสอบ</u> ข้อ 2.1 “หมู่อาหารใดที่ช่วยป้องกันโรค ทำให้ร่างกาย	ข้อ 1.1 -เป็นชนิด 4 ตัวเลือก -ตัวเลือกทุกตัวเป็นชื่ออาหารที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน -ตัวถูก เป็นชื่ออาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกายมากที่สุด -ตัวหลง เป็นชื่ออาหารที่มีคุณค่าน้อยกว่าตัวถูก หรือไม่มีคุณค่าต่อร่างกาย ข้อ 1.2 -เป็นชนิด 4 ตัวเลือก -ตัวเลือกเป็นการปฏิบัติคนที่ไม่ถูกต้องในการรับประทานอาหาร -ตัวหลง เป็นการปฏิบัติคนที่ถูกต้องในการรับประทานอาหาร ข้อ 2.1 เป็นชนิด 4 ตัวเลือก -ตัวเลือกทุกตัว เป็นชื่อหมู่อาหารที่มีคุณค่าอาหารต่อร่างกาย

ลักษณะคำถาม	ลักษณะตัวเลือก
แข็งแรง อวัยวะต่างๆทำงานตามปกติและกระตือรือร้นการทำงานของท่านของถ้าได้ใหญ่ ทำให้มีอาการระส่ำระสວก” ข้อความนี้หมายถึงคุณค่าอาหารในข้อใด ก. น้ำตาลและข้าว ข. ผักใบเขียวและผลไม้ ค. ถั่วและนม ง. พืชผักและแป้ง	-ตัวถูก เป็นชื่อหมู่อาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกายตรงตามข้อความมากที่สุด -ตัวหลง เป็นชื่อหมู่อาหารที่มีคุณค่าต่อร่างกายตรงตามข้อความน้อยที่สุด หรือไม่มีคุณค่าต่อร่างกายตามข้อความนั้นๆ
3. เป็นสถานการณ์ เรื่องราว เหตุการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับปัญหาคุณค่าของอาหารที่มีต่อมนุษย์ หรือการปฏิบัติตนในการรับประทานอาหาร โดยมีเงื่อนไขชัดเจน และมีข้อมูลเพียงพอที่จะตอบคำถามได้ และจะปฏิบัติอย่างไร มีสาเหตุมาจากอะไร มีผลกระทบอย่างไร	
<u>ตัวอย่างข้อสอบ</u>	
ข้อ 3.1 “อ๊อดชอบซื้ออาหารกินริมถนนเป็นประจำ เพราะสะดวก แต่วันนี้หลังจากกินแล้วมีอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง อ๊อดควรปฏิบัติอย่างไรเพื่อไม่ให้เกิดเหตุการณ์เช่นนี้อีก	ข้อ 3.1 -เป็นชนิด 4 ตัวเลือก -ตัวเลือกทุกตัว เป็นสถานการณ์
ก. เลิกซื้ออาหารริมถนน ควรซื้อในร้านอาหาร ข. ควรซื้ออาหารที่ทุกสะอาดมีฝาปิดมิดชิด ค. ควรเลือกซื้ออาหารที่สะอาด ง. ควรล้างมือก่อนรับประทานอาหารทุกครั้ง	เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติตนในการเลือกรับประทานอาหาร และการปฏิบัติตนในการรับประทานอาหาร -ตัวถูก เป็นการปฏิบัติตนในการเลือก
	-ตัวหลง เป็นการปฏิบัติตนในการเลือกรับประทานอาหารที่ไม่ถูกต้องหลักโภชนาการหรือการปฏิบัติตนไม่ถูกต้องตามสถานการณ์ที่กำหนด

การวิเคราะห์สมรรถภาพการเรียนรู้ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

สมรรถภาพหลัก	สมรรถภาพรอง	เนื้อหา	สมรรถภาพย่อย	รหัส
ความรู้ ความเข้าใจ	ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ สุขภาพอนามัย	สุขภาพอนามัย	-ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรม การรับประทานอาหาร	11
			-ความรู้ความเข้าใจในการใช้ยาสามัญ ประจำบ้าน	12
			-ความรู้ความเข้าใจในการเสริมสร้าง บุคลิกภาพของตน	13
	ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ และสังคม	สิ่งแวดล้อมทาง ธรรมชาติและสังคม	-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพืช	21
			-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสัตว์	22
			-ความรู้ความเข้าใจในการสงวนรักษา สิ่งแวดล้อม	23
			-ความรู้ความเข้าใจในจังหวัดของเรา	24
	ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ การดำเนินชีวิตในสังคม	การดำเนินชีวิตใน สังคม	-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาท หน้าที่ของสมาชิกในครอบครัว	31
			-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการ ประกอบอาชีพ	32
ความรู้ ความเข้าใจ	ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ ชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์	ชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์	-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับชาติไทยใน ปัจจุบัน	41
			-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ ประวัติศาสตร์สุโขทัย	42
			-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับศาสนาใน ประเทศไทย	43
			-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ พระมหากษัตริย์กับสังคมไทย	44
			-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับศาสนา	45
	ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี	-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงาน ความร้อนและแสงสว่าง	51
			-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเสียง	52
			-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแรง	53

การวิเคราะห์สมรรถภาพการเรียนรู้ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

สมรรถภาพหลัก	สมรรถภาพรอง	เนื้อหา	สมรรถภาพย่อย	รหัส
ความรู้ ความเข้าใจ	ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ ข่าว เหตุการณ์และ วันสำคัญ	ข่าว เหตุการณ์ และวันสำคัญ	-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเชื้อเพลิง	54
			-ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจักรวาล และอวกาศ	55
			-ความรู้ความเข้าใจในการวิเคราะห์ข่าว และเหตุการณ์	61
ความสามารถ ในการปฏิบัติตน	ความสามารถปฏิบัติตนใน การดูแลรักษาสุขภาพ	การดูแลรักษา สุขภาพ	-การปฏิบัติตนในการรับประทานอาหาร	2111
			-การปฏิบัติตนในการใช้ ยาสามัญประจำบ้าน	2112
	ความสามารถปฏิบัติตนใน การอนุรักษ์ บำรุงรักษา สิ่งแวดล้อมและทรัพยากร ธรรมชาติ	การอนุรักษ์ บำรุง รักษาสิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรธรรมชาติ	-การปฏิบัติในการใช้และสงวนรักษา สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ	2221
			-การปฏิบัติตนในการอนุรักษ์บำรุงรักษา ศิลปวัฒนธรรม	2331
ความสามารถ ในการปฏิบัติตน	ความสามารถในการปฏิบัติ ตนตามบทบาทหน้าที่ต่อ ครอบครัว ชุมชน ศาสนา และ พระมหากษัตริย์	บทบาทหน้าที่ต่อ ครอบครัว ชุมชน ศาสนา และ พระมหากษัตริย์	-การปฏิบัติตนตามบทบาทและหน้าที่ต่อ ครอบครัวและชุมชน	2441
			-การปฏิบัติตนตามบทบาทหน้าที่ต่อชาติ และพระมหากษัตริย์	2442
			-การปฏิบัติตนตามบทบาทหน้าที่ต่อ ศาสนา	2443
			-การรวบรวมความรู้ข่าวสารและข้อมูล ด้วยตนเองและนำเสนอความรู้ข่าวสาร และข้อมูล	2551
	การปฏิบัติตนในการแสวง หาและใช้ประโยชน์เกี่ยวกับ ความรู้ข่าวสารและข้อมูล	การแสวงหาและใช้ ประโยชน์เกี่ยวกับ ความรู้ข่าวสารและ ข้อมูล		

การวิเคราะห์สมรรถภาพการเรียนรู้ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

สมรรถภาพหลัก	สมรรถภาพรอง	เนื้อหา	สมรรถภาพย่อย	รหัส
กระบวนการ แก้ปัญหา		เป็นสถานการณ์ ปัญหาที่ใกล้ตัวเด็ก เช่นเป็นปัญหาเกี่ยว กับตนเองและครอบครัว เป็นต้น โดยใช้ กระบวนการแก้ปัญหา ให้ได้ตามขั้นตอนดังนี้ 1. วิเคราะห์สาเหตุ ของปัญหา 2. เสนอแนวทางแก้ ปัญหาตามความคิด ของตน 3. เลือกแนวทางแก้ ปัญหาที่เหมาะสมกับ ความสามารถของตน 4. แก้ปัญหาตามขั้น ตอนที่กำหนด 5. ปรับปรุงการแก้ไข ปัญหาด้วยตนเอง อย่างมีประสิทธิภาพ	-ความสามารถในการแก้ปัญหา	3011
ทักษะ กระบวนการ กลุ่ม	การปฏิบัติงานกลุ่ม	เป็นการปฏิบัติงานโดย ใช้กระบวนการกลุ่ม เกี่ยวกับเรื่องที่เรียน ตามหลักสูตรกิจกรรม เสริมหลักสูตรหรือ สถานการณ์ที่เกิดขึ้น ในชีวิตประจำวัน	-ปฏิบัติงานกลุ่ม	4111

ภาคผนวก ข

- ข้อคำถามวัดสมรรถภาพการเรียนรู้
กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
จำนวน 397 ข้อ

รหัสข้อ	ข้อคำถาม
x10	การนั่งในข้อใด เป็นการปฏิบัติคนให้มีบุคลิกภาพที่ดี ก. ศีรษะตั้งตรง เท้าอยู่ในท่าที่สบาย ข. ลำตัวตรง ขาอยู่ในลักษณะเป็นมุมฉาก ค. หน้าตรง ขาตรงและอยู่ในท่าที่ไม่เกร็ง ง. ยึดตัวตรง ขาเหยียดตรงและอยู่ในท่าที่สบาย
x11	พืชชนิดใด ใช้เป็นสมุนไพรกำจัดเหา ก. กุย ข. หมากรุก ค. น้อยหน่า ง. คว่ำตายหงายเป็น
x12	ถ้าจะประกอบอาชีพเลี้ยงสัตว์ สิ่งใดที่ควรให้ความสำคัญที่สุด ก. การดูแลรักษาความสะอาด ข. การให้อาหารตามเวลาที่กำหนด ค. การปล่อยให้สัตว์มีความเป็นอิสระ ง. จัดสถานที่และบริเวณให้อยู่เฉพาะ
x13	การกระทำในข้อใดทำให้สูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินมากที่สุด ก. ใช้ปุ๋ยเคมี ข. ขุดหน้าดินขาย ค. ปล่อยที่ดินรกร้าง ง. ปลุกพืชโตเร็วอย่างชนิดแน่น
x14	ข้อใดเป็นสิ่งที่เจอปนที่ทำให้อากาศเสีย ก. ก๊าซพิษ หมอก ฝุ่นละออง ข. คาร์บอน ฝุ่นละออง ขยะ ค. ก๊าซพิษ คาร์บอน ฝุ่นละออง ง. ฝุ่นละออง ก๊าซพิษ เมฆหมอก
x15	ข้อใด <u>ไม่</u> เกี่ยวข้องกับจังหวัดขอนแก่น ก. เทศกาลงานไหม ข. ประเพณีผูกเสี่ยว ค. เทศกาลดอกคูณเสียงแคน ง. เทศกาลแห่บั้งไฟ
x16	อาชีพใดที่ไม่มีในจังหวัดขอนแก่น ก. ประมง ทำเหมืองแร่ ข. ประมง สวนยางพารา ค. สวนยางพารา เลี้ยงสัตว์ ง. ทำเหมืองแร่ สวนยางพารา
x17	ขณะอยู่บ้าน นักเรียนสามารถช่วยเหลือครอบครัวได้อย่างไร ก. ปรับปรุงตกแต่งบ้าน ข. หารายได้พิเศษเข้าบ้าน ค. ดูแล ซ่อมแซมบ้านให้น่าอยู่ ง. รักษาความสะอาดห้องนอนของตัวเอง

รหัสข้อ	ข้อคำถาม
x18	เมื่อพ่อแม่แก่ชรา นักเรียนควรปฏิบัติต่อท่านอย่างไร ก. แนะนำให้ท่านไปทำบุญและนั่งสมาธิที่วัด ข. พาไปส่งสถานสงเคราะห์คนชราเพื่อหาบะหมี่ ค. ดูแล และเอาใจใส่ให้ท่านมีความสุขตามอัตภาพ ง. ให้ท่านช่วยดูแล และอบรมบุตรหลานให้เป็นคนดี
x19	บ้านของมานิตย์สะอาดสะอ้าน เป็นระเบียบเรียบร้อย เนื่องจากความรับผิดชอบของใคร ก. พ่อ แม่ ข. แม่และมานิตย์ ค. พ่อ แม่และมานิตย์ ง. สมาชิกในบ้านทุกคน
x20	อาชีพใดที่ทำรายได้ให้กับจังหวัดขอนแก่นมากที่สุด ก. ค้าขาย ข. รับจ้าง ค. ประมง ง. เกษตรกรรม
x21	อาชีพใดที่ต้องอาศัยธรรมชาติและฤดูกาล ก. เลี้ยงสัตว์ ข. ประมง ค. ค้าขาย ง. เกษตรกรรม
x22	ถ้าจะเปิดร้านค้าในชุมชนที่ชาวบ้านส่วนใหญ่มีรายได้จากการรับจ้าง ควรขายสินค้าประเภทใด ก. อาหาร ข. ของเล่นเด็ก ค. อุปกรณ์ไฟฟ้า ง. อุปกรณ์ตกแต่งบ้าน
x23	วัฒนธรรมใดที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดของแต่ละภาคในประเทศไทย ก. ภาษาพูด ข. การแต่งกาย ค. การนับถือศาสนา ง. การแสดงความเคารพ
x24	ถ้าจะส่งเสริมเกษตรกรในภาคอีสานให้มีความเป็นอยู่ดีขึ้น ควรช่วยเหลือสิ่งใดเป็นอันดับแรก ก. น้ำ ข. ที่ดิน ค. การคมนาคม ง. แหล่งเงินทุนสนับสนุน
x25	การปั่นด้วยขามสังคโลกในสมัยสุโขทัย ได้รับอิทธิพลมาจากชาติใด ก. อินเดีย ข. ลังกา ค. ขอม ง. จีน
x26	การค้าขายในสมัยสุโขทัยมีลักษณะเช่นไร ก. รัฐผูกขาดการค้าขาย ข. การค้าขายแบบเสรี ค. การค้าขายแบบขายส่ง ง. จำกัดชนิดของสินค้าในการขาย

	ข้อคำถาม
x85	ข้อใดเป็นประโยชน์ของน้ำมันเบนซิน ก. ให้พลังงาน ข. ให้ความร้อน ค. ให้แสงสว่าง ง. ให้ความอบอุ่น
x86	"ไฟไหม้บ้านนารี ต้นเหตุเกิดจากถังเชื้อเพลิงในห้องครัวรั่วแล้วระเบิด" จากข้อความนี้ บ้านนารีประกอบอาหารโดยใช้เชื้อเพลิงชนิดใด ก. แก๊สหุงต้ม ข. ถิกไนต์ ค. ไม้ฟืน ง. ถ่าน
x87	ข้อใดกล่าว <u>ไม่ถูกต้อง</u> ก. สาเหตุหนึ่งที่ปลาในแม่น้ำตายเนื่องจากสารเคมีที่ปล่อยลงแม่น้ำ ข. ถ้าเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ดี อาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้ ค. ขาฆ่าเชื้อโรคควรเก็บไว้ในตู้ยา และเขียนฉลากว่า "ห้ามรับประทาน" ง. ขาฆ่าแมลงควรเก็บไว้ในตู้ยา และเขียนฉลากว่า "ยาอันตราย ห้ามรับประทาน"
x88	ข้อใดกล่าว <u>ไม่ถูกต้อง</u> ก. ไม่ควรฉีดยาฆ่ายุงในห้องที่มีเด็กอ่อนหรือผู้ป่วย ข. ผงชูรสเป็นสารเคมีที่ใช้เพิ่มสีสันทให้อาหารน่ารับประทาน ค. การพันขาปราบศัตรูพืช ผู้พ่นยาต้องยืนอยู่เหนือลม ง. สารเคมีปราบศัตรูพืชอาจสะสมในใบพืช เมื่อนำมารับประทานจะเป็นอันตราย
x89	"อยู่รวมกันเป็นฝูง แบ่งหน้าที่กันทำงาน มีตัวเมียหนึ่งตัวเป็นหัวหน้ามีหน้าที่ออกไข่อีกตัวเดียว ตัวเมียที่เหลือหาอาหาร" จากข้อความนี้ เป็นการดำรงชีวิตของสัตว์ชนิดใด ก. นก ข. ผึ้ง ค. มดแดง ง. แตน
x90	จังหวัดใดที่ผู้คนมักให้สมญานามว่า "เมืองหลวงของอีสาน" ก. ขอนแก่น ข. อุตรธานี ค. มหาสารคาม ง. อุบลราชธานี
x91	ถ้าจะตั้งร้านอาหาร ต้องคำนึงถึงข้อใดเป็นอันดับแรก ก. การคมนาคมขนส่ง ข. ประเภทของอาหาร ค.ทำเลที่ตั้งร้านอาหาร ง. ตลาดที่จะไปซื้อของ
x93	อาหารในข้อใดมีคุณค่าต่อร่างกายมากที่สุด ก. น้ำหวาน ข. น้ำใบเตย ค. น้ำสั้วกัน ง. น้ำไอเล็ง

	ข้อคำถาม
x120	ดวงอาทิตย์มีความสำคัญด้านใดมากที่สุด ก. ให้ความร้อน ข. ให้แสงสว่าง ค. บอกทิศทาง ง. ทำให้มีฤดูกาล
x121	การเกิดฤดูกาลต่างๆ เกี่ยวข้องกับสิ่งใดมากที่สุด ก. โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ข. โลกหมุนรอบตัวเอง ค. ดวงจันทร์โคจรรอบโลก ง. ดวงจันทร์หมุนรอบตัวเองและโคจรรอบโลก
x122	สิ่งประดิษฐ์ใดที่ดัดแปลงจากเครื่องยนต์ ก. หัดลม ข. เครื่องร้อน ค. เอลิคอปเตอร์ ง. เครื่องปรับอากาศ
x123	ข้อใดที่อาศัยแรงชนิดเดียวกับการเล่นว่าว ก. การแข่งขันเรือใบ ข. การกระโดดจากเครื่องบิน ค. ชักลากของบนพื้นราบ ง. เปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อรู้สึกร้อน
x124	"เด็กบางคนเวลาคืบนม มักจะแสดงอาการเกาหัวหรือขี้นตา ถ้าปล่อยให้ทำอย่างนี้บ่อยๆ จะคิดเป็นนิสัย คุณแม่สามารถแก้ไขได้โดยขณะคืบนมให้จับมือที่ขอบเกาหัวหรือขี้นตานี้มาเขียนเล่น พร้อมกับคุยไปด้วยเด็กจะสนใจแม่และลืมสิ่งที่เคยทำไป" ข้อใดเป็นข้อเท็จจริงของข่าว ก. เวลาเด็กคืบนม จะขอบเกาหัวหรือขี้นตาล้น ข. เด็กที่ขอบเกาหัวหรือขี้นตา เป็นนิสัยที่แก้ไขยาก ค. เด็กที่เกาหัวหรือขี้นตาบ่อยๆ อาจได้รับอันตรายจากเชื้อโรคได้ ง. เด็กที่ขอบเกาหัวหรือขี้นตาเวลาคืบนม แก้ได้โดยเขียนมือเด็กเล่นและชวนคุย
x125	หน้าที่ของชาวพุทธที่ดีที่สุดคือข้อใด ก. ไปวัด ข. สวดมนต์ ค. ทำบุญใส่บาตร ง. ปฏิบัติตนตามหลักธรรม
x126	พระพุทธเจ้าทรงมีพระนามเดิมว่าอย่างไร ก. สิทธัตถะ ข. สุทโธณะ ค. สารีบุตร ง. ราหุล
x127	พระพุทธเจ้าทรงแสดงปฐมเทศนาแก่อิสิวกัลลีย์ในวันใด ก. วันเข้าพรรษา ข. วันออกพรรษา ค. วันอาฬหบูชา ง. วันมาฆบูชา

	ข้อคำถาม
x138	ข้อใดเป็นพืชที่ใช้ผลิตน้ำตาลได้ทั้งหมด ก. ตาล เงาะ ลำไย ข. มะพร้าว ตาล อ้อย ค. อ้อย ลำไย ลิ้นจี่ ง. ลำไย ลิ้นจี่ มะพร้าว
x139	ข้อใดคือประโยชน์ของหนูขาว ก. ใช้เล่นกล ข. ใช้ทดลองยา ค. ใช้กำจัดหนูบ้าน ง. ใช้เป็นอาหารของสัตว์อื่น
x140	ควรให้ความรู้แก่ชาวประมงในเรื่องใดอย่างเร่งด่วน ก. การจัดหาพ่อค้าคนกลาง ข. การสงวนรักษาสัตว์น้ำ ค. การใช้เครื่องมือที่ทันสมัย ง. การจัดตั้งสหกรณ์ร้านค้าชาวประมง
x141	จังหวัดในข้อใดมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดขอนแก่น ก. อุตรธานี ชัยภูมิ กาฬสินธุ์ หนองคาย ข. อุตรธานี เลย กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ค. นครราชสีมา ชัยภูมิ มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ง. มหาสารคาม นครราชสีมา เลย สกลนคร
x142	เครื่องดนตรีพื้นบ้านที่เป็นสัญลักษณ์ของจังหวัดขอนแก่นคืออะไร ก. พิณ ข. แคน ค. โปงลาง ง. กลองยาว
x143	เมื่อนักเรียนอยู่บ้าน ควรปฏิบัติสิ่งใดจึงเหมาะสมมากที่สุด ก. ตกแต่งบ้านให้สวยงาม ข. รักษาความสะอาดบ้าน ค. จัดเก็บสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆภายในบ้าน ง. ปรึบปรุง ซ่อมแซมบ้านให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ
x144	เมื่อมีแขกมาหาพ่อแม่ แต่พ่อแม่ไปธุระสำคัญนอกบ้าน นักเรียนควรปฏิบัติอย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด ก. รีบไปตามพ่อแม่ให้มาพบแขก ข. พุดคุยและต้อนรับแขกแทนพ่อแม่ ค. แลอบอยู่ในบ้านเงียบๆไม่ให้แขกรู้ ง. รีบพาแขกไปหาพ่อแม่อย่างรวดเร็ว
x145	การประกอบอาชีพเป็นพนักงานของบริษัทและห้างร้านต่างๆ คุณสมบัติใดมีความสำคัญที่สุด ก. ความรู้ ข. ความขยัน ค. ความประหยัด ง. ความยุติธรรม

	ข้อคำถาม
x183	เหตุผลสำคัญที่สุดในการทำความสะดวกบ้านคือข้อใด ก. เพื่อไม่ให้ยายเพื่อนบ้านและแขกที่มาเยี่ยมเยียน ข. เพื่อให้บ้านเป็นที่กล่าวขวัญชมเชยของผู้พบเห็น ค. เพื่อให้สมาชิกในครอบครัวมีสุขภาพดีทั้งทางกายและจิตใจ ง. เพื่อให้บ้านเป็นที่อาศัยได้นาน ไม่มีมด ปลวก มอดมารบกวน
x184	"แม่ให้สมปองกับสมศรีช่วยกันทำงานบ้าน สมปองทำงานอย่างตั้งใจ แต่สมศรีเอาแต่ดูโทรทัศน์ เมื่อแม่กลับมาพบว่างานบ้านยังไม่เรียบร้อยและรู้ว่าสมศรีไม่ช่วยทำงาน แม่จึงให้รางวัลแก่สมปอง 20 บาท สมศรีโกรธมากจึงร้องไห้เสียงดัง" นักเรียนคิดว่าใครควรปรับปรุงพฤติกรรมของตนเอง ก. สมปองเพราะควรแบ่งเงินให้น้อง ข. สมศรีเพราะไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของแม่ ค. แม่เพราะให้เงินแก่สมปองคนเดียว ง. แม่และสมปองเพราะไม่คอยกำชับสมศรี
x185	สภาพแวดล้อมใดที่เหมาะสมกับการประกอบอาชีพเลี้ยงปลา ก. ที่ราบลุ่ม ข. ที่ราบสูง ค. ที่ราบเชิงเขา ง. ที่ราบทุ่งกว้าง
x186	ถ้าเรียนจบชั้น ม.3 และมีที่อาศัยอยู่ในชุมชนเมืองหนาแน่น ควรประกอบอาชีพใดจึงเหมาะสมที่สุด ก. ค้าขาย ข. กรรมกรรับจ้าง ค. รับราชการ ง. เกษตรกรรม
x187	การประกอบอาชีพใดๆ ก็ตาม ควรยึดถือคุณธรรมที่สำคัญข้อใด ก. ความอดทน ข. ความขยันขันแข็ง ค. ความซื่อสัตย์ ง. ความมานะพยายามและความเชื่อมั่นในตนเอง
x188	ข้อใดกล่าวถึงอาชีพหัตถกรรมได้ถูกต้อง ก. ลงทุนมาก ผลิตด้วยเทคโนโลยีแบบใหม่ ข. ผลผลิตส่วนใหญ่มักกระทำด้วยมือ ค. การผลิตสิ่งของเครื่องใช้ด้วยเครื่องจักร ง. ผลิตสิ่งของเครื่องใช้ที่ละม้ายเพื่อจำหน่าย
x189	ผู้มีอาชีพบริการไม่ควรมีความประพฤติเช่นไร ก. ซื่อสัตย์สุจริต ข. สุภาพอ่อนน้อม ค. เอาแต่ใจตนเอง ง. รับผิดชอบต่อน้ำที่
x190	คนภาคใต้ตอนล่างสุด มักจะแต่งกายคล้ายกับคนชาติใด ก. พม่า ข. อินเดีย ค. มาเลเซีย ง. เวียดนาม

[illegible]

	ข้อคำถาม
x238	อุปกรณ์ใดที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยอาศัยหลักของแรงเสียดทาน ก. ลิ่ง ข. กลอง ค. ซอด้ ง. ระนาด
x239	"ขอเชิญร่วมทำบุญเพื่อบูรณะปฏิสังขรณ์พระอุโบสถวัดสามัคคี ซึ่งเป็นพระอุโบสถเก่าแก่ มีศิลปะที่ควรอนุรักษ์ไว้ ขณะนี้ชำรุดทรุดโทรมมากและทางวัดยังขาดปัจจัย ท่านผู้มีจิตศรัทธาติดต่อบริจาคได้ที่พระครูอุดมสารฯ วัดสามัคคี บ้านเหล่านาคี ต.บ้านหว้า อ.เมือง จ.ขอนแก่น ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป" จากข้อความนี้ ข้อใดเป็นข้อเท็จจริงของข่าว ก. ขอเชิญบริจาคเพื่อสร้างพระอุโบสถให้วัด ข. ขอเชิญบริจาคเพื่อซ่อมแซมพระอุโบสถ ค. ขอเชิญบริจาคเพื่อรักษาศิลปะในพระอุโบสถ ง. ขอเชิญผู้มีจิตศรัทธาร่วมทำบุญให้วัด
x240	ข้อใดเป็นการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและปลอดภัย ก. พุนักคิดใช้ไฟนีออนแทนหลอดไฟฟ้าแบบมีไส้หลอด ข. วันวิสาเปิดไฟไว้ตลอดเพื่อไม่ให้หลอดไฟฟ้าชำรุดเร็ว ค. จารวรรณเสียบปลั๊กโทรทัศน์ กาต้มน้ำไว้ตลอดเพื่อประหยัดไฟฟ้า ง. บังอรอดปลั๊กตู้เย็นเวลากลางคืนทุกวันเพื่อประหยัดและป้องกันไฟช็อต
x241	ในการวางถังเก็บสHungท่วมภายในบ้าน ควรพิจารณาเรื่องใดเป็นสำคัญ ก. ระบายอากาศได้ดี ข. ใกล้เตาหุงต้มมากที่สุด ค. บริเวณมุมห้องที่ปิดมิดชิด ง. บริเวณที่มีแสงแดดส่องถึง
x242	ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของยาปราบศัตรูพืช ก. ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ข. ช่วยทำลายเชื้อโรคของดินพืช ค. ทำให้ได้ผลผลิตที่สวยงาม ง. ช่วยให้พืชเจริญเติบโตเร็วกว่าปกติ
x243	ข้อใดเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติในขณะที่ใช้ยาปราบศัตรูพืช ก. อาบน้ำชำระร่างกายให้สะอาด ข. อ่านฉลากบนภาชนะบรรจุให้เข้าใจ ค. กระทำตามคำแนะนำวิธีใช้อย่างเคร่งครัด ง. เก็บยาไว้ในที่มิดชิด ปลอดภัยจากเด็ก
x244	ทำไมร้านขายอาหารทั่วไป จึงนิยมใช้ผงชูรสในการปรุงอาหาร ก. เพิ่มคุณค่าอาหาร ข. เพิ่มสีสรรอาหารให้น่ารับประทาน ค. ให้อาหารมีรสชาติอร่อย ง. ให้อาหารอร่อยและมีคุณค่าทางโภชนาการ
x245	กษัตริย์พระองค์ใดที่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นแม่ทัพในการออกรบต่อสู้กับข้าศึก ก. พ่อขุนรามคำแหงมหาราช ข. สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ค. สมเด็จพระนเรศวรมหาราช ง. สมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช

	ข้อคำถาม
x247	สารอาหารในข้อใดที่จำเป็นในการสร้างกระดูกและฟันมากที่สุด ก. เหล็ก ข. วิตามิน ค. แคลเซียม ง. โปแตสเซียม
x248	เด็กที่กระแสรสมองไม่เจริญเติบโตสมวัยเป็นเพราะขาดอาหารข้อใด ก. ข้าว น้ำตาล ผีอก มัน ข. เนื้อสัตว์ต่างๆ ไข่ ถั่ว นม ค. มะละกอ ส้มโอ แอปเปิ้ล ง. ผักคะน้า ผักตำลึง ฟักทอง
x249	แร่เป็นไขหัดกัดจุมูก ควรเลือกใช้อย่างใด ก. ซัลฟาไดออกซิน ข. เจนเซียนไวโอเลต ค. ทิซิมัยซิน ง. ยูคลิปตัส
x250	ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง ก. เหล้าสระระแหนใช้รักษาอาการท้องร่วงท้องเสีย ข. ทิงเจอร์ฝั้นการบุนใช้รักษาอาการท้องร่วงท้องเสีย ค. ซัลฟากัวนาดีนใช้รักษาอาการท้องร่วงท้องเสีย ง. เหล้าแอมโมเนียหอมใช้รักษาอาการท้องร่วงท้องเสีย
x251	นักเรียนสามารถฝึกปฏิบัติตนในการยื่นให้ถูกลักษณะได้อย่างไร ก. ฝึกยื่นมองตรง ปล่อยแขนตามสบาย ข. ฝึกยื่นตรง ศีรษะตรง ไม่ก้มหน้า ค. ฝึกยื่นขาตรง เขยหน้า แอ่นอก ง. ฝึกยื่นทั้งน้ำหนักตัวลงที่เท้าข้างใดข้างหนึ่ง
x252	ข้อใดเป็นพืชดอก ก. มอส ข. เฟิร์น ค. ตะไคร้ ง. ตะไคร้น้ำ
x253	พืชชนิดใดเกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องนุ่งห่มทั้งหมด ก. ฝั่ หม่อน ฝ้าย ข. ปอ ฝ้าย ฝั่ ค. ปอ ฝ้าย หม่อน ง. ฝั่ จั้ว ปอ
x254	สัตว์ชนิดใดที่มักถูกล่าเพื่อเอาลูกไปขาย ก. เสือ ข. ชะนี ค. ชะมด ง. ช้าง
x255	สิ่งใดเป็นตัวการที่ทำให้สัตว์ป่าสูญพันธุ์มากที่สุด ก. ไฟไหม้ป่า ข. โรคระบาด ค. ความแห้งแล้ง ง. การทำลายป่า

	ข้อคำถาม
x265	อาชีพใดที่มีอยู่ในทุกชุมชน ก. ค้าขายและบริการ ข. ทำสวนและประมง ค. หัตถกรรมและอุตสาหกรรม ง. เพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์
x266	บุคคลในข้อใดมีอาชีพบริการ ก. สุชาติเป็นชาวนา ข. ธงชัยเป็นนักร้อง ค. สมศักดิ์เป็นตำรวจ ง. เขาทรายเป็นนักมวย
x267	การร้องทุกข์โดยการยื่นกระดิ่งที่หน้าประตูพระราชวังในสมัยพ่อขุนรามคำแหง เป็นลักษณะการปกครองแบบใด ก. แบบเผด็จการ ข. แบบประชาธิปไตย ค. แบบพ่อปกครองลูก ง. แบบสมบูรณาญาสิทธิราช
x268	พระพุทธรูปที่สำคัญในสมัยสุโขทัยคือข้อใด ก. พระแก้วมรกต ข. พระพุทธชินราช ค. พระชัยหลังช้าง ง. พระมณฑลพิตร
x269	กรุงสุโขทัยได้รับผลดีจากการติดต่อกับต่างประเทศมากที่สุดในเรื่องใด ก. ศาสนา ข. การค้าขาย ค. การขรรคม ง. การศึกษา
x270	เพราะเหตุใดคนไทยส่วนใหญ่จึงนับถือศาสนาพุทธ ก. เป็นศาสนาแรกที่คนไทยนับถือ ข. เป็นศาสนาที่สอนให้คนเป็นคนดี ค. เป็นธรรมเนียมแห่งชีวิตของคนไทย ง. เป็นศาสนาที่สอดคล้องกับชีวิตความเป็นอยู่ของคนไทย
x271	การป้องกันไฟฟ้าช็อตควรทำอย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด ก. ควรใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ปลอดภัย ข. ถอดปลั๊กไฟฟ้าเมื่อใช้เสร็จแล้ว ค. ก่อนใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดควรล้างมือให้สะอาด ง. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟมากควรต่อสายไฟยาวๆ
x272	ข้อใดไม่ควรกระทำเพราะอาจเกิดอันตรายต่อหูได้ ก. ฟังวิทยุทุกวัน ข. จุดประตักโยนใส่กัน ค. สรงน้ำนมมูกมูกคังมูก ง. ใช้สาลีพันปลายไม้เข็ดหู

	ข้อคำถาม
x287	ข้อใดเป็นการเก็บรักษาขาปราบศัตรูพืชที่ถูกต้องวิธี ก. เก็บไว้ในที่ที่สามารถนำมาใช้ได้สะดวก ข. นำไปกลบฝังไว้ห่างจากเด็กและสัตว์เลี้ยง ค. เก็บไว้ในที่มีมิดชิดปลอดภัยจากเด็กและสัตว์เลี้ยง ง. เก็บไว้ในที่แห้งซึ่งจะปลอดภัยจากเด็กและสัตว์เลี้ยง
x289	อาหารชุดใดมีปริมาณสารคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด ก. ข้าว ไข่ เนื้อหมู ข. แป้ง เผือก มัน ค. ถั่วลิสง ปลา ผัก ง. ข้าว ถั่วเขียว ถั่วลิสง
x290	วิธีสังเกตว่าเวลาพบคำส้อมใจมักจะมองเห็นภาพต่างๆ ไม่ชัดเจนเหมือนเวลากลางวัน วิธีควรแนะนำสมาธิให้รับประทานอาหารในข้อใดเพื่อบรรเทาอาการของโรคดังกล่าว ก. เนื้อหมู มะพร้าว ผัก ข. ตับหมู พริกทอง มะละกอ ค. มะเขือเทศ น้ำอ้อย ไข่ ง. ถั่วเขียว นม เนย
x291	ข้อใดไม่ควรปฏิบัติอย่างยิ่งขณะรับประทานอาหารร่วมกับผู้อื่น ก. รับประทานอาหารให้อิ่ม ข. ใสหรือจามขณะเคี้ยวอาหาร ค. พูดคุยกันขณะรับประทานอาหาร ง. รับประทานอาหารให้เสร็จโดยเร็ว
x292	ตัวเป็นโรคกระเพาะอาหาร ควรเลือกรับประทานยาในข้อใด ก. โซดาไบคาบอเนต ข. โซดามินท์ ค. ซันฟาไดคาซิน ง. ซัลฟาควินาดีน
x293	บ่ายวันหนึ่งเพื่อนของนักเรียนวิ่งรอบสนามในชั่วโมงพลศึกษา เขาเป็นลมมีอาการหน้าแดงแล้วช็อค นักเรียนควรจะทำอย่างไร ก. ให้เพื่อนจิบน้ำหวานทีละนิด ข. เช็ดหน้าให้เพื่อนด้วยผ้าชุบโคโลญ ค. เอาขมไปจ่อไว้ที่จมูกของเพื่อน ง. คลายเสื้อผ้าให้หลวมแล้วให้นอนหงาย
x294	การฝึกปฏิบัติตนในการเดินเพื่อให้ถูกลักษณะทำได้อย่างไร ก. ฝึกถือหนังสือด้วยมือข้างเดียว ข. ฝึกถือหนังสือด้วยมือสองข้าง ค. ฝึกเอาหนังสือทาบบนศีรษะ ง. ฝึกเอาหนังสือวางบนบ่าทั้งสองข้าง
x295	การนั่งให้ถูกลักษณะในท่าพักผ่อน ควรปฏิบัติอย่างไร ก. เอนตัวไปข้างหน้า งอตัวเล็กน้อย ข. เอนตัวไปข้างหลัง ขาเหยียดตรง ค. เอนตัวพิงพนัก อย่าให้โค้งงอ ง. เอนตัวพิงพนัก งอตัวเล็กน้อย

	ข้อคำถาม
x296	พืชชนิดใดช่วยเพิ่มปุ๋ยและความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน ก. ถั่ว ข. ถั่ว ค. ข้าวโพด ง. มันสำปะหลัง
x297	"พืชเป็นแหล่งผลิตปัจจัยในการดำรงชีวิต" จากคำกล่าวนี้ปัจจัยใดสำคัญที่สุด ก. ขารักษาโรค ข. ที่อยู่อาศัย ค. เครื่องนุ่งห่ม ง. อาหาร
x298	สัตว์ในข้อใดที่กินพืชเป็นอาหารทั้งหมด ก. ควาย นก แพะ ข. ชีราฟ ม้าลาย กิ้งก่า ค. กระต่าย ลิง แกะ ง. ช้าง จิ้งหรีด จิ้งจก
x299	สิ่งใดที่ได้มาโดยไม่ต้องทำลายชีวิตสัตว์ ก. ผ้าไหม ข. ไหมพรม ค. ขนมิงค์ ง. กระเป๋านั่ง
x300	สถานที่ใดไม่เหมาะแก่การเลี้ยงไก่ ก. บริเวณที่มีอากาศแห้ง ข. บริเวณที่มีอากาศถ่ายเท ค. บริเวณที่มีอากาศชื้น ง. บริเวณที่มีอากาศร้อน
x301	ใครทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียมากที่สุด ก. น้มซักเสื้อผ้าในแม่น้ำ ข. นิดทิ้งขยะลงในแม่น้ำ ค. หน่อขปล่อยเลี้ยงสัตว์ลงแม่น้ำ ง. น้อยปลูกพืชและฉีดยาฆ่าแมลงใกล้แม่น้ำ
x302	ทิศเหนือของจังหวัดขอนแก่นมีเขตติดต่อกับจังหวัดใด ก. อุรธานี สกลนคร ข. อุรธานี หนองคาย ค. อุรธานี เลย ง. อุรธานี เพชรบูรณ์
x303	ผลิตผลทางการเกษตรที่ไม่มีในจังหวัดขอนแก่นคืออะไร ก. ถั่ว ข้าว ข. ข้าว ปอ ค. ขางพารา ยาสูบ ง. มันสำปะหลัง ไม้ยูคาลิปตัส
x304	หน้าที่ของลูกที่มีต่อครอบครัว เปรียบได้กับข้อใด ก. สมอง ข. หัวใจ ค. แขน ง. ตา

	ข้อคำถาม
x323	ข้อใดใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและถูกวิธี ก. ติดตั้งเครื่องตัดไฟอัตโนมัติ ข. เสียบปลั๊กไฟรวมกันไม่เกิน 4 ปลั๊ก ค. ถอดปลั๊กไฟเมื่อรีดผ้าเสร็จแต่ละตัว ง. ขกสะพานไฟลงเมื่อไม่อยู่บ้านและไม่ใช้ไฟฟ้า
x324	เมื่อขยารปาศศัทรูพิชฎกฉวหนัถ ควรรทำอย่างไร ก. ถ้างด้วยน้ำสบู๋ ข. ถ้างด้วยน้ำสะอาด ค. ถ้างด้วยแอลกอฮอล์ ง. ถ้างด้วยน้ำมันละหุ่ง
x325	"วันนี้มีลมกรรโฆกแรงเป็นระยะๆ และกรบกำหนดที่ต้องฉิดพ่นขำผำแมลงต้นมะม่วง ซึ่งกำลังออกดอกสะพรั่ง ราตรีควรปฏิบัติอย่างไรจึงจะปลอดภัยและไม่เกิดความเสียหายต่อผลผลิต ก. งคการฉิดขำผำแมลง ข. ใช้กับดักเป็นอุปกรณ์กำจัดแมลงแทน ค. ฉิดพ่นขำและปิดคลุมหน้ำอย่างมิดชิด ง. ฉิดพ่นขำผำแมลงโดยอยู่เหนือลมตลอดเวลา
x326	ข้อใดจับคู่ได้ถูกต้องเกี่ยวกับพระราชนิธิกกิจของพระมหากษัตริย์ไทย ก. พ้องขุนรามคำแหงมหาราช-กอบกู้เอกราช ข. สมเด็จพระนารายณ์มหาราช-ปกครองแบบพ่อปกครองลูก ค. สมเด็จพระนเรศวรมหาราช-ขยายอาณาเขตไปถึงเวียงจันทน์ ง. สมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช-สถาปนากรุงธนบุรีเป็นราชธานี
x327	รัชกาลที่ 9 แห่งราชวงศ์จักรี ทรงมีพระราชนิธิกกิจเกี่ยวกับด้านใดมากที่สุด ก. การศึกษา ข. การศาสนา ค. การพัฒนาประเทศ ง. การเมืองการปกครอง
x328	พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงสนพระทัยที่จะช่วยเหลือราษฎรด้านใดมากที่สุด ก. การศึกษา ข. เลี้ยงสัตว์ ค. ชลประทาน ง. การคมนาคม
x330	สารอาหารในข้อใดที่ให้พลังงานมากที่สุด ก. โปรตีน ข. ไขมัน ค. วิตามิน ง. แกลีอแร่
x331	ผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบการขับถ่าย ควรรับประทานอาหารพวกใดมากที่สุด ก. ข้าว ผักก ข. ไข่ นม ค. เนื้อหมู เนื้อวัว ง. ผักโขง ผักคำลิ่ง

	ข้อคำถาม
x332	อาหารในข้อใดที่ทำให้ท้องเสียได้ง่าย ก. อาหารสด ข. อาหารรสจัด ค. อาหารที่ปรุงเสร็จใหม่ ง. อาหารที่เก็บไว้ค้างคืน
x333	ข้อใดไม่ควรกระทำในขณะที่รับประทานอาหารร่วมกับผู้อื่น ก. เลือกรับประทานอาหารเฉพาะอาหารที่ตนเองชอบ ข. รับประทานอาหารอย่างตั้งใจ ค. คัดอาหารให้คนข้างเคียง ง. สนทนากันเล็กน้อย
x334	ใครปรุมพยาบาลแผลฟกช้ำได้ถูกต้อง ก. สมศรีใช้น้ำแข็งประคบ ข. วันดีใช้น้ำร้อนประคบ ค. กริชาใช้น้ำมันระกำประคบ ง. มาชาใช้น้ำมันมวอยประคบ
x335	"ต้นไม้คือเพื่อนชีวิต เจ้าคุณก๊าชพินแทนข้า" คำว่า ก๊าชพิน หมายถึงข้อใด ก. ไฮโดรเจน ข. ไนโตรเจน ค. คาร์บอนไดออกไซด์ ง. คาร์บอนมอนนอกไซด์
x336	สัตว์ในข้อใดที่กินสัตว์เป็นอาหารทั้งหมด ก. กระตัง เอื้อ งู ข. สิงโต ตั๊กแตน คางคก ค. แมวป่า แรด หมี ง. สุนัขป่า จระเข้ ช้างป่า
x337	ค้างคาวมีประโยชน์อย่างไร ก. ช่วยผสมพันธุ์พืช ข. ให้อุณหภูมิอากาศ ค. เลี้ยงไว้ดูเล่น ง. เลี้ยงไว้เพื่อเป็นสินค้า
x338	เขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งอยู่ที่จังหวัดใด ก. นครนายก ข. นครราชสีมา ค. เพชรบูรณ์ ง. อุทัยธานี
x339	หน้าดินมักถูกกัดเซาะเสียหายในกรณีใด ก. ปลุกแต่พืชล้มลุก ข. รดน้ำมากเกินไป ค. ใส่ปุ๋ยไม่ถูกวิธี ง. ปล่อยให้ดินว่างเปล่าโดยไม่มีพืช
x340	ข้อใดเป็นวิธีการรักษาน้ำธรรมชาติที่ดีที่สุด ก. ควบคุมการประมง ข. ไม่เล่นเรือในแม่น้ำ ค. สร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ง. ห้ามปลูกสร้างบ้านเรือนใกล้แม่น้ำ
x341	ข้อใดเป็นสถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดขอนแก่น ก. เขื่อนอุบลรัตน์ อุทยานคำ ข. เขื่อนอุบลรัตน์ บึงแก่นนคร ค. พระธาตุขามแก่น เขื่อนลำปาว ง. เขื่อนลำปาว สถานที่พบโครงกระดูกไดโนเสาร์

	ข้อคำถาม
x351	ข้อใดเป็นหลักฐานสำคัญที่สุดซึ่งกล่าวถึงเรื่องราวของสุโขทัยทางประวัติศาสตร์ ก. พระแท่นมนังคศิลา ข. หนังสือไตรภูมิพระร่วง ค. พระแก้วมรกต ง. หลักศิลาจารึก
x352	ประเพณีสำคัญในสมัยสุโขทัยได้แก่ข้อใด ก. การโกนจุก ข. การแข่งเรือ ค. การทอดกฐิน ง. การลอยกระทง
x353	การนับถือศาสนาในสมัยสุโขทัย เป็นศาสนาพุทธลัทธิใด ก. ลัทธิวาทสว ข. มหายาน ค. หินยาน ง. มหานิกาย
x354	ข้อใดไม่ใช่พิธีกรรมของพุทธศาสนา ก. การฟังเทศน์ ข. การตักบาตร ค. การถือศีลอด ง. การเวียนเทียน
x355	ศาสนาใดมุ่งสอนให้มนุษย์รักเพื่อนมนุษย์ด้วยกัน ก. ศาสนาพุทธ ข. ศาสนาอิสลาม ค. ศาสนาคริสต์ ง. ศาสนาฮินดู
x356	พระมารดาของพระพุทธเจ้าทรงพระนามว่าอะไร ก. วิสาขา ข. ประชาบดี ค. ศิริมหามายา ง. ยโสธรา
x357	เครื่องใช้ไฟฟ้าในข้อใดที่เป็นอันตรายน้อยที่สุด ก. ไฟฉาย ข. พัดลม ค. เตารีด ง. กาต้มน้ำไฟฟ้า
x358	ข้อใดเป็นสาเหตุของการเกิดเสียง ก. การสั่นสะเทือนของวัตถุ ข. การเคลื่อนที่ของวัตถุ ค. การขยายตัวของวัตถุ ง. การแทนที่ของวัตถุ
x359	ปรากฏการณ์ที่ดวงจันทร์มีการเปลี่ยนรูปร่างเรียกว่าอะไร ก. สุริยุปราคา ข. กลางวัน กลางคืน ค. ข้างขึ้น ข้างแรม ง. ฤดูกาลต่างๆ
x360	น้ำขึ้น น้ำลง เกิดจากอิทธิพลของอะไร ก. ดวงอาทิตย์ ข. ดาวฤกษ์ ค. ดวงจันทร์ ง. การหมุนของโลก

	ข้อคำถาม
x378	สมาชิกที่ดีของครอบครัวต้องปฏิบัติตนอย่างไร ก. มีความเสียสละ ข. มีความเอื้อเฟื้อต่อผู้อื่น ค. มีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง ง. มีความรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง
x379	ผู้ที่จะประกอบอาชีพรับราชการจะต้องมีคุณสมบัติใดเป็นอันดับแรก ก. ความรู้ ข. ความขยัน ค. ความอดทน ง. ความยุติธรรม
x380	ข้อใดเป็นวัฒนธรรมของชาติไทย ก. การขี้ม ข. การไหว้ ค. การโค้งคำนับ ง. การจับมือแสดงความยินดี
x381	อาชีพหลักของคนไทยในปัจจุบัน คือข้อใด ก. เกษตรกรรม ข. การค้าขาย ค. การประมง ง. อุตสาหกรรม
x382	ภาคใต้บริเวณชายฝั่งทะเลเหมาะแก่การประกอบอาชีพใดมากที่สุด ก. ทำนาเกลือ ข. สวนยางพารา ค. ทำเหมืองแร่ ง. ทำนาเกลือ
x383	ในสมัยสุโขทัย พระพุทธศาสนาเจริญรุ่งเรืองมากที่สุดในสมัยพระมหากษัตริย์พระองค์ใด ก. ญายาลิไท ข. ญายาลอไท ค. พ่อขุนศรีอินทราทิตย์ ง. พ่อขุนรามคำแหง
x384	หัตถกรรมชิ้นใดที่ชี้ให้เห็นว่ากรุงสุโขทัยติดต่อกับค้าขายกับต่างประเทศ ก. พระพุทธรูป ข. เครื่องแกะสลัก ค. เครื่องสังคโลก ง. เครื่องจักสาน
x385	ข้อใดไม่ใช่หลักคำสอนของพุทธศาสนา ก. ทำความดี ข. ละเว้นความชั่ว ค. ทำจิตใจให้บริสุทธิ์ ง. จงเชื่อและศรัทธาต่อพระเจ้า
x386	ศาสนามีความสำคัญอย่างไร ก. เป็นที่พึ่งทางจิตใจ ข. เป็นเครื่องชำระบาป ค. เป็นสิ่งทำให้พ้นทุกข์ ง. เป็นเครื่องสร้างความสามัคคี
x387	ตัวกลางใดที่เสียงเดินทางไม่ได้ ก. สูญญากาศ ข. อากาศ ค. ดิน ง. น้ำ

	ข้อคำถาม
x405	ข้อใดไม่ใช่โครงการในพระราชกรณียกิจของรัชกาลที่ 9 ในด้านการเกษตร ก. โครงการอีสานเขียว ข. โครงการชลประทาน ค. โครงการธนาคาร โค กระบือ ง. โครงการปลูกพืชเลี้ยงสัตว์ในโรงเรียน
x406	การนั่งฟังพระเทศน์ ควรปฏิบัติอย่างไร ก. นั่งประนมมือหลับตา ข. นั่งประนมมือตั้งใจฟัง ค. นุ่งขาวห่มขาวให้จิตใจบริสุทธิ์ ง. จัดหาที่นั่งใกล้ๆ พระ จะได้ยินเสียงชัดเจน
x407	แอลกอฮอล์กับอะเซทิลีน เป็นเชื้อเพลิงที่มีลักษณะแตกต่างกันในเรื่องใด ก. การจุดติดไฟ ข. สถานะของสาร ค. ภาชนะที่ใช้บรรจุ ง. ลักษณะการขนส่ง

ภาคผนวก ค

- ค่าพารามิเตอร์ข้อคำถาม
- ค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม

การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามรายข้อก่อนปรับสเกล และเมื่อปรับให้อยู่บน
สเกลเดียวกัน (Common Scale) จากคลังข้อสอบ จำนวน 397 ข้อ

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x2	2.838	0.402	2.306	1.140	1.798	0.118	2.888	0.345	2.748	1.148	1.607	0.118	11
x3	1.708	0.356	1.534	0.903	1.613	0.181	1.758	0.306	1.850	0.909	1.424	0.181	11
x4	-2.259	0.497	-1.561	0.759	-0.525	0.299	-2.209	0.427	-1.752	0.765	-0.699	0.299	12
x5	-0.608	0.247	-0.755	0.400	0.617	0.268	-0.557	0.213	-0.814	0.403	0.435	0.268	12
x6	1.828	0.234	2.378	0.858	2.188	0.223	1.878	0.201	2.831	0.864	1.995	0.223	12
x7	-0.608	0.232	-0.799	0.412	0.821	0.304	-0.557	0.200	-0.866	0.415	0.637	0.304	12
x8	-1.268	0.442	-0.960	0.814	0.142	0.315	-1.218	0.380	-1.053	0.819	-0.037	0.315	13
x9	-1.313	0.395	-1.087	0.537	-0.186	0.236	-1.262	0.339	-1.201	0.541	-0.362	0.236	13
x10	2.685	0.175	4.596	1.055	3.193	0.198	2.735	0.151	5.413	1.062	2.992	0.198	13
x11	-1.180	0.355	-1.068	0.479	-0.234	0.200	-1.130	0.305	-1.178	0.483	-0.410	0.200	21
x12	0.843	0.207	1.227	0.528	2.596	0.311	0.893	0.177	1.492	0.532	2.400	0.311	22
x13	-0.260	0.300	-0.273	0.401	0.559	0.190	-0.209	0.258	-0.254	0.404	0.377	0.190	23
x14	-0.711	0.435	-0.547	0.608	0.078	0.180	-0.661	0.373	-0.572	0.612	-0.100	0.179	23
x15	-1.425	0.530	-0.944	0.754	-0.254	0.212	-1.375	0.455	-1.034	0.759	-0.430	0.212	24
x16	0.084	0.236	0.104	0.406	1.280	0.250	0.135	0.203	0.186	0.409	1.093	0.249	24
x17	0.780	0.270	0.889	1.185	1.520	0.311	0.830	0.232	1.098	1.193	1.331	0.311	31
x18	-3.134	1.198	-1.324	1.480	-0.954	0.152	-3.083	1.030	-1.476	1.490	-1.125	0.152	31
x19	-3.168	0.859	-1.543	1.026	-1.127	0.154	-3.118	0.738	-1.732	0.615	1.238	0.316	31
x20	1.207	0.220	1.663	0.731	2.085	0.268	1.257	0.189	2.000	1.018	2.143	0.304	32
x21	-0.921	0.556	-0.591	0.725	-0.106	0.156	-0.871	0.477	-0.623	0.730	-0.283	0.156	32
x22	-1.202	0.432	-0.927	0.636	-0.175	0.204	-1.151	0.371	-1.014	0.640	-0.352	0.204	32
x23	0.801	0.304	0.822	0.815	1.404	0.254	0.851	0.261	1.021	0.820	1.216	0.254	41
x24	1.661	0.341	1.547	1.068	1.619	0.206	1.711	0.293	1.865	1.076	1.430	0.206	41
x25	0.593	0.416	0.468	0.692	0.929	0.174	0.644	0.358	0.609	0.697	0.745	0.174	42
x26	-0.816	0.604	-0.495	0.865	-0.051	0.145	-0.765	0.519	-0.511	0.871	-0.229	0.145	42
x27	2.208	0.260	2.612	1.175	2.071	0.203	2.258	0.224	3.104	1.183	1.878	0.203	43
x28	0.991	0.410	0.793	0.604	1.107	0.131	1.041	0.352	0.987	0.609	0.921	0.131	43
x29	0.970	0.317	0.959	0.640	1.585	0.224	1.020	0.273	1.181	0.644	1.395	0.224	51

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x30	0.409	0.580	0.254	1.165	0.649	0.178	0.459	0.498	0.360	1.174	0.467	0.178	52
x31	2.342	0.197	3.586	1.161	2.618	0.217	2.393	0.169	4.237	1.170	2.422	0.217	52
x32	-0.260	0.238	-0.337	0.354	0.818	0.224	-0.209	0.204	-0.328	0.357	0.635	0.224	52
x33	-0.260	0.613	-0.156	0.967	0.327	0.178	-0.209	0.526	-0.117	0.973	0.146	0.178	55
x34	1.034	0.482	0.731	0.829	1.026	0.150	1.084	0.414	0.915	0.834	0.841	0.150	55
x35	1.521	0.417	1.202	1.274	1.290	0.188	1.572	0.358	1.463	1.283	1.103	0.188	53
x36	0.843	0.326	0.815	0.690	1.329	0.214	0.893	0.280	1.012	0.695	1.142	0.214	61
x37	0.185	0.657	0.107	0.981	0.471	0.146	0.236	0.564	0.189	0.988	0.290	0.146	44
x38	0.991	0.291	1.057	0.515	1.682	0.201	1.041	0.250	1.295	0.518	1.492	0.201	54
x39	-1.540	0.867	-0.756	1.118	-0.388	0.130	-1.489	0.745	-0.815	1.126	-0.563	0.130	54
x40	-0.017	0.665	-0.009	0.970	0.375	0.148	0.034	0.571	0.054	0.977	0.195	0.148	54
x41	-0.382	0.373	-0.333	0.553	0.454	0.214	-0.331	0.320	-0.323	0.557	0.273	0.214	53
x43	-0.155	0.218	-0.205	0.494	1.511	0.345	-0.155	0.218	-0.205	0.494	1.511	0.345	11
x44	-1.695	0.429	-1.274	0.558	-0.415	0.240	-1.695	0.429	-1.274	0.557	-0.415	0.240	11
x45	-1.599	0.671	-0.884	1.172	-0.037	0.303	-1.599	0.671	-0.884	1.172	-0.037	0.303	12
x46	-0.506	0.627	-0.297	0.840	0.123	0.145	-0.506	0.627	-0.297	0.840	0.123	0.145	12
x47	-0.935	0.570	-0.576	0.837	0.053	0.209	-0.935	0.570	-0.576	0.837	0.053	0.209	13
x48	0.733	0.314	0.712	0.550	1.444	0.219	0.732	0.313	0.712	0.550	1.444	0.219	13
x49	1.015	0.252	1.199	0.825	1.853	0.288	1.015	0.252	1.199	0.825	1.853	0.288	21
x50	-0.296	0.242	-0.360	0.421	1.263	0.315	-0.296	0.242	-0.360	0.421	1.263	0.315	21
x51	-0.528	0.288	-0.550	0.495	0.690	0.281	-0.527	0.288	-0.550	0.495	0.690	0.281	22
x52	-0.528	0.478	-0.370	0.685	0.277	0.201	-0.527	0.478	-0.369	0.685	0.277	0.201	22
x53	2.034	0.177	3.349	1.054	2.901	0.257	2.034	0.177	3.348	1.054	2.901	0.257	23
x54	2.008	0.208	2.834	1.316	2.371	0.252	2.008	0.208	2.834	1.316	2.371	0.252	23
x55	-2.649	0.341	-2.397	0.444	-1.242	0.255	-2.649	0.341	-2.397	0.444	-1.242	0.255	24
x56	1.539	0.256	1.795	1.196	1.901	0.266	1.539	0.256	1.795	1.196	1.901	0.266	31
x57	-1.689	0.775	-0.860	1.109	-0.324	0.194	-1.689	0.775	-0.860	1.109	-0.324	0.194	31
x58	-2.117	0.714	-1.121	0.964	-0.496	0.229	-2.117	0.714	-1.121	0.964	-0.496	0.229	31

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x59	0.906	0.278	0.981	0.754	1.653	0.269	0.906	0.278	0.981	0.754	1.653	0.269	32
x60	2.080	0.260	2.389	0.719	2.428	0.203	2.080	0.260	2.389	0.718	2.428	0.203	32
x61	1.539	0.213	2.126	1.067	2.258	0.282	1.539	0.213	2.126	1.067	2.258	0.282	32
x62	0.116	0.238	0.147	0.888	1.690	0.394	0.116	0.238	0.147	0.888	1.690	0.394	11
x63	1.516	0.185	2.389	1.710	2.245	0.305	1.516	0.185	2.389	1.710	2.245	0.305	23
x64	-0.108	0.278	-0.116	0.739	1.269	0.355	-0.108	0.278	-0.116	0.739	1.269	0.355	51
x65	-0.296	0.278	-0.319	1.121	1.277	0.421	-0.296	0.277	-0.319	1.121	1.277	0.421	53
x66	0.711	0.279	0.767	0.728	1.653	0.290	0.711	0.279	0.767	0.728	1.653	0.290	61
x67	1.732	0.222	2.299	1.599	2.157	0.277	1.732	0.222	2.299	1.599	2.157	0.277	44
x68	-1.067	0.532	-0.689	1.033	0.224	0.297	-1.067	0.531	-0.689	1.033	0.224	0.297	45
x69	-1.836	0.435	-1.364	0.670	-0.267	0.301	-1.836	0.435	-1.364	0.670	-0.267	0.301	54
x70	-0.343	0.485	-0.240	0.802	0.463	0.229	-0.343	0.485	-0.240	0.802	0.463	0.229	32
x71	-0.570	0.406	-0.450	0.738	0.500	0.276	-0.570	0.406	-0.450	0.738	0.500	0.276	41
x72	-0.464	0.656	-0.267	1.369	0.326	0.223	-0.464	0.656	-0.267	1.369	0.326	0.223	42
x73	2.080	0.361	1.792	0.721	1.896	0.154	2.080	0.361	1.792	0.721	1.896	0.154	42
x74	0.690	0.365	0.588	0.892	1.302	0.267	0.690	0.365	0.587	0.892	1.301	0.267	43
x75	-0.317	0.410	-0.250	0.849	0.604	0.268	-0.317	0.410	-0.250	0.849	0.604	0.268	45
x76	-0.443	0.523	-0.293	1.016	0.484	0.267	-0.443	0.523	-0.293	1.016	0.484	0.267	51
x77	-1.365	0.815	-0.680	1.390	-0.090	0.220	-1.365	0.815	-0.680	1.390	-0.090	0.220	51
x78	0.770	0.422	0.583	0.668	1.126	0.187	0.770	0.422	0.583	0.668	1.126	0.187	52
x79	1.193	0.362	1.025	1.204	1.395	0.247	1.193	0.362	1.025	1.204	1.395	0.247	55
x80	1.659	0.211	2.311	1.365	2.083	0.274	1.659	0.211	2.311	1.365	2.082	0.274	55
x81	2.193	0.168	3.801	1.435	2.709	0.247	2.193	0.168	3.801	1.435	2.709	0.247	55
x82	1.393	0.348	1.237	1.048	1.492	0.224	1.393	0.348	1.237	1.048	1.492	0.224	53
x83	1.677	0.321	1.597	0.868	1.853	0.216	1.677	0.321	1.597	0.868	1.853	0.216	61
x84	2.406	0.195	3.616	1.867	2.188	0.220	2.406	0.195	3.616	1.867	2.187	0.220	44
x85	-0.789	0.586	-0.479	0.835	0.121	0.204	-0.789	0.586	-0.479	0.835	0.121	0.204	54
x86	-1.045	0.586	-0.632	1.143	0.268	0.310	-1.045	0.586	-0.632	1.143	0.268	0.310	54

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x87	1.831	0.299	1.859	0.849	1.935	0.206	1.831	0.299	1.859	0.849	1.935	0.205	54
x88	0.477	0.526	0.302	1.082	0.837	0.219	0.477	0.526	0.302	1.082	0.837	0.219	54
x89	0.246	0.433	0.180	0.632	0.826	0.199	0.246	0.433	0.180	0.632	0.826	0.199	22
x90	-1.223	0.489	-0.836	0.678	-0.143	0.208	-1.223	0.489	-0.836	0.678	-0.143	0.208	24
x91	0.578	0.428	0.431	0.941	0.978	0.225	0.578	0.428	0.431	0.941	0.978	0.225	32
x93	-1.224	0.419	-0.989	0.569	-0.100	0.257	-1.293	0.413	-1.067	0.647	-0.198	0.257	11
x94	0.576	0.266	0.676	0.533	1.838	0.288	0.507	0.262	0.624	0.606	1.507	0.288	12
x95	-4.027	1.084	-1.753	1.273	-1.387	0.200	-4.096	1.068	-1.842	1.447	-1.330	0.200	13
x96	-3.326	0.679	-1.875	0.830	-1.312	0.219	-3.395	0.669	-1.965	0.943	-1.264	0.219	13
x97	2.166	0.180	3.682	0.948	3.530	0.242	2.097	0.178	3.676	1.077	2.996	0.242	21
x98	1.529	0.288	1.684	0.680	2.164	0.228	1.460	0.283	1.647	0.773	1.794	0.228	21
x99	0.123	0.520	0.075	0.780	0.651	0.207	0.054	0.512	0.014	0.886	0.463	0.207	22
x100	-1.428	0.664	-0.835	0.976	-0.211	0.234	-1.497	0.654	-0.910	1.109	-0.296	0.234	22
x101	-1.690	0.724	-0.935	0.960	-0.404	0.210	-1.759	0.713	-1.012	1.091	-0.466	0.210	22
x102	1.562	0.391	1.322	0.919	1.507	0.187	1.493	0.386	1.280	1.045	1.216	0.187	23
x103	0.710	0.254	0.872	0.540	1.869	0.274	0.641	0.250	0.823	0.614	1.534	0.274	23
x104	1.501	0.177	2.589	0.945	2.573	0.287	1.432	0.174	2.566	1.074	2.154	0.287	24
x105	-1.668	0.306	-1.746	0.371	-0.746	0.231	-1.736	0.301	-1.835	0.422	-0.766	0.231	24
x106	-3.229	0.845	-1.605	1.254	-0.949	0.265	-3.298	0.832	-1.692	1.425	-0.945	0.265	31
x107	-1.077	0.421	-0.868	0.580	-0.063	0.235	-1.146	0.415	-0.944	0.659	-0.165	0.235	31
x108	0.655	0.493	0.458	0.906	0.971	0.212	0.586	0.485	0.403	1.030	0.745	0.212	32
x109	0.278	0.428	0.213	0.728	0.868	0.226	0.209	0.422	0.153	0.828	0.654	0.226	32
x110	-1.203	0.644	-0.719	0.896	-0.199	0.192	-1.272	0.635	-0.792	1.018	-0.285	0.192	32
x111	-0.737	0.292	-0.806	0.561	0.702	0.346	-0.806	0.288	-0.881	0.638	0.508	0.346	32
x112	0.263	0.557	0.162	0.897	0.616	0.184	0.194	0.549	0.102	1.019	0.432	0.184	42
x113	1.872	0.258	2.275	0.966	2.118	0.224	1.803	0.254	2.247	1.098	1.753	0.224	42
x114	-1.736	0.684	-0.993	0.993	-0.387	0.226	-1.805	0.673	-1.071	1.128	-0.450	0.226	51
x115	1.962	0.150	3.982	1.101	3.003	0.258	1.893	0.148	3.980	1.251	2.532	0.258	51

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x116	0.031	0.555	0.011	1.394	0.620	0.258	-0.038	0.547	-0.051	1.584	0.435	0.258	51
x117	0.439	0.412	0.351	0.858	1.048	0.256	0.370	0.406	0.293	0.975	0.812	0.256	52
x118	0.108	0.556	0.062	0.904	0.562	0.197	0.039	0.547	0.000	1.028	0.385	0.197	52
x119	1.703	0.324	1.690	0.895	1.751	0.200	1.634	0.319	1.654	1.017	1.430	0.199	55
x120	-0.514	0.385	-0.448	0.523	0.182	0.181	-0.583	0.380	-0.517	0.595	0.051	0.181	55
x121	1.635	0.465	1.206	1.648	1.255	0.191	1.566	0.458	1.162	1.873	0.994	0.190	55
x122	0.108	0.570	0.060	0.934	0.562	0.200	0.039	0.562	-0.001	1.061	0.385	0.200	53
x123	0.234	0.345	0.215	0.687	1.002	0.254	0.165	0.340	0.156	0.780	0.771	0.254	53
x124	0.931	0.306	0.968	0.713	1.563	0.245	0.862	0.302	0.920	0.811	1.265	0.245	61
x125	-0.573	0.562	-0.379	0.859	0.187	0.205	-0.642	0.554	-0.448	0.976	0.055	0.205	45
x126	-2.016	0.846	-1.020	1.421	-0.374	0.264	-2.085	0.833	-1.098	1.615	-0.439	0.264	45
x127	1.075	0.254	1.320	0.872	1.824	0.281	1.006	0.250	1.278	0.991	1.494	0.281	45
x128	0.775	0.500	0.537	1.421	0.955	0.232	0.706	0.493	0.483	1.615	0.730	0.232	54
x129	0.263	0.280	0.293	0.513	1.225	0.251	0.194	0.276	0.235	0.584	0.968	0.251	54
x130	-1.077	0.659	-0.637	0.852	-0.178	0.175	-1.146	0.649	-0.709	0.968	-0.266	0.175	54
x131	0.695	0.302	0.729	0.708	1.586	0.281	0.626	0.298	0.677	0.805	1.285	0.280	44
x133	-2.083	0.632	-1.210	0.832	-0.628	0.223	-2.351	0.570	-1.612	0.834	-0.914	0.223	11
x134	0.200	0.377	0.161	0.707	0.870	0.242	-0.068	0.341	-0.094	0.709	0.580	0.242	11
x135	0.952	0.319	0.922	0.543	1.442	0.192	0.684	0.288	0.749	0.544	1.151	0.192	12
x136	-3.261	1.245	-1.328	1.690	-0.991	0.176	-3.530	1.124	-1.743	1.694	-1.277	0.176	13
x137	2.095	0.239	2.643	1.203	1.945	0.215	1.827	0.216	2.655	1.206	1.653	0.215	21
x138	-2.128	0.436	-1.606	0.572	-0.797	0.239	-2.397	0.394	-2.051	0.573	-1.082	0.239	21
x139	-0.291	0.563	-0.195	0.940	0.433	0.239	-0.560	0.509	-0.488	0.942	0.144	0.239	22
x140	0.329	0.381	0.268	0.707	0.923	0.232	0.060	0.344	0.024	0.708	0.633	0.232	22
x141	0.936	0.275	1.033	0.755	1.907	0.297	0.668	0.248	0.872	0.757	1.615	0.297	24
x142	-1.388	0.715	-0.758	1.012	-0.225	0.218	-1.656	0.646	-1.112	1.014	-0.512	0.218	24
x143	-0.791	0.363	-0.698	0.485	0.022	0.199	-1.060	0.328	-1.045	0.486	-0.266	0.199	31
x144	-2.946	0.676	-1.621	0.814	-1.156	0.192	-3.215	0.610	-2.067	0.816	-1.441	0.192	31

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x145	2.561	0.292	2.698	0.807	2.425	0.171	2.293	0.263	2.715	0.809	2.132	0.171	32
x146	-2.455	0.697	-1.337	1.440	-0.339	0.377	-2.723	0.629	-1.753	1.444	-0.626	0.377	32
x147	2.335	0.231	3.036	1.332	2.082	0.208	2.067	0.209	3.090	1.335	1.790	0.208	32
x148	2.024	0.226	2.682	1.547	1.806	0.226	1.756	0.204	2.698	1.551	1.514	0.226	32
x149	0.655	0.650	0.360	1.194	0.642	0.156	0.387	0.587	0.127	1.196	0.353	0.156	41
x150	1.176	0.573	0.715	1.707	0.898	0.180	0.907	0.517	0.520	1.711	0.608	0.180	42
x151	1.186	0.344	1.078	0.883	0.921	0.267	0.918	0.310	0.922	1.035	1.129	0.243	45
x152	0.139	0.501	0.083	0.822	0.645	0.214	-0.130	0.453	-0.180	0.824	0.356	0.214	45
x153	-1.158	1.155	-0.520	1.675	-0.179	0.159	-1.427	1.043	-0.848	1.679	-0.467	0.159	43
x154	-2.248	1.306	-0.924	1.986	-0.521	0.208	-2.516	1.179	-1.296	1.990	-0.807	0.208	43
x155	2.187	0.292	2.297	0.880	2.088	0.190	1.918	0.264	2.272	0.882	1.795	0.190	51
x156	-1.186	0.418	-0.931	0.581	-0.141	0.235	-1.454	0.378	-1.303	0.582	-0.428	0.235	51
x157	1.055	0.488	0.721	0.889	0.991	0.163	0.786	0.441	0.526	0.891	0.701	0.163	52
x158	0.006	0.308	-0.001	0.495	1.019	0.260	-0.263	0.278	-0.273	0.496	0.729	0.260	55
x159	1.614	0.190	2.519	0.870	2.760	0.284	1.345	0.171	2.518	0.872	2.466	0.284	55
x160	0.011	0.531	-0.005	1.059	0.613	0.247	-0.258	0.479	-0.277	1.061	0.324	0.247	53
x161	1.326	0.248	1.610	1.154	1.729	0.274	1.057	0.224	1.511	1.157	1.437	0.274	61
x162	1.715	0.389	1.407	1.292	1.382	0.194	1.446	0.352	1.286	1.295	1.091	0.194	45
x163	2.384	0.270	2.687	1.005	2.141	0.188	2.115	0.244	2.704	1.007	1.848	0.188	45
x164	-0.117	0.196	-0.181	0.585	2.258	0.433	-0.386	0.177	-0.473	0.586	1.965	0.433	54
x165	0.556	0.294	0.575	0.654	1.613	0.299	0.288	0.266	0.364	0.655	1.321	0.299	54
x166	1.131	0.308	1.130	0.558	1.622	0.197	0.863	0.278	0.979	0.559	1.330	0.197	54
x167	1.181	0.375	0.996	1.425	1.219	0.238	0.912	0.339	0.831	1.429	0.928	0.238	11
x168	-1.011	0.756	-0.542	1.081	-0.069	0.199	-1.279	0.683	-0.872	1.084	-0.357	0.199	54
x169	2.267	0.183	3.672	1.164	2.604	0.230	1.999	0.165	3.795	1.166	2.310	0.230	44
x170	-0.823	0.360	-0.731	0.495	0.092	0.224	-1.091	0.325	-1.081	0.496	-0.196	0.224	21
x172	0.077	0.918	-0.073	0.878	1.080	0.287	-0.002	0.313	-0.235	0.678	1.156	0.287	11
x173	0.278	1.738	0.028	1.763	0.799	0.180	0.200	0.599	0.063	1.360	0.792	0.180	11

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x174	-1.347	2.210	-0.947	1.181	-1.480	0.191	-1.424	0.761	-2.767	0.912	-2.161	0.191	11
x175	-0.194	0.517	-0.505	0.317	0.738	0.268	-0.271	0.178	-1.485	0.244	0.713	0.268	12
x176	0.070	0.774	-0.068	0.634	1.188	0.273	-0.007	0.267	-0.215	0.490	1.295	0.273	13
x177	-0.517	0.916	-0.723	0.470	-0.590	0.206	-0.594	0.318	-2.107	0.363	-1.008	0.206	21
x178	1.045	0.525	1.718	0.899	3.181	0.149	1.304	0.125	9.801	0.694	3.877	0.149	21
x179	-0.495	0.846	-0.735	0.441	-0.517	0.219	-0.572	0.295	-2.134	0.340	-0.913	0.219	22
x180	0.411	1.107	0.231	1.004	1.231	0.179	0.333	0.381	0.650	0.775	1.351	0.179	22
x181	-0.963	1.578	-0.859	0.742	-1.272	0.175	-1.040	0.546	-2.503	0.573	-1.892	0.175	23
x182	-0.400	1.395	-0.482	1.145	0.198	0.341	-0.479	0.486	-1.414	0.884	0.014	0.341	24
x183	-0.140	1.396	-0.276	0.782	0.155	0.156	-0.218	0.480	-0.819	0.603	-0.043	0.156	31
x184	-0.912	1.755	-0.781	0.828	-1.162	0.145	-0.991	0.599	-2.298	0.639	-1.750	0.145	31
x185	0.110	0.722	-0.009	0.489	1.301	0.237	0.032	0.248	-0.044	0.378	1.442	0.237	32
x186	-0.081	0.816	-0.254	0.584	0.666	0.245	-0.158	0.283	-0.754	0.451	0.620	0.245	32
x187	-0.480	1.622	-0.511	0.884	-0.261	0.227	-0.559	0.557	-1.507	0.682	-0.582	0.227	32
x188	-0.015	1.737	-0.179	0.953	0.315	0.141	-0.093	0.598	-0.537	0.735	0.165	0.141	32
x189	-0.844	2.740	-0.623	1.389	-0.842	0.137	-0.921	0.941	-1.826	1.072	-1.334	0.137	32
x190	0.123	1.386	-0.064	1.502	0.853	0.258	0.046	0.477	-0.204	1.159	0.862	0.258	41
x191	-0.863	1.818	-0.737	0.882	-0.966	0.190	-0.942	0.632	-2.152	0.681	-1.495	0.190	41
x192	0.150	1.028	-0.009	1.767	1.067	0.299	0.072	0.356	-0.047	1.364	1.139	0.299	41
x193	-0.015	1.458	-0.176	0.854	0.445	0.179	-0.094	0.501	-0.533	0.659	0.334	0.179	42
x194	0.103	1.253	-0.072	1.696	0.907	0.286	0.026	0.432	-0.229	1.309	0.932	0.286	42
x195	0.110	0.887	-0.034	0.704	1.093	0.250	0.031	0.306	-0.122	0.543	1.173	0.250	42
x196	-0.587	1.768	-0.566	0.901	-0.566	0.166	-0.666	0.611	-1.660	0.695	-0.977	0.166	43
x197	0.264	0.715	0.200	0.688	1.696	0.267	0.184	0.245	0.563	0.531	1.954	0.267	43
x198	0.599	0.834	0.554	0.895	1.853	0.188	0.516	0.289	1.563	0.691	2.157	0.188	51
x199	-0.227	2.049	-0.316	1.084	-0.082	0.115	-0.308	0.707	-0.941	0.837	-0.350	0.115	51
x200	-0.094	1.312	-0.241	0.753	0.203	0.142	-0.171	0.453	-0.717	0.581	0.020	0.142	52
x201	0.090	0.797	-0.046	0.606	1.188	0.258	0.012	0.272	-0.149	0.467	1.296	0.258	52

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x202	0.567	0.549	0.816	1.021	2.238	0.244	0.489	0.191	2.329	0.788	2.655	0.244	55
x203	0.361	0.504	0.512	0.726	2.348	0.295	0.283	0.175	1.456	0.560	2.799	0.295	55
x204	0.083	0.956	-0.070	1.218	1.085	0.312	0.006	0.328	-0.220	0.940	1.162	0.312	53
x205	0.544	0.596	0.709	0.589	2.247	0.195	0.464	0.205	2.031	0.455	2.667	0.195	53
x206	-0.022	1.572	-0.182	0.928	0.376	0.165	-0.101	0.540	-0.550	0.716	0.243	0.165	53
x207	0.705	0.520	1.115	0.848	2.874	0.222	0.627	0.178	3.230	0.655	3.480	0.222	61
x208	0.024	1.297	-0.142	1.225	0.700	0.255	-0.053	0.447	-0.430	0.945	0.663	0.255	45
x209	-0.068	1.332	-0.219	1.210	0.543	0.259	-0.145	0.465	-0.652	0.934	0.460	0.259	45
x210	-0.386	1.292	-0.486	0.662	-0.270	0.176	-0.463	0.448	-1.424	0.511	-0.593	0.176	54
x211	0.567	0.668	0.658	0.984	2.081	0.230	0.487	0.229	1.892	0.759	2.453	0.230	54
x213	-1.133	1.201	-0.609	1.347	-0.201	0.154	-0.688	1.056	-0.130	2.154	1.059	0.154	11
x214	-0.062	0.641	-0.074	0.707	0.450	0.132	0.383	0.563	0.478	1.130	1.467	0.132	11
x215	-2.116	0.468	-1.794	0.478	-1.167	0.217	-1.671	0.411	-1.478	0.764	0.456	0.217	11
x216	1.930	0.408	1.821	0.558	2.365	0.111	2.375	0.359	2.633	0.893	2.665	0.111	12
x217	-0.276	0.829	-0.208	1.099	0.268	0.138	0.169	0.729	0.325	1.756	1.353	0.138	13
x218	1.079	0.605	0.736	1.444	1.434	0.202	1.524	0.532	1.399	2.308	2.082	0.202	21
x219	-0.627	1.028	-0.385	1.330	0.143	0.178	-0.182	0.904	0.124	2.127	1.275	0.178	21
x220	0.252	0.652	0.136	1.769	0.972	0.264	0.697	0.573	0.717	2.828	1.793	0.264	22
x221	-1.279	1.195	-0.676	1.539	-0.168	0.208	-0.834	1.051	-0.207	2.460	1.080	0.208	23
x222	0.795	0.534	0.590	2.568	1.461	0.268	1.239	0.470	1.233	4.106	2.099	0.268	24
x223	-0.409	1.085	-0.273	1.176	0.062	0.083	0.036	0.954	0.252	1.881	1.224	0.083	24
x224	1.716	0.436	1.530	3.850	1.799	0.189	2.161	0.384	2.302	6.155	2.311	0.189	31
x225	-0.833	0.828	-0.525	0.921	-0.127	0.122	-0.388	0.728	-0.035	1.473	1.106	0.122	31
x226	0.725	0.393	0.698	2.408	1.764	0.314	1.170	0.346	1.356	3.849	2.289	0.314	32
x227	1.263	0.382	1.255	2.456	1.773	0.238	1.708	0.335	1.989	3.927	2.294	0.238	32
x228	0.186	0.462	0.144	1.022	1.216	0.292	0.631	0.407	0.726	1.634	1.946	0.292	32
x229	-1.151	0.627	-0.813	0.693	-0.342	0.146	-0.706	0.551	-0.363	1.107	0.971	0.146	41
x230	1.207	0.251	1.743	0.306	2.707	0.137	1.652	0.221	2.543	0.489	2.878	0.137	43

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x231	-0.029	0.731	-0.058	0.817	0.492	0.146	0.416	0.643	0.496	1.306	1.493	0.146	43
x232	-0.095	0.707	-0.099	1.065	0.496	0.176	0.350	0.622	0.450	1.703	1.496	0.176	43
x233	-0.210	0.830	-0.170	1.234	0.456	0.195	0.235	0.730	0.369	1.973	1.470	0.195	51
x234	-0.045	0.715	-0.067	0.879	0.559	0.174	0.400	0.629	0.485	1.405	1.535	0.174	51
x235	1.886	0.265	2.589	0.410	3.495	0.156	2.331	0.233	3.506	0.655	3.372	0.156	52
x236	-0.177	0.365	-0.187	1.990	1.449	0.419	0.268	0.321	0.349	3.182	2.092	0.419	55
x237	-0.045	0.889	-0.077	0.985	0.304	0.092	0.400	0.782	0.474	1.574	1.375	0.092	53
x238	0.236	0.825	0.090	1.383	0.761	0.201	0.681	0.726	0.664	2.211	1.661	0.201	53
x239	1.226	0.550	0.904	2.244	1.632	0.225	1.671	0.484	1.590	3.588	2.206	0.225	61
x240	0.453	0.473	0.365	0.795	1.320	0.240	0.898	0.416	0.977	1.270	2.011	0.240	51
x241	0.419	0.835	0.195	1.181	0.748	0.150	0.864	0.735	0.784	1.888	1.653	0.150	54
x242	0.918	0.615	0.613	1.062	1.190	0.161	1.362	0.541	1.259	1.698	1.930	0.161	54
x243	1.170	0.554	0.857	1.471	1.464	0.194	1.615	0.488	1.536	2.352	2.101	0.194	54
x244	-0.210	0.874	-0.170	1.550	0.449	0.200	0.235	0.769	0.369	2.478	1.466	0.200	11
x245	0.989	0.574	0.700	1.009	1.318	0.171	1.434	0.505	1.358	1.613	2.010	0.171	44
x247	-0.726	0.218	-1.223	0.491	1.283	0.436	-0.536	0.166	-1.351	0.455	1.520	0.436	11
x248	-1.222	0.258	-1.761	0.411	0.063	0.346	-1.031	0.196	-2.057	0.381	0.204	0.346	11
x249	0.637	0.362	0.671	1.000	1.213	0.255	0.827	0.276	1.135	0.927	1.444	0.255	12
x250	0.542	0.521	0.425	1.326	0.894	0.229	0.732	0.397	0.813	1.229	1.100	0.229	12
x251	-1.031	0.337	-1.177	0.564	0.133	0.317	-0.841	0.257	-1.291	0.522	0.278	0.317	13
x252	1.428	0.464	1.245	1.361	1.289	0.174	1.618	0.354	1.888	1.262	1.526	0.174	21
x253	-1.572	0.560	-1.211	0.691	-0.616	0.209	-1.381	0.427	-1.335	0.641	-0.529	0.209	21
x254	-1.050	0.554	-0.822	0.829	-0.116	0.238	-0.859	0.422	-0.825	0.768	0.011	0.238	22
x255	-1.685	0.304	-2.095	0.365	-0.989	0.255	-1.495	0.232	-2.496	0.338	-0.932	0.255	22
x256	-2.129	0.642	-1.489	0.763	-0.851	0.257	-1.939	0.489	-1.700	0.707	-0.782	0.257	22
x257	-0.066	0.345	-0.083	0.508	0.720	0.218	0.125	0.263	0.145	0.471	0.912	0.218	23
x258	-1.577	0.715	-1.045	0.996	-0.384	0.257	-1.386	0.545	-1.117	0.924	-0.279	0.257	23
x259	-3.233	0.981	-1.752	1.137	-1.298	0.250	-3.042	0.748	-2.045	1.054	-1.264	0.250	24

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x260	3.462	0.494	2.889	0.860	2.602	0.071	3.653	0.376	4.045	0.797	2.942	0.071	24
x261	-2.028	0.471	-1.761	0.732	-0.542	0.357	-1.838	0.359	-2.057	0.678	-0.449	0.357	31
x262	-1.628	0.296	-2.076	0.398	-0.752	0.279	-1.437	0.225	-2.471	0.369	-0.676	0.279	31
x263	-1.072	0.411	-1.043	0.661	0.025	0.298	-0.882	0.313	-1.115	0.613	0.163	0.298	32
x264	-1.180	0.542	-0.935	0.745	-0.293	0.213	-0.989	0.413	-0.973	0.691	-0.181	0.213	32
x265	-1.018	0.503	-0.852	0.671	-0.153	0.227	-0.827	0.383	-0.864	0.622	-0.029	0.227	32
x266	-1.031	0.344	-1.157	0.408	-0.382	0.200	-0.841	0.262	-1.264	0.378	-0.277	0.200	32
x267	-1.782	0.550	-1.387	0.696	-0.750	0.215	-1.592	0.419	-1.566	0.645	-0.674	0.215	42
x268	-0.062	0.621	-0.060	1.247	0.518	0.234	0.129	0.473	0.176	1.156	0.694	0.234	42
x269	-0.762	0.429	-0.720	0.548	-0.104	0.183	-0.572	0.327	-0.690	0.508	0.023	0.183	42
x270	-0.045	0.371	-0.057	0.475	0.652	0.192	0.146	0.283	0.179	0.440	0.839	0.192	45
x271	-1.571	0.355	-1.712	0.415	-0.945	0.204	-1.381	0.271	-1.993	0.385	-0.884	0.204	51
x272	-1.161	0.497	-0.977	0.851	0.009	0.311	-0.970	0.379	-1.028	0.789	0.145	0.311	52
x273	-1.105	0.304	-1.376	0.417	-0.268	0.247	-0.914	0.232	-1.551	0.386	-0.153	0.247	52
x274	0.516	0.378	0.522	0.902	1.225	0.267	0.707	0.288	0.940	0.836	1.457	0.267	55
x275	0.321	0.374	0.323	0.525	1.037	0.202	0.511	0.285	0.679	0.487	1.254	0.202	55
x276	-0.927	0.701	-0.633	0.899	-0.220	0.155	-0.737	0.534	-0.576	0.833	-0.102	0.155	55
x277	-0.255	0.520	-0.219	0.713	0.280	0.173	-0.065	0.396	-0.034	0.661	0.437	0.173	53
x278	-0.627	0.775	-0.413	1.382	0.155	0.227	-0.437	0.591	-0.288	1.281	0.302	0.227	53
x279	-0.301	0.289	-0.400	0.392	0.812	0.261	-0.111	0.220	-0.271	0.364	1.011	0.261	61
x280	0.538	0.255	0.769	0.465	1.689	0.241	0.728	0.194	1.264	0.431	1.957	0.241	61
x281	-1.078	0.837	-0.669	1.165	-0.173	0.201	-0.887	0.637	-0.624	1.079	-0.051	0.201	45
x282	-2.000	0.981	-1.124	1.338	-0.571	0.249	-1.810	0.748	-1.220	1.241	-0.480	0.249	45
x283	0.990	0.443	0.891	1.217	1.164	0.206	1.181	0.338	1.423	1.128	1.391	0.206	45
x284	2.211	0.180	4.469	1.001	7.176	0.211	2.402	0.137	6.119	0.928	7.877	0.211	52
x285	-0.740	0.564	-0.579	1.421	0.412	0.351	-0.550	0.430	-0.505	1.317	0.580	0.351	52
x286	-0.811	0.698	-0.558	1.577	0.205	0.293	-0.620	0.532	-0.477	1.462	0.356	0.293	54
x287	-1.734	0.710	-1.151	1.129	-0.298	0.327	-1.543	0.541	-1.256	1.046	-0.186	0.327	54

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x289	0.518	0.427	0.390	0.836	0.920	0.218	0.314	0.378	0.225	0.788	0.707	0.218	11
x290	-0.523	0.505	-0.356	1.111	0.560	0.320	-0.726	0.448	-0.615	1.047	0.325	0.320	11
x291	-1.326	0.355	-1.171	0.521	-0.228	0.235	-1.530	0.315	-1.534	0.491	-0.511	0.235	11
x292	1.391	0.318	1.346	0.707	1.649	0.203	1.187	0.282	1.303	0.667	1.480	0.203	12
x293	0.288	0.371	0.242	0.703	0.939	0.238	0.084	0.329	0.059	0.662	0.727	0.238	12
x294	-0.334	0.617	-0.204	1.058	0.280	0.191	-0.538	0.547	-0.443	0.997	0.028	0.191	13
x295	0.874	0.209	1.231	0.623	2.534	0.330	0.671	0.186	1.174	0.587	2.420	0.330	13
x296	-0.210	0.377	-0.180	1.586	0.886	0.372	-0.413	0.334	-0.416	1.495	0.671	0.372	21
x297	-0.933	0.491	-0.644	0.989	0.338	0.323	-1.136	0.435	-0.939	0.933	0.090	0.323	21
x298	1.054	0.410	0.823	0.858	1.183	0.198	0.850	0.364	0.714	0.809	0.985	0.198	22
x299	-0.003	0.324	-0.004	0.629	1.034	0.290	-0.206	0.287	-0.219	0.593	0.827	0.290	22
x300	1.938	0.195	2.919	0.956	2.822	0.260	1.735	0.173	3.077	0.901	2.725	0.260	32
x301	-1.774	0.192	-2.709	0.261	-0.789	0.279	-1.977	0.171	-3.267	0.246	-1.106	0.279	23
x302	0.988	0.302	0.998	0.658	1.657	0.245	0.785	0.268	0.911	0.620	1.488	0.245	24
x303	-1.372	0.498	-0.933	0.705	-0.243	0.219	-1.575	0.442	-1.265	0.665	-0.527	0.219	24
x304	3.097	0.187	4.874	0.902	3.373	0.173	2.893	0.166	5.280	0.850	3.309	0.173	31
x305	0.303	0.336	0.278	0.807	1.192	0.299	0.100	0.298	0.100	0.760	0.995	0.299	31
x306	0.724	0.368	0.617	0.766	1.200	0.233	0.521	0.326	0.482	0.722	1.004	0.233	32
x307	0.018	0.339	0.014	1.041	1.016	0.335	-0.185	0.301	-0.198	0.981	0.809	0.335	32
x308	0.879	0.222	1.172	0.709	2.141	0.317	0.676	0.197	1.108	0.668	2.002	0.317	41
x309	0.163	0.441	0.116	0.779	0.689	0.211	-0.040	0.391	-0.082	0.734	0.462	0.211	41
x310	-0.314	0.284	-0.336	0.482	0.720	0.255	-0.517	0.252	-0.592	0.454	0.495	0.255	42
x311	1.076	0.553	0.671	0.939	0.915	0.145	0.872	0.491	0.542	0.885	0.701	0.145	42
x312	0.122	0.654	0.061	1.045	0.419	0.156	-0.082	0.580	-0.145	0.985	0.175	0.156	51
x313	-0.418	0.522	-0.280	0.780	0.306	0.207	-0.621	0.463	-0.529	0.735	0.055	0.207	52
x314	-2.345	1.013	-1.051	1.396	-0.636	0.175	-2.548	0.899	-1.398	1.316	-0.944	0.175	52
x315	1.989	0.480	1.378	1.300	1.312	0.153	1.786	0.425	1.340	1.226	1.123	0.153	55
x316	1.142	0.445	0.837	1.019	1.122	0.194	0.939	0.395	0.730	0.960	0.922	0.194	55

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x317	0.497	0.424	0.376	0.676	0.825	0.174	0.293	0.376	0.210	0.637	0.606	0.174	53
x318	1.483	0.443	1.091	0.890	1.230	0.155	1.280	0.393	1.016	0.839	1.036	0.155	53
x319	0.039	0.276	0.041	0.828	1.358	0.365	-0.164	0.245	-0.167	0.781	1.171	0.365	53
x320	1.277	0.216	1.751	0.635	2.349	0.272	1.073	0.191	1.760	0.598	2.223	0.272	61
x321	1.391	0.262	1.594	0.681	2.022	0.240	1.187	0.233	1.584	0.641	1.876	0.240	51
x322	-0.355	0.512	-0.242	0.782	0.308	0.195	-0.558	0.454	-0.486	0.737	0.058	0.195	51
x323	1.187	0.392	0.962	0.646	1.195	0.142	0.983	0.348	0.871	0.609	0.999	0.142	51
x324	0.879	0.232	1.126	0.541	2.098	0.279	0.676	0.206	1.055	0.510	1.956	0.279	54
x325	1.649	0.330	1.545	0.586	1.897	0.174	1.446	0.292	1.528	0.553	1.744	0.174	54
x326	0.944	0.405	0.744	1.413	1.093	0.244	0.741	0.359	0.625	1.332	0.891	0.244	44
x327	0.708	0.446	0.516	1.023	0.944	0.215	0.505	0.396	0.368	0.964	0.732	0.215	44
x328	1.437	0.332	1.338	1.448	1.325	0.227	1.234	0.294	1.295	1.365	1.137	0.227	44
x330	0.765	0.808	0.809	0.925	2.204	0.155	0.840	0.267	2.856	0.866	1.938	0.155	11
x331	-0.383	1.221	-0.475	1.048	0.388	0.338	-0.307	0.403	-1.030	0.980	-0.002	0.338	11
x332	-0.892	0.614	-1.465	0.282	-2.004	0.219	-0.816	0.203	-4.026	0.264	-2.559	0.219	11
x333	-0.518	1.124	-0.616	0.631	-0.173	0.251	-0.442	0.371	-1.455	0.591	-0.602	0.251	11
x334	-0.260	0.600	-0.499	0.337	0.526	0.237	-0.185	0.198	-1.101	0.315	0.145	0.237	12
x335	0.501	0.562	0.753	0.608	3.290	0.253	0.577	0.186	2.686	0.569	3.098	0.253	21
x336	0.211	0.752	0.160	0.955	1.589	0.283	0.287	0.249	0.891	0.894	1.281	0.283	22
x337	-0.383	1.505	-0.440	0.795	0.043	0.224	-0.307	0.497	-0.925	0.744	-0.372	0.224	22
x338	0.573	0.918	0.497	2.005	1.517	0.192	0.649	0.303	1.912	1.876	1.204	0.192	22
x339	-0.301	0.904	-0.455	0.487	0.178	0.209	-0.225	0.299	-0.969	0.456	-0.227	0.209	23
x340	0.396	0.590	0.541	0.903	2.347	0.278	0.471	0.195	2.045	0.845	2.090	0.278	23
x341	-0.432	1.519	-0.475	0.876	-0.066	0.215	-0.356	0.502	-1.031	0.820	-0.488	0.215	24
x342	-0.101	1.422	-0.230	0.878	0.517	0.207	-0.026	0.470	-0.287	0.822	0.136	0.207	24
x343	-0.220	1.037	-0.350	0.995	0.655	0.317	-0.145	0.343	-0.652	0.931	0.282	0.317	24
x344	-0.592	0.983	-0.736	0.477	-0.685	0.174	-0.517	0.325	-1.820	0.446	-1.149	0.174	31
x345	0.004	1.009	-0.128	0.604	0.846	0.199	0.079	0.334	0.019	0.565	0.487	0.199	31

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x346	-0.167	1.120	-0.293	0.646	0.358	0.182	-0.092	0.370	-0.480	0.604	-0.034	0.182	31
x347	-0.234	1.044	-0.363	0.629	0.341	0.217	-0.158	0.345	-0.690	0.589	-0.053	0.217	32
x348	-0.294	0.824	-0.467	0.453	0.191	0.206	-0.219	0.272	-1.005	0.424	-0.213	0.206	41
x349	-0.128	1.764	-0.247	1.590	0.499	0.242	-0.052	0.583	-0.339	1.488	0.116	0.242	41
x350	0.232	1.252	0.055	0.655	0.889	0.100	0.307	0.414	0.573	0.613	0.533	0.100	41
x351	-0.418	1.844	-0.438	0.958	-0.161	0.161	-0.342	0.609	-0.919	0.896	-0.589	0.161	42
x352	0.345	0.961	0.232	1.490	1.332	0.228	0.420	0.317	1.109	1.394	1.006	0.228	42
x353	0.418	0.681	0.483	0.664	2.059	0.214	0.493	0.225	1.869	0.621	1.783	0.214	42
x354	-0.439	2.404	-0.424	1.061	-0.267	0.118	-0.363	0.795	-0.877	0.993	-0.702	0.118	45
x355	0.388	1.448	0.150	1.524	1.052	0.155	0.464	0.478	0.862	1.427	0.707	0.155	43
x356	-0.397	1.635	-0.439	0.832	-0.175	0.148	-0.321	0.540	-0.921	0.778	-0.604	0.148	45
x357	-0.718	1.989	-0.617	0.896	-0.723	0.129	-0.642	0.657	-1.460	0.838	-1.190	0.129	51
x358	-0.532	1.784	-0.519	0.853	-0.394	0.151	-0.457	0.589	-1.163	0.799	-0.839	0.151	52
x359	0.050	1.528	-0.116	1.343	0.727	0.214	0.126	0.505	0.057	1.256	0.359	0.214	55
x360	0.246	1.237	0.069	2.024	1.091	0.237	0.321	0.409	0.616	1.894	0.748	0.237	55
x361	-0.082	1.114	-0.214	0.798	0.633	0.221	-0.006	0.368	-0.240	0.747	0.259	0.221	53
x362	-0.404	2.079	-0.417	1.039	-0.174	0.140	-0.328	0.687	-0.853	0.972	-0.603	0.140	61
x363	0.541	0.730	0.605	0.978	2.095	0.218	0.616	0.241	2.238	0.915	1.821	0.218	61
x364	-0.167	1.678	-0.275	0.944	0.163	0.126	-0.092	0.555	-0.425	0.884	-0.244	0.126	61
x365	0.097	0.892	-0.017	0.674	1.130	0.222	0.172	0.295	0.357	0.631	0.790	0.222	54
x366	0.316	0.773	0.283	0.809	1.651	0.231	0.391	0.255	1.264	0.757	1.347	0.231	54
x367	-0.418	1.188	-0.511	0.680	-0.037	0.224	-0.342	0.393	-1.138	0.636	-0.457	0.224	11
x368	0.359	0.559	0.518	0.466	2.710	0.240	0.434	0.185	1.976	0.436	2.478	0.240	31
x370	-0.009	0.464	-0.013	0.689	0.463	0.182	0.085	0.355	0.076	0.608	0.514	0.182	11
x371	0.367	0.239	1.453	1.179	1.763	0.302	0.462	0.183	1.990	1.041	1.986	0.302	12
x372	-0.589	0.574	-1.123	0.777	-0.529	0.221	-0.494	0.440	-1.375	0.686	-0.608	0.221	12
x373	-0.604	0.712	-1.008	0.903	-0.543	0.204	-0.510	0.545	-1.224	0.798	-0.624	0.204	12
x374	-0.686	0.895	-1.014	1.151	-0.635	0.180	-0.591	0.685	-1.231	1.017	-0.729	0.180	13

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x375	-0.174	0.615	-0.314	0.749	-0.039	0.122	-0.080	0.471	-0.317	0.661	-0.054	0.122	13
x376	-0.324	0.617	-0.588	1.034	0.094	0.268	-0.229	0.473	-0.676	0.913	0.097	0.268	21
x377	0.023	0.169	0.145	1.155	2.551	0.466	0.118	0.129	0.281	1.020	2.878	0.466	24
x378	-0.865	0.616	-1.572	0.747	-1.041	0.219	-0.770	0.472	-1.960	0.660	-1.188	0.219	31
x379	-0.062	0.287	-0.195	0.536	0.970	0.296	0.033	0.220	-0.162	0.473	1.089	0.296	32
x380	-0.955	0.823	-1.461	1.007	-0.975	0.241	-0.860	0.630	-1.815	0.890	-1.113	0.241	41
x381	0.209	0.264	0.760	1.952	1.267	0.335	0.304	0.202	1.086	1.725	1.424	0.335	41
x382	0.409	0.224	1.721	1.789	1.454	0.280	0.504	0.172	2.340	1.581	1.637	0.280	41
x383	0.876	0.379	2.317	1.601	1.545	0.139	0.971	0.290	3.119	1.414	1.739	0.139	42
x384	-0.416	0.853	-0.630	1.502	-0.079	0.245	-0.321	0.653	-0.730	1.326	-0.100	0.245	42
x385	-0.645	0.959	-0.924	1.246	-0.533	0.192	-0.550	0.734	-1.114	1.101	-0.613	0.192	45
x386	-0.303	0.401	-0.751	0.618	0.108	0.258	-0.209	0.307	-0.889	0.546	0.113	0.258	43
x387	0.089	0.504	0.196	1.653	0.763	0.277	0.184	0.386	0.349	1.460	0.854	0.277	52
x388	0.374	0.265	1.349	1.202	1.403	0.260	0.469	0.203	1.855	1.062	1.579	0.260	52
x389	0.353	0.211	1.571	1.526	1.794	0.326	0.447	0.161	2.144	1.348	2.021	0.326	11
x390	-0.589	0.700	-0.992	0.867	-0.563	0.188	-0.494	0.536	-1.203	0.766	-0.646	0.188	11
x391	0.196	0.380	0.522	0.865	1.110	0.252	0.290	0.291	0.775	0.764	1.247	0.252	55
x392	0.263	0.392	0.682	0.572	1.079	0.160	0.358	0.300	0.983	0.505	1.212	0.160	51
x393	0.070	0.405	0.182	0.986	0.888	0.280	0.164	0.310	0.330	0.871	0.996	0.280	45
x394	0.030	0.366	0.091	0.592	0.775	0.223	0.125	0.280	0.211	0.523	0.868	0.223	61
x395	-0.338	0.694	-0.571	0.860	-0.257	0.139	-0.243	0.531	-0.653	0.759	-0.301	0.139	44
x396	-0.331	0.721	-0.547	0.858	-0.275	0.126	-0.236	0.552	-0.621	0.758	-0.320	0.126	44
x397	-0.380	0.982	-0.540	1.408	-0.175	0.175	-0.285	0.752	-0.613	1.244	-0.208	0.175	45
x398	-0.115	0.555	-0.219	0.754	0.197	0.169	-0.020	0.425	-0.193	0.666	0.214	0.169	54
x399	0.136	0.414	0.340	0.642	0.765	0.173	0.230	0.317	0.537	0.567	0.857	0.173	32
x400	-0.062	0.623	-0.106	0.966	0.317	0.186	0.033	0.477	-0.046	0.853	0.349	0.186	22
x401	0.402	0.308	1.270	0.638	1.665	0.209	0.497	0.236	1.751	0.563	1.875	0.209	41
x402	-0.161	0.629	-0.286	0.993	0.172	0.194	-0.066	0.482	-0.281	0.877	0.186	0.194	24

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์ก่อนปรับสเกล						ค่าพารามิเตอร์ภายหลังปรับสเกล(Common Scale)						สมรรถภาพ
	1PL	2 PL		3 PL			1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	b	a	b	a	b	c	
x403	0.374	0.376	1.000	1.836	1.123	0.243	0.469	0.288	1.398	1.622	1.262	0.243	43
x404	-0.242	0.871	-0.360	1.779	0.141	0.229	-0.147	0.667	-0.378	1.571	0.150	0.229	42
x405	0.490	0.351	1.381	0.680	1.569	0.171	0.585	0.269	1.897	0.600	1.766	0.171	44
x406	-0.188	0.478	-0.404	0.813	0.330	0.259	-0.093	0.366	-0.435	0.718	0.364	0.259	45
x407	0.446	0.315	1.381	0.723	1.586	0.200	0.540	0.241	1.896	0.639	1.786	0.200	54

ตัวอย่างค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถาม วิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 PL

รหัสข้อใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์		ค่าฟังก์ชันสารสนเทศข้อคำถามที่ระดับความสามารถต่างๆ										
	a	b	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
x2	0.345	2.748	0.017	0.019	0.021	0.028	0.037	0.048	0.059	0.071	0.08	0.082	0.084
x3	0.306	1.85	0.026	0.028	0.031	0.038	0.046	0.054	0.061	0.066	0.068	0.068	0.067
x4	0.427	-1.752	0.128	0.131	0.132	0.127	0.111	0.09	0.069	0.05	0.035	0.03	0.027
x5	0.213	-0.814	0.031	0.031	0.032	0.033	0.033	0.032	0.031	0.029	0.026	0.026	0.025
x6	0.201	2.831	0.015	0.016	0.017	0.019	0.021	0.023	0.025	0.027	0.028	0.029	0.029
x7	0.2	-0.866	0.028	0.028	0.028	0.029	0.029	0.028	0.027	0.026	0.024	0.023	0.022
x8	0.38	-1.053	0.091	0.095	0.098	0.104	0.102	0.093	0.079	0.064	0.049	0.045	0.041
x9	0.339	-1.201	0.077	0.079	0.081	0.083	0.081	0.074	0.064	0.053	0.043	0.039	0.036
x10	0.151	5.413	0.007	0.007	0.008	0.009	0.01	0.011	0.012	0.012	0.013	0.014	0.014
x11	0.305	-1.178	0.063	0.064	0.066	0.067	0.066	0.061	0.055	0.047	0.039	0.036	0.034
x12	0.177	1.492	0.017	0.017	0.018	0.019	0.021	0.022	0.022	0.023	0.023	0.023	0.023
x13	0.258	-0.254	0.04	0.042	0.043	0.046	0.048	0.048	0.046	0.043	0.039	0.038	0.036
x14	0.373	-0.572	0.078	0.082	0.087	0.097	0.101	0.097	0.088	0.074	0.06	0.055	0.05
x15	0.455	-1.034	0.123	0.13	0.137	0.149	0.145	0.128	0.103	0.077	0.054	0.048	0.042
x16	0.203	0.186	0.025	0.026	0.026	0.028	0.029	0.03	0.03	0.029	0.028	0.027	0.026
x17	0.232	1.098	0.026	0.027	0.029	0.032	0.035	0.037	0.039	0.039	0.038	0.038	0.037
x18	1.03	-1.476	0.526	0.625	0.708	0.723	0.447	0.2	0.077	0.028	0.01	0.007	0.005
x19	0.738	-1.732	0.361	0.383	0.393	0.353	0.247	0.144	0.076	0.038	0.018	0.014	0.011
x20	0.189	2	0.017	0.017	0.018	0.02	0.022	0.023	0.024	0.025	0.026	0.026	0.026
x21	0.477	-0.623	0.112	0.122	0.132	0.156	0.165	0.155	0.13	0.1	0.071	0.063	0.055
x22	0.371	-1.014	0.087	0.09	0.094	0.099	0.098	0.09	0.078	0.063	0.049	0.045	0.041
x23	0.261	1.021	0.031	0.032	0.034	0.039	0.043	0.047	0.049	0.049	0.048	0.047	0.046
x24	0.293	1.865	0.026	0.028	0.03	0.036	0.043	0.05	0.056	0.06	0.062	0.062	0.062
x25	0.358	0.609	0.048	0.052	0.056	0.069	0.081	0.089	0.092	0.09	0.081	0.078	0.074
x26	0.519	-0.511	0.117	0.13	0.143	0.178	0.194	0.185	0.154	0.115	0.079	0.069	0.06
x27	0.224	3.104	0.015	0.016	0.017	0.02	0.023	0.026	0.029	0.032	0.034	0.035	0.035
x28	0.352	0.987	0.04	0.044	0.048	0.06	0.072	0.082	0.088	0.089	0.084	0.082	0.079
x29	0.273	1.181	0.031	0.033	0.034	0.04	0.045	0.05	0.053	0.054	0.053	0.052	0.051

รหัสข้อใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์		ค่าฟังก์ชันการสนทนาคำถามที่ระดับความสามารถต่างๆ										
	a	b	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
x30	0.498	0.36	0.066	0.075	0.085	0.119	0.152	0.175	0.177	0.158	0.126	0.115	0.103
x31	0.169	4.237	0.01	0.01	0.011	0.012	0.013	0.015	0.016	0.017	0.018	0.019	0.019
x32	0.204	-0.328	0.027	0.028	0.028	0.029	0.03	0.03	0.029	0.028	0.026	0.026	0.025
x33	0.526	-0.117	0.093	0.105	0.119	0.159	0.191	0.199	0.181	0.144	0.104	0.091	0.079
x34	0.414	0.915	0.045	0.05	0.056	0.074	0.094	0.112	0.122	0.123	0.113	0.107	0.102
x35	0.358	1.463	0.032	0.036	0.039	0.051	0.064	0.076	0.086	0.092	0.091	0.09	0.088
x36	0.28	1.012	0.033	0.035	0.037	0.044	0.049	0.054	0.056	0.057	0.055	0.054	0.052
x37	0.564	0.189	0.077	0.089	0.103	0.152	0.2	0.228	0.221	0.183	0.133	0.117	0.102
x38	0.25	1.295	0.027	0.029	0.03	0.035	0.039	0.042	0.044	0.045	0.045	0.044	0.044
x39	0.745	-0.815	0.202	0.239	0.278	0.378	0.393	0.311	0.196	0.108	0.054	0.043	0.034
x40	0.571	0.054	0.086	0.1	0.115	0.166	0.213	0.235	0.22	0.175	0.123	0.108	0.093
x41	0.32	-0.323	0.058	0.06	0.063	0.07	0.074	0.073	0.07	0.063	0.054	0.051	0.048
x43	0.218	-0.205	0.03	0.031	0.031	0.033	0.034	0.034	0.033	0.032	0.03	0.029	0.028
x44	0.429	-1.274	0.119	0.124	0.128	0.133	0.125	0.108	0.086	0.065	0.046	0.041	0.036
x45	0.671	-0.884	0.194	0.222	0.25	0.315	0.317	0.255	0.171	0.101	0.056	0.045	0.036
x46	0.627	-0.297	0.116	0.137	0.159	0.227	0.277	0.277	0.228	0.159	0.099	0.083	0.069
x47	0.57	-0.576	0.134	0.151	0.169	0.215	0.235	0.218	0.172	0.121	0.078	0.066	0.056
x48	0.313	0.712	0.041	0.044	0.047	0.055	0.063	0.068	0.071	0.07	0.065	0.063	0.061
x49	0.252	1.199	0.028	0.03	0.031	0.036	0.04	0.043	0.045	0.046	0.045	0.045	0.044
x50	0.242	-0.36	0.037	0.038	0.039	0.041	0.042	0.042	0.041	0.038	0.035	0.034	0.032
x51	0.288	-0.55	0.051	0.053	0.055	0.059	0.06	0.059	0.056	0.05	0.044	0.042	0.039
x52	0.478	-0.369	0.099	0.109	0.12	0.147	0.164	0.161	0.142	0.113	0.082	0.073	0.065
x53	0.177	3.348	0.012	0.013	0.013	0.015	0.016	0.018	0.019	0.021	0.022	0.022	0.022
x54	0.208	2.834	0.015	0.016	0.017	0.02	0.022	0.025	0.027	0.029	0.03	0.031	0.031
x55	0.341	-2.397	0.084	0.083	0.082	0.075	0.065	0.054	0.043	0.033	0.025	0.023	0.02
x56	0.256	1.795	0.024	0.025	0.027	0.032	0.036	0.041	0.044	0.046	0.047	0.047	0.047
x57	0.775	-0.86	0.217	0.258	0.302	0.413	0.421	0.32	0.193	0.101	0.049	0.038	0.03
x58	0.714	-1.121	0.246	0.281	0.312	0.367	0.334	0.239	0.144	0.078	0.04	0.032	0.025

ภาคผนวก ง

- รายการข้อความที่บรรจุในคลังข้อสอบแต่ละขนาด
- ข้อความที่ได้รับการคัดเลือกจาก 54 เจอนไซ รวมท้ังสิ้น 138 ข้อ

ข้อคำถามที่ถูกเลือกบรรจุในคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ 200 ข้อ และ 300 ข้อ

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						กรรมรณภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	1PL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
		b	a	b	a	b		c	100 ข้อ	200 ข้อ
x2	2.888	0.345	2.748	1.148	1.607	0.118	11	x2	x3	x3
x3	1.758	0.306	1.850	0.909	1.424	0.181	11	-	-	x6
x4	-2.209	0.427	-1.752	0.765	-0.699	0.299	12	x10	x20	x30
x5	-0.557	0.213	-0.814	0.403	0.435	0.268	12	-	-	x26
x6	1.878	0.201	2.831	0.864	1.995	0.223	12	-	x14	x20
x7	-0.557	0.200	-0.866	0.415	0.637	0.304	12	-	-	-
x8	-1.218	0.380	-1.053	0.819	-0.037	0.315	13	-	-	-
x9	-1.262	0.339	-1.201	0.541	-0.362	0.236	13	-	-	x38
x10	2.735	0.151	5.413	1.062	2.992	0.198	13	x11	x21	x31
x11	-1.130	0.305	-1.178	0.483	-0.410	0.200	21	-	x37	x55
x12	0.893	0.177	1.492	0.532	2.400	0.311	22	-	-	-
x13	-0.209	0.258	-0.254	0.404	0.377	0.190	23	-	-	x84
x14	-0.661	0.373	-0.572	0.612	-0.100	0.179	23	-	x55	x85
x15	-1.375	0.455	-1.034	0.759	-0.430	0.212	24	-	-	x96
x16	0.135	0.203	0.186	0.409	1.093	0.249	24	-	-	-
x17	0.830	0.232	1.098	1.193	1.331	0.311	31	-	-	-
x18	-3.083	1.030	-1.476	1.490	-1.125	0.152	31	-	x70	x111
x19	-3.118	0.738	-1.732	0.615	1.238	0.316	31	-	-	-
x20	1.257	0.189	2.000	1.018	2.143	0.304	32	-	-	-
x21	-0.871	0.477	-0.623	0.730	-0.283	0.156	32	-	-	x129
x22	-1.151	0.371	-1.014	0.640	-0.352	0.204	32	-	-	-
x23	0.851	0.261	1.021	0.820	1.216	0.254	41	-	-	-
x24	1.711	0.293	1.865	1.076	1.430	0.206	41	-	x84	x134
x25	0.644	0.358	0.609	0.697	0.745	0.174	42	-	-	-
x26	-0.765	0.519	-0.511	0.871	-0.229	0.145	42	-	-	-
x27	2.258	0.224	3.104	1.183	1.878	0.203	43	-	x99	x158
x28	1.041	0.352	0.987	0.609	0.921	0.131	43	-	x103	x163
x29	1.020	0.273	1.181	0.644	1.395	0.224	51	-	x129	x200
x30	0.459	0.498	0.360	1.174	0.467	0.178	52	x74	x148	x224

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						สมรรถภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	1PL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
	b	a	b	a	b	c		100 ข้อ	200 ข้อ	300 ข้อ
x31	2.393	0.169	4.237	1.170	2.422	0.217	52	-	x143	x216
x32	-0.209	0.204	-0.328	0.357	0.635	0.224	52	-	-	-
x33	-0.209	0.526	-0.117	0.973	0.146	0.178	55	-	x191	x286
x34	1.084	0.414	0.915	0.834	0.841	0.150	55	x95	x188	x283
x35	1.572	0.358	1.463	1.283	1.103	0.188	53	x80	x157	x239
x36	0.893	0.280	1.012	0.695	1.142	0.214	61	-	-	x297
x37	0.236	0.564	0.189	0.988	0.290	0.146	44	-	x113	x178
x38	1.041	0.250	1.295	0.518	1.492	0.201	54	-	-	-
x39	-1.489	0.745	-0.815	1.126	-0.563	0.130	54	x90	x180	x269
x40	0.034	0.571	0.054	0.977	0.195	0.148	54	x89	x176	x265
x41	-0.331	0.320	-0.323	0.557	0.273	0.214	53	-	-	x247
x43	-0.155	0.218	-0.205	0.494	1.511	0.345	11	-	-	-
x44	-1.695	0.429	-1.274	0.557	-0.415	0.240	11	-	-	-
x45	-1.599	0.671	-0.884	1.172	-0.037	0.303	12	x9	x18	x28
x46	-0.506	0.627	-0.297	0.840	0.123	0.145	12	-	x17	x27
x47	-0.935	0.570	-0.576	0.837	0.053	0.209	13	-	x23	x35
x48	0.732	0.313	0.712	0.550	1.444	0.219	13	-	-	x32
x49	1.015	0.252	1.199	0.825	1.853	0.288	21	-	-	x47
x50	-0.296	0.242	-0.360	0.421	1.263	0.315	21	-	-	-
x51	-0.527	0.288	-0.550	0.495	0.690	0.281	22	-	-	-
x52	-0.527	0.478	-0.369	0.685	0.277	0.201	22	-	x45	x67
x53	2.034	0.177	3.348	1.054	2.901	0.257	23	x25	x49	x76
x54	2.008	0.208	2.834	1.316	2.371	0.252	23	x26	x50	x77
x55	-2.649	0.341	-2.397	0.444	-1.242	0.255	24	-	-	-
x56	1.539	0.256	1.795	1.196	1.901	0.266	31	-	-	x103
x57	-1.689	0.775	-0.860	1.109	-0.324	0.194	31	x35	x69	x108
x58	-2.117	0.714	-1.121	0.964	-0.496	0.229	31	-	-	x109
x59	0.906	0.278	0.981	0.754	1.653	0.269	32	-	-	-
x60	2.080	0.260	2.389	0.718	2.428	0.203	32	-	-	-

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						สมรรถภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	IPL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
		b	a	b	a	b		c	100 ข้อ	200 ข้อ
x61	1.539	0.213	2.126	1.067	2.258	0.282	32	-	-	x117
x62	0.116	0.238	0.147	0.888	1.690	0.394	11	-	-	-
x63	1.516	0.185	2.389	1.710	2.245	0.305	23	-	-	x78
x64	-0.108	0.278	-0.116	0.739	1.269	0.355	51	-	-	x201
x65	-0.296	0.277	-0.319	1.121	1.277	0.421	53	-	-	x236
x66	0.711	0.279	0.767	0.728	1.653	0.290	61	-	-	x294
x67	1.732	0.222	2.299	1.599	2.157	0.277	44	-	x109	x171
x68	-1.067	0.531	-0.689	1.033	0.224	0.297	45	-	-	-
x69	-1.836	0.435	-1.364	0.670	-0.267	0.301	54	-	-	-
x70	-0.343	0.485	-0.240	0.802	0.463	0.229	32	-	-	x126
x71	-0.570	0.406	-0.450	0.738	0.500	0.276	41	-	-	x138
x72	-0.464	0.656	-0.267	1.369	0.326	0.223	42	-	-	x152
x73	2.080	0.361	1.792	0.721	1.896	0.154	42	-	-	-
x74	0.690	0.365	0.587	0.892	1.301	0.267	43	-	-	x161
x75	-0.317	0.410	-0.250	0.849	0.604	0.268	45	-	-	-
x76	-0.443	0.523	-0.293	1.016	0.484	0.267	51	-	x132	x204
x77	-1.365	0.815	-0.680	1.390	-0.090	0.220	51	x68	x136	x208
x78	0.770	0.422	0.583	0.668	1.126	0.187	52	-	x145	x219
x79	1.193	0.362	1.025	1.204	1.395	0.247	55	-	x184	x277
x80	1.659	0.211	2.311	1.365	2.082	0.274	55	-	x182	x274
x81	2.193	0.168	3.801	1.435	2.709	0.247	55	x91	x181	x271
x82	1.393	0.348	1.237	1.048	1.492	0.224	53	-	x155	x234
x83	1.677	0.321	1.597	0.868	1.853	0.216	61	x98	x195	x292
x84	2.406	0.195	3.616	1.867	2.187	0.220	44	x54	x108	x170
x85	-0.789	0.586	-0.479	0.835	0.121	0.204	54	-	x177	x266
x86	-1.045	0.586	-0.632	1.143	0.268	0.310	54	-	-	-
x87	1.831	0.299	1.859	0.849	1.935	0.205	54	-	x169	x252
x88	0.477	0.526	0.302	1.082	0.837	0.219	54	-	x173	x260
x89	0.246	0.433	0.180	0.632	0.826	0.199	22	x22	x43	x63

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						สมรรถภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	1PL	2 PL		3 PL				บรรทัดในคลังข้อสอบขนาด		
	b	a	b	a	b	c		100 ข้อ	200 ข้อ	300 ข้อ
x90	-1.223	0.489	-0.836	0.678	-0.143	0.208	24	-	-	x95
x91	0.578	0.428	0.431	0.941	0.978	0.225	32	-	-	-
x93	-1.293	0.413	-1.067	0.647	-0.198	0.257	11	-	x9	x14
x94	0.507	0.262	0.624	0.606	1.507	0.288	12	-	-	-
x95	-4.096	1.068	-1.842	1.447	-1.330	0.200	13	x14	x28	x42
x96	-3.395	0.669	-1.965	0.943	-1.264	0.219	13	-	-	x40
x97	2.097	0.178	3.676	1.077	2.996	0.242	21	-	x31	x45
x98	1.460	0.283	1.647	0.773	1.794	0.228	21	-	x33	x48
x99	0.054	0.512	0.014	0.886	0.463	0.207	22	-	-	x65
x100	-1.497	0.654	-0.910	1.109	-0.296	0.234	22	-	x46	x70
x101	-1.759	0.713	-1.012	1.091	-0.466	0.210	22	-	x47	x72
x102	1.493	0.386	1.280	1.045	1.216	0.187	23	x27	x52	x81
x103	0.641	0.250	0.823	0.614	1.534	0.274	23	-	-	x80
x104	1.432	0.174	2.566	1.074	2.154	0.287	24	-	x58	x90
x105	-1.736	0.301	-1.835	0.422	-0.766	0.231	24	-	-	-
x106	-3.298	0.832	-1.692	1.425	-0.945	0.265	31	-	-	x110
x107	-1.146	0.415	-0.944	0.659	-0.165	0.235	31	-	-	-
x108	0.586	0.485	0.403	1.030	0.745	0.212	32	-	x79	x124
x109	0.209	0.422	0.153	0.828	0.654	0.226	32	-	-	x125
x110	-1.272	0.635	-0.792	1.018	-0.285	0.192	32	-	x81	x130
x111	-0.806	0.288	-0.881	0.638	0.508	0.346	32	-	-	-
x112	0.194	0.549	0.102	1.019	0.432	0.184	42	-	x95	x151
x113	1.803	0.254	2.247	1.098	1.753	0.224	42	-	x91	x144
x114	-1.805	0.673	-1.071	1.128	-0.450	0.226	51	x69	x139	x211
x115	1.893	0.148	3.980	1.251	2.532	0.258	51	-	x123	x193
x116	-0.038	0.547	-0.051	1.584	0.435	0.258	51	-	x133	x205
x117	0.370	0.406	0.293	0.975	0.812	0.256	52	-	-	x221
x118	0.039	0.547	0.000	1.028	0.385	0.197	52	x75	x149	x225
x119	1.634	0.319	1.654	1.017	1.430	0.199	55	x92	x183	x276

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						สมรรถภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	1PL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
		b	a	b	a	b		c	100 ข้อ	200 ข้อ
x120	-0.583	0.380	-0.517	0.595	0.051	0.181	55	-	-	x287
x121	1.566	0.458	1.162	1.873	0.994	0.190	55	x94	x186	x281
x122	0.039	0.562	-0.001	1.061	0.385	0.200	53	x81	x162	x244
x123	0.165	0.340	0.156	0.780	0.771	0.254	53	-	x159	x241
x124	0.862	0.302	0.920	0.811	1.265	0.245	61	-	x198	x296
x125	-0.642	0.554	-0.448	0.976	0.055	0.205	45	-	-	x186
x126	-2.085	0.833	-1.098	1.615	-0.439	0.264	45	-	-	x189
x127	1.006	0.250	1.278	0.991	1.494	0.281	45	-	-	-
x128	0.706	0.493	0.483	1.615	0.730	0.232	54	x88	x174	x262
x129	0.194	0.276	0.235	0.584	0.968	0.251	54	-	-	x259
x130	-1.146	0.649	-0.709	0.968	-0.266	0.175	54	-	x178	x267
x131	0.626	0.298	0.677	0.805	1.285	0.280	44	-	-	x174
x133	-2.351	0.570	-1.612	0.834	-0.914	0.223	11	-	-	x16
x134	-0.068	0.341	-0.094	0.709	0.580	0.242	11	-	-	-
x135	0.684	0.288	0.749	0.544	1.151	0.192	12	-	-	x23
x136	-3.530	1.124	-1.743	1.694	-1.277	0.176	13	-	x27	x41
x137	1.827	0.216	2.655	1.206	1.653	0.215	21	-	x34	x49
x138	-2.397	0.394	-2.051	0.573	-1.082	0.239	21	x19	x38	x58
x139	-0.560	0.509	-0.488	0.942	0.144	0.239	22	-	-	x68
x140	0.060	0.344	0.024	0.708	0.633	0.232	22	-	-	x64
x141	0.668	0.248	0.872	0.757	1.615	0.297	24	-	-	-
x142	-1.656	0.646	-1.112	1.014	-0.512	0.218	24	x31	x63	x98
x143	-1.060	0.328	-1.045	0.486	-0.266	0.199	31	-	-	-
x144	-3.215	0.610	-2.067	0.816	-1.441	0.192	31	x36	x71	x113
x145	2.293	0.263	2.715	0.809	2.132	0.171	32	x38	x75	x118
x146	-2.723	0.629	-1.753	1.444	-0.626	0.377	32	-	-	-
x147	2.067	0.209	3.090	1.335	1.790	0.208	32	-	x76	x120
x148	1.756	0.204	2.698	1.551	1.514	0.226	32	-	x77	x121
x149	0.387	0.587	0.127	1.196	0.353	0.156	41	x44	x88	x140

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						ถนรรณภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	IPL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
		b	a	b	a	b		c	100 ข้อ	200 ข้อ
x150	0.907	0.517	0.520	1.711	0.608	0.180	42	-	x94	x150
x151	0.918	0.310	0.922	1.035	1.129	0.243	45	-	-	x183
x152	-0.130	0.453	-0.180	0.824	0.356	0.214	45	-	-	x185
x153	-1.427	1.043	-0.848	1.679	-0.467	0.159	43	-	x105	x166
x154	-2.516	1.179	-1.296	1.990	-0.807	0.208	43	x53	x106	x167
x155	1.918	0.264	2.272	0.882	1.795	0.190	51	-	x126	x197
x156	-1.454	0.378	-1.303	0.582	-0.428	0.235	51	-	x138	x210
x157	0.786	0.441	0.526	0.891	0.701	0.163	52	x73	x147	x222
x158	-0.263	0.278	-0.273	0.496	0.729	0.260	55	-	-	-
x159	1.345	0.171	2.518	0.872	2.466	0.284	55	-	-	x273
x160	-0.258	0.479	-0.277	1.061	0.324	0.247	53	-	x163	x245
x161	1.057	0.224	1.511	1.157	1.437	0.274	61	x99	x197	x295
x162	1.446	0.352	1.286	1.295	1.091	0.194	45	x59	x117	x184
x163	2.115	0.244	2.704	1.007	1.848	0.188	45	x58	x115	x181
x164	-0.386	0.177	-0.473	0.586	1.965	0.433	54	-	-	-
x165	0.288	0.266	0.364	0.655	1.321	0.299	54	-	-	-
x166	0.863	0.278	0.979	0.559	1.330	0.197	54	x87	x172	x258
x167	0.912	0.339	0.831	1.429	0.928	0.238	11	-	-	x9
x168	-1.279	0.683	-0.872	1.084	-0.357	0.199	54	-	x179	x268
x169	1.999	0.165	3.795	1.166	2.310	0.230	44	-	x107	x169
x170	-1.091	0.325	-1.081	0.496	-0.196	0.224	21	-	-	x54
x172	-0.002	0.313	-0.235	0.678	1.156	0.287	11	-	-	x7
x173	0.200	0.599	0.063	1.360	0.792	0.180	11	-	x7	x10
x174	-1.424	0.761	-2.767	0.912	-2.161	0.191	11	-	x11	x17
x175	-0.271	0.178	-1.485	0.244	0.713	0.268	12	-	-	-
x176	-0.007	0.267	-0.215	0.490	1.295	0.273	13	-	-	x34
x177	-0.594	0.318	-2.107	0.363	-1.008	0.206	21	-	-	x57
x178	1.304	0.125	9.801	0.694	3.877	0.149	21	x15	x29	x43
x179	-0.572	0.295	-2.134	0.340	-0.913	0.219	22	-	-	x74

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						การรบกวน	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	1PL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
	b	a	b	a	b	c		100 ข้อ	200 ข้อ	300 ข้อ
x180	0.333	0.381	0.650	0.775	1.351	0.179	22	-	x40	x60
x181	-1.040	0.546	-2.503	0.573	-1.892	0.175	23	x28	x56	x88
x182	-0.479	0.486	-1.414	0.884	0.014	0.341	24	-	-	-
x183	-0.218	0.480	-0.819	0.603	-0.043	0.156	31	-	x68	x107
x184	-0.991	0.599	-2.298	0.639	-1.750	0.145	31	-	x72	x114
x185	0.032	0.248	-0.044	0.378	1.442	0.237	32	-	-	x122
x186	-0.158	0.283	-0.754	0.451	0.620	0.245	32	-	-	-
x187	-0.559	0.557	-1.507	0.682	-0.582	0.227	32	-	-	-
x188	-0.093	0.598	-0.537	0.735	0.165	0.141	32	x40	x80	x127
x189	-0.921	0.941	-1.826	1.072	-1.334	0.137	32	x41	x82	x131
x190	0.046	0.477	-0.204	1.159	0.862	0.258	41	-	-	x136
x191	-0.942	0.632	-2.152	0.681	-1.495	0.190	41	x45	x90	x143
x192	0.072	0.356	-0.047	1.364	1.139	0.299	41	-	-	-
x193	-0.094	0.501	-0.533	0.659	0.334	0.179	42	-	-	-
x194	0.026	0.432	-0.229	1.309	0.932	0.286	42	-	-	x147
x195	0.031	0.306	-0.122	0.543	1.173	0.250	42	-	-	-
x196	-0.666	0.611	-1.660	0.695	-0.977	0.166	43	-	-	x168
x197	0.184	0.245	0.563	0.531	1.954	0.267	43	-	-	-
x198	0.516	0.289	1.563	0.691	2.157	0.188	51	x62	x124	x194
x199	-0.308	0.707	-0.941	0.837	-0.350	0.115	51	-	x137	x209
x200	-0.171	0.453	-0.717	0.581	0.020	0.142	52	-	-	x228
x201	0.012	0.272	-0.149	0.467	1.296	0.258	52	-	-	x218
x202	0.489	0.191	2.329	0.788	2.655	0.244	55	-	-	x272
x203	0.283	0.175	1.456	0.560	2.799	0.295	55	-	-	-
x204	0.006	0.328	-0.220	0.940	1.162	0.312	53	-	-	x238
x205	0.464	0.205	2.031	0.455	2.667	0.195	53	x77	x153	x232
x206	-0.101	0.540	-0.550	0.716	0.243	0.165	53	x83	x166	x249
x207	0.627	0.178	3.230	0.655	3.480	0.222	61	-	x193	x289
x208	-0.053	0.447	-0.430	0.945	0.663	0.255	45	-	-	-

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						สมรรถภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	1 PL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
		b	a	b	a	b		c	100 ข้อ	200 ข้อ
x209	-0.145	0.465	-0.652	0.934	0.460	0.259	45	-	-	-
x210	-0.463	0.448	-1.424	0.511	-0.593	0.176	54	-	-	x270
x211	0.487	0.229	1.892	0.759	2.453	0.230	54	-	x167	x250
x213	-0.688	1.056	-0.130	2.154	1.059	0.154	11	x4	x6	x8
x214	0.383	0.563	0.478	1.130	1.467	0.132	11	-	x4	x4
x215	-1.671	0.411	-1.478	0.764	0.456	0.217	11	-	-	-
x216	2.375	0.359	2.633	0.893	2.665	0.111	12	x7	x13	x19
x217	0.169	0.729	0.325	1.756	1.353	0.138	13	x12	x22	x33
x218	1.524	0.532	1.399	2.308	2.082	0.202	21	x16	x32	x46
x219	-0.182	0.904	0.124	2.127	1.275	0.178	21	x18	x36	x51
x220	0.697	0.573	0.717	2.828	1.793	0.264	22	x20	x39	x59
x221	-0.834	1.051	-0.207	2.460	1.080	0.208	23	-	x53	x82
x222	1.239	0.470	1.233	4.106	2.099	0.268	24	-	x59	x91
x223	0.036	0.954	0.252	1.881	1.224	0.083	24	x30	x60	x92
x224	2.161	0.384	2.302	6.155	2.311	0.189	31	x34	x66	x102
x225	-0.388	0.728	-0.035	1.473	1.106	0.122	31	-	x67	x104
x226	1.170	0.346	1.356	3.849	2.289	0.314	32	-	-	-
x227	1.708	0.335	1.989	3.927	2.294	0.238	32	-	x74	x116
x228	0.631	0.407	0.726	1.634	1.946	0.292	32	-	-	x119
x229	-0.706	0.551	-0.363	1.107	0.971	0.146	41	-	x85	x135
x230	1.652	0.221	2.543	0.489	2.878	0.137	43	-	-	x157
x231	0.416	0.643	0.496	1.306	1.493	0.146	43	-	x101	x160
x232	0.350	0.622	0.450	1.703	1.496	0.176	43	x50	x100	x159
x233	0.235	0.730	0.369	1.973	1.470	0.195	51	x64	x128	x199
x234	0.400	0.629	0.485	1.405	1.535	0.174	51	x63	x127	x198
x235	2.331	0.233	3.506	0.655	3.372	0.156	52	x71	x142	x215
x236	0.268	0.321	0.349	3.182	2.092	0.419	55	-	-	-
x237	0.400	0.782	0.474	1.574	1.375	0.092	53	x79	x156	x235
x238	0.681	0.726	0.664	2.211	1.661	0.201	53	x78	x154	x233

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						สมรรถภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	1PL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
		b	a	b	a	b		c	100 ข้อ	200 ข้อ
x239	1.671	0.484	1.590	3.588	2.206	0.225	61	x97	x194	x291
x240	0.898	0.416	0.977	1.270	2.011	0.240	51	-	x125	x195
x241	0.864	0.735	0.784	1.888	1.653	0.150	54	x86	x171	x256
x242	1.362	0.541	1.259	1.698	1.930	0.161	54	x85	x170	x253
x243	1.615	0.488	1.536	2.352	2.101	0.194	54	x84	x168	x251
x244	0.235	0.769	0.369	2.478	1.466	0.200	11	x3	x5	x5
x245	1.434	0.505	1.358	1.613	2.010	0.171	44	x55	x110	x172
x247	-0.536	0.166	-1.351	0.455	1.520	0.436	11	-	-	-
x248	-1.031	0.196	-2.057	0.381	0.204	0.346	11	-	-	-
x249	0.827	0.276	1.135	0.927	1.444	0.255	12	-	x15	x22
x250	0.732	0.397	0.813	1.229	1.100	0.229	12	x8	x16	x24
x251	-0.841	0.257	-1.291	0.522	0.278	0.317	13	-	-	-
x252	1.618	0.354	1.888	1.262	1.526	0.174	21	x17	x35	x50
x253	-1.381	0.427	-1.335	0.641	-0.529	0.209	21	-	-	x56
x254	-0.859	0.422	-0.825	0.768	0.011	0.238	22	-	-	x69
x255	-1.495	0.232	-2.496	0.338	-0.932	0.255	22	x24	x48	x75
x256	-1.939	0.489	-1.700	0.707	-0.782	0.257	22	-	-	x73
x257	0.125	0.263	0.145	0.471	0.912	0.218	23	-	x54	x83
x258	-1.386	0.545	-1.117	0.924	-0.279	0.257	23	-	-	x87
x259	-3.042	0.748	-2.045	1.054	-1.264	0.250	24	x32	x64	x100
x260	3.653	0.376	4.045	0.797	2.942	0.071	24	x29	x57	x89
x261	-1.838	0.359	-2.057	0.678	-0.449	0.357	31	-	-	-
x262	-1.437	0.225	-2.471	0.369	-0.676	0.279	31	-	-	-
x263	-0.882	0.313	-1.115	0.613	0.163	0.298	32	-	-	-
x264	-0.989	0.413	-0.973	0.691	-0.181	0.213	32	-	-	-
x265	-0.827	0.383	-0.864	0.622	-0.029	0.227	32	-	-	-
x266	-0.841	0.262	-1.264	0.378	-0.277	0.200	32	-	-	-
x267	-1.592	0.419	-1.566	0.645	-0.674	0.215	42	x49	x98	x156
x268	0.129	0.473	0.176	1.156	0.694	0.234	42	-	-	x149

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						สมรรถภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	IPL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
		b	a	b	a	b		c	100 ข้อ	200 ข้อ
x269	-0.572	0.327	-0.690	0.508	0.023	0.183	42	-	-	-
x270	0.146	0.283	0.179	0.440	0.839	0.192	45	-	-	-
x271	-1.381	0.271	-1.993	0.385	-0.884	0.204	51	-	-	x212
x272	-0.970	0.379	-1.028	0.789	0.145	0.311	52	-	-	x226
x273	-0.914	0.232	-1.551	0.386	-0.153	0.247	52	-	-	x229
x274	0.707	0.288	0.940	0.836	1.457	0.267	55	-	-	x275
x275	0.511	0.285	0.679	0.487	1.254	0.202	55	-	-	x278
x276	-0.737	0.534	-0.576	0.833	-0.102	0.155	55	x96	x192	x288
x277	-0.065	0.396	-0.034	0.661	0.437	0.173	53	-	x161	x243
x278	-0.437	0.591	-0.288	1.281	0.302	0.227	53	x82	x164	x246
x279	-0.111	0.220	-0.271	0.364	1.011	0.261	61	-	-	-
x280	0.728	0.194	1.264	0.431	1.957	0.241	61	-	-	-
x281	-0.887	0.637	-0.624	1.079	-0.051	0.201	45	-	x118	x187
x282	-1.810	0.748	-1.220	1.241	-0.480	0.249	45	-	x120	x190
x283	1.181	0.338	1.423	1.128	1.391	0.206	45	-	x116	x182
x284	2.402	0.137	6.119	0.928	7.877	0.211	52	-	x141	x214
x285	-0.550	0.430	-0.505	1.317	0.580	0.351	52	-	-	x223
x286	-0.620	0.532	-0.477	1.462	0.356	0.293	54	-	x175	x263
x287	-1.543	0.541	-1.256	1.046	-0.186	0.327	54	-	-	-
x289	0.314	0.378	0.225	0.788	0.707	0.218	11	-	-	x11
x290	-0.726	0.448	-0.615	1.047	0.325	0.320	11	x5	x8	x13
x291	-1.530	0.315	-1.534	0.491	-0.511	0.235	11	-	-	-
x292	1.187	0.282	1.303	0.667	1.480	0.203	12	-	-	x21
x293	0.084	0.329	0.059	0.662	0.727	0.238	12	-	-	x25
x294	-0.538	0.547	-0.443	0.997	0.028	0.191	13	-	x24	x36
x295	0.671	0.186	1.174	0.587	2.420	0.330	13	-	-	-
x296	-0.413	0.334	-0.416	1.495	0.671	0.372	21	-	-	x52
x297	-1.136	0.435	-0.939	0.933	0.090	0.323	21	-	-	-
x298	0.850	0.364	0.714	0.809	0.985	0.198	22	x21	x42	x62

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน	ค่าพารามิเตอร์						สมรรถภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
คลังข้อสอบ	IPL	2 PL		3 PL				บรรทัดในคลังข้อสอบขนาด		
	b	a	b	a	b	c		100 ข้อ	200 ข้อ	300 ข้อ
x299	-0.206	0.287	-0.219	0.593	0.827	0.290	22	-	-	-
x300	1.735	0.173	3.077	0.901	2.725	0.260	32	x37	x73	x115
x301	-1.977	0.171	-3.267	0.246	-1.106	0.279	23	-	-	-
x302	0.785	0.268	0.911	0.620	1.488	0.245	24	-	-	-
x303	-1.575	0.442	-1.265	0.665	-0.527	0.219	24	-	-	x99
x304	2.893	0.166	5.280	0.850	3.309	0.173	31	x33	x65	x101
x305	0.100	0.298	0.100	0.760	0.995	0.299	31	-	-	-
x306	0.521	0.326	0.482	0.722	1.004	0.233	32	-	-	-
x307	-0.185	0.301	-0.198	0.981	0.809	0.335	32	-	-	-
x308	0.676	0.197	1.108	0.668	2.002	0.317	41	-	-	-
x309	-0.040	0.391	-0.082	0.734	0.462	0.211	41	-	x87	x139
x310	-0.517	0.252	-0.592	0.454	0.495	0.255	42	-	-	-
x311	0.872	0.491	0.542	0.885	0.701	0.145	42	x47	x93	x148
x312	-0.082	0.580	-0.145	0.985	0.175	0.156	51	x67	x134	x206
x313	-0.621	0.463	-0.529	0.735	0.055	0.207	52	-	x150	x227
x314	-2.548	0.899	-1.398	1.316	-0.944	0.175	52	x76	x152	x231
x315	1.786	0.425	1.340	1.226	1.123	0.153	55	x93	x185	x280
x316	0.939	0.395	0.730	0.960	0.922	0.194	55	-	x187	x282
x317	0.293	0.376	0.210	0.637	0.606	0.174	53	-	x160	x242
x318	1.280	0.393	1.016	0.839	1.036	0.155	53	-	x158	x240
x319	-0.164	0.245	-0.167	0.781	1.171	0.365	53	-	-	x237
x320	1.073	0.191	1.760	0.598	2.223	0.272	61	-	-	x290
x321	1.187	0.233	1.584	0.641	1.876	0.240	51	-	-	x196
x322	-0.558	0.454	-0.486	0.737	0.058	0.195	51	-	x135	x207
x323	0.983	0.348	0.871	0.609	0.999	0.142	51	x66	x131	x203
x324	0.676	0.206	1.055	0.510	1.956	0.279	54	-	-	-
x325	1.446	0.292	1.528	0.553	1.744	0.174	54	-	-	x255
x326	0.741	0.359	0.625	1.332	0.891	0.244	44	-	x112	x176
x327	0.505	0.396	0.368	0.964	0.732	0.215	44	-	-	x177

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						สมรรถภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก			
	1PL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด	100 ข้อ	200 ข้อ	300 ข้อ
	b	a	b	a	b	c					
x328	1.234	0.294	1.295	1.365	1.137	0.227	44	x56	x111	x175	
x330	0.840	0.267	2.856	0.866	1.938	0.155	11	-	x2	x2	
x331	-0.307	0.403	-1.030	0.980	-0.002	0.338	11	-	-	-	
x332	-0.816	0.203	-4.026	0.264	-2.559	0.219	11	x6	x12	x18	
x333	-0.442	0.371	-1.455	0.591	-0.602	0.251	11	-	-	-	
x334	-0.185	0.198	-1.101	0.315	0.145	0.237	12	-	-	-	
x335	0.577	0.186	2.686	0.569	3.098	0.253	21	-	x30	x44	
x336	0.287	0.249	0.891	0.894	1.281	0.283	22	-	-	-	
x337	-0.307	0.497	-0.925	0.744	-0.372	0.224	22	-	-	x71	
x338	0.649	0.303	1.912	1.876	1.204	0.192	22	-	x41	x61	
x339	-0.225	0.299	-0.969	0.456	-0.227	0.209	23	-	-	x86	
x340	0.471	0.195	2.045	0.845	2.090	0.278	23	-	x51	x79	
x341	-0.356	0.502	-1.031	0.820	-0.488	0.215	24	-	-	x97	
x342	-0.026	0.470	-0.287	0.822	0.136	0.207	24	-	x62	x94	
x343	-0.145	0.343	-0.652	0.931	0.282	0.317	24	-	-	-	
x344	-0.517	0.325	-1.820	0.446	-1.149	0.174	31	-	-	x112	
x345	0.079	0.334	0.019	0.565	0.487	0.199	31	-	-	x105	
x346	-0.092	0.370	-0.480	0.604	-0.034	0.182	31	-	-	x106	
x347	-0.158	0.345	-0.690	0.589	-0.053	0.217	32	-	-	x128	
x348	-0.219	0.272	-1.005	0.424	-0.213	0.206	41	-	-	-	
x349	-0.052	0.583	-0.339	1.488	0.116	0.242	41	-	x89	x141	
x350	0.307	0.414	0.573	0.613	0.533	0.100	41	x43	x86	x137	
x351	-0.342	0.609	-0.919	0.896	-0.589	0.161	42	-	-	x155	
x352	0.420	0.317	1.109	1.394	1.006	0.228	42	-	-	x146	
x353	0.493	0.225	1.869	0.621	1.783	0.214	42	-	-	-	
x354	-0.363	0.795	-0.877	0.993	-0.702	0.118	45	-	x122	x192	
x355	0.464	0.478	0.862	1.427	0.707	0.155	43	x52	x104	x164	
x356	-0.321	0.540	-0.921	0.778	-0.604	0.148	45	-	-	-	
x357	-0.642	0.657	-1.460	0.838	-1.190	0.129	51	x70	x140	x213	

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						สมรรถภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	1 PL		2 PL		3 PL			บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
	b	a	b	a	b	c		100 ข้อ	200 ข้อ	300 ข้อ
x358	-0.457	0.589	-1.163	0.799	-0.839	0.151	52	-	x151	x230
x359	0.126	0.505	0.057	1.256	0.359	0.214	55	-	x190	x285
x360	0.321	0.409	0.616	1.894	0.748	0.237	55	-	x189	x284
x361	-0.006	0.368	-0.240	0.747	0.259	0.221	53	-	x165	x248
x362	-0.328	0.687	-0.853	0.972	-0.603	0.140	61	x100	x200	x300
x363	0.616	0.241	2.238	0.915	1.821	0.218	61	-	x196	x293
x364	-0.092	0.555	-0.425	0.884	-0.244	0.126	61	-	x199	x299
x365	0.172	0.295	0.357	0.631	0.790	0.222	54	-	-	x261
x366	0.391	0.255	1.264	0.757	1.347	0.231	54	-	-	x257
x367	-0.342	0.393	-1.138	0.636	-0.457	0.224	11	-	-	-
x368	0.434	0.185	1.976	0.436	2.478	0.240	31	-	-	-
x370	0.085	0.355	0.076	0.608	0.514	0.182	11	-	-	x12
x371	0.462	0.183	1.990	1.041	1.986	0.302	12	-	-	-
x372	-0.494	0.440	-1.375	0.686	-0.608	0.221	12	-	-	-
x373	-0.510	0.545	-1.224	0.798	-0.624	0.204	12	-	x19	x29
x374	-0.591	0.685	-1.231	1.017	-0.729	0.180	13	-	x26	x39
x375	-0.080	0.471	-0.317	0.661	-0.054	0.122	13	x13	x25	x37
x376	-0.229	0.473	-0.676	0.913	0.097	0.268	21	-	-	x53
x377	0.118	0.129	0.281	1.020	2.878	0.466	24	-	-	-
x378	-0.770	0.472	-1.960	0.660	-1.188	0.219	31	-	-	-
x379	0.033	0.220	-0.162	0.473	1.089	0.296	32	-	-	-
x380	-0.860	0.630	-1.815	0.890	-1.113	0.241	41	-	-	x142
x381	0.304	0.202	1.086	1.725	1.424	0.335	41	-	-	-
x382	0.504	0.172	2.340	1.581	1.637	0.280	41	x42	x83	x133
x383	0.971	0.290	3.119	1.414	1.739	0.139	42	x46	x92	x145
x384	-0.321	0.653	-0.730	1.326	-0.100	0.245	42	-	x97	x154
x385	-0.550	0.734	-1.114	1.101	-0.613	0.192	45	x61	x121	x191
x386	-0.209	0.307	-0.889	0.546	0.113	0.258	43	-	-	x165
x387	0.184	0.386	0.349	1.460	0.854	0.277	52	-	x146	x220

รหัสข้อ/ ตัวแปรใน คลังข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์						ถนรรณภาพ	รหัส/ตัวแปรข้อที่ถูกเลือก		
	1PL	2 PL		3 PL				บรรจุในคลังข้อสอบขนาด		
		b	a	b	a	b		c	100 ข้อ	200 ข้อ
x388	0.469	0.203	1.855	1.062	1.579	0.260	52	x72	x144	x217
x389	0.447	0.161	2.144	1.348	2.021	0.326	11	x1	x1	x1
x390	-0.494	0.536	-1.203	0.766	-0.646	0.188	11	-	x10	x15
x391	0.290	0.291	0.775	0.764	1.247	0.252	55	-	-	x279
x392	0.358	0.300	0.983	0.505	1.212	0.160	51	x65	x130	x202
x393	0.164	0.310	0.330	0.871	0.996	0.280	45	-	-	-
x394	0.125	0.280	0.211	0.523	0.868	0.223	61	-	-	x298
x395	-0.243	0.531	-0.653	0.759	-0.301	0.139	44	-	-	x179
x396	-0.236	0.552	-0.621	0.758	-0.320	0.126	44	x57	x114	x180
x397	-0.285	0.752	-0.613	1.244	-0.208	0.175	45	x60	x119	x188
x398	-0.020	0.425	-0.193	0.666	0.214	0.169	54	-	-	x264
x399	0.230	0.317	0.537	0.567	0.857	0.173	32	x39	x78	x123
x400	0.033	0.477	-0.046	0.853	0.349	0.186	22	x23	x44	x66
x401	0.497	0.236	1.751	0.563	1.875	0.209	41	-	-	x132
x402	-0.066	0.482	-0.281	0.877	0.186	0.194	24	-	x61	x93
x403	0.469	0.288	1.398	1.622	1.262	0.243	43	x51	x102	x162
x404	-0.147	0.667	-0.378	1.571	0.150	0.229	42	x48	x96	x153
x405	0.585	0.269	1.897	0.600	1.766	0.171	44	-	-	x173
x406	-0.093	0.366	-0.435	0.718	0.364	0.259	45	-	-	-
x407	0.540	0.241	1.896	0.639	1.786	0.200	54	-	-	x254

ค่าพารามิเตอร์ประจำข้อ สำหรับข้อคำถามที่ได้รับการคัดเลือก

จาก 54 เงื่อนไข รวมทั้งสิ้น 138 ข้อ

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์						จำนวนครั้ง ที่ได้รับ การคัดเลือก
	1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	
x4	-2.209	0.427	-1.752	0.765	-0.699	0.299	2
x6	1.878	0.201	2.831	0.864	1.995	0.223	2
x18	-3.083	1.030	-1.476	1.490	-1.125	0.152	6
x30	0.459	0.498	0.360	1.174	0.467	0.178	9
x34	1.084	0.414	0.915	0.834	0.841	0.150	1
x35	1.572	0.358	1.463	1.283	1.103	0.188	2
x37	0.236	0.564	0.189	0.988	0.290	0.146	4
x39	-1.489	0.745	-0.815	1.126	-0.563	0.130	22
x40	0.034	0.571	0.054	0.977	0.195	0.148	21
x45	-1.599	0.671	-0.884	1.172	-0.037	0.303	13
x46	-0.506	0.627	-0.297	0.840	0.123	0.145	6
x52	-0.527	0.478	-0.369	0.685	0.277	0.201	1
x53	2.034	0.177	3.348	1.054	2.901	0.257	2
x54	2.008	0.208	2.834	1.316	2.371	0.252	4
x56	1.539	0.256	1.795	1.196	1.901	0.266	1
x57	-1.689	0.775	-0.860	1.109	-0.324	0.194	22
x61	1.539	0.213	2.126	1.067	2.258	0.282	1
x72	-0.464	0.656	-0.267	1.369	0.326	0.223	6
x77	-1.365	0.815	-0.680	1.390	-0.090	0.220	22
x83	1.677	0.321	1.597	0.868	1.853	0.216	1
x87	1.831	0.299	1.859	0.849	1.935	0.205	2
x88	0.477	0.526	0.302	1.082	0.837	0.219	2

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์						จำนวนครั้ง ที่ได้รับ การคัดเลือก
	1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	
x95	-4.096	1.068	-1.842	1.447	-1.330	0.200	2
x96	-3.395	0.669	-1.965	0.943	-1.264	0.219	3
x100	-1.497	0.654	-0.910	1.109	-0.296	0.234	3
x101	-1.759	0.713	-1.012	1.091	-0.466	0.210	9
x102	1.493	0.386	1.280	1.045	1.216	0.187	2
x108	0.586	0.485	0.403	1.030	0.745	0.212	2
x113	1.803	0.254	2.247	1.098	1.753	0.224	2
x114	-1.805	0.673	-1.071	1.128	-0.450	0.226	12
x115	1.893	0.148	3.980	1.251	2.532	0.258	4
x116	-0.038	0.547	-0.051	1.584	0.435	0.258	15
x118	0.039	0.547	0.000	1.028	0.385	0.197	21
x121	1.566	0.458	1.162	1.873	0.994	0.190	1
x122	0.039	0.562	-0.001	1.061	0.385	0.200	2
x126	-2.085	0.833	-1.098	1.615	-0.439	0.264	7
x128	0.706	0.493	0.483	1.615	0.730	0.232	8
x130	-1.146	0.649	-0.709	0.968	-0.266	0.175	6
x133	-2.351	0.570	-1.612	0.834	-0.914	0.223	2
x136	-3.530	1.124	-1.743	1.694	-1.277	0.176	14
x137	1.827	0.216	2.655	1.206	1.653	0.215	2
x138	-2.397	0.394	-2.051	0.573	-1.082	0.239	3
x140	0.060	0.344	0.024	0.708	0.633	0.232	2
x142	-1.656	0.646	-1.112	1.014	-0.512	0.218	1
x144	-3.215	0.610	-2.067	0.816	-1.441	0.192	5
x147	2.067	0.209	3.090	1.335	1.790	0.208	1

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์						จำนวนครั้ง ที่ได้รับ การคัดเลือก
	1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	
x149	0.387	0.587	0.127	1.196	0.353	0.156	19
x150	0.907	0.517	0.520	1.711	0.608	0.180	6
x153	-1.427	1.043	-0.848	1.679	-0.467	0.159	16
x154	-2.516	1.179	-1.296	1.990	-0.807	0.208	16
x155	1.918	0.264	2.272	0.882	1.795	0.190	2
x157	0.786	0.441	0.526	0.891	0.701	0.163	1
x163	2.115	0.244	2.704	1.007	1.848	0.188	1
x168	-1.279	0.683	-0.872	1.084	-0.357	0.199	1
x169	1.999	0.165	3.795	1.166	2.310	0.230	2
x172	-0.002	0.313	-0.235	0.678	1.156	0.287	3
x173	0.200	0.599	0.063	1.360	0.792	0.180	6
x174	-1.424	0.761	-2.767	0.912	-2.161	0.191	6
x176	-0.007	0.267	-0.215	0.490	1.295	0.273	3
x181	-1.040	0.546	-2.503	0.573	-1.892	0.175	2
x184	-0.991	0.599	-2.298	0.639	-1.750	0.145	2
x185	0.032	0.248	-0.044	0.378	1.442	0.237	3
x188	-0.093	0.598	-0.537	0.735	0.165	0.141	9
x189	-0.921	0.941	-1.826	1.072	-1.334	0.137	19
x191	-0.942	0.632	-2.152	0.681	-1.495	0.190	2
x194	0.026	0.432	-0.229	1.309	0.932	0.286	3
x196	-0.666	0.611	-1.660	0.695	-0.977	0.166	2
x199	-0.308	0.707	-0.941	0.837	-0.350	0.115	6
x201	0.012	0.272	-0.149	0.467	1.296	0.258	3
x204	0.006	0.328	-0.220	0.940	1.162	0.312	3

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์						จำนวนครั้ง ที่ได้รับ การคัดเลือก
	1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	
x206	-0.101	0.540	-0.550	0.716	0.243	0.165	6
x213	-0.688	1.056	-0.130	2.154	1.059	0.154	9
x214	0.383	0.563	0.478	1.130	1.467	0.132	6
x217	0.169	0.729	0.325	1.756	1.353	0.138	21
x218	1.524	0.532	1.399	2.308	2.082	0.202	14
x219	-0.182	0.904	0.124	2.127	1.275	0.178	19
x220	0.697	0.573	0.717	2.828	1.793	0.264	12
x221	-0.834	1.051	-0.207	2.460	1.080	0.208	9
x222	1.239	0.470	1.233	4.106	2.099	0.268	6
x223	0.036	0.954	0.252	1.881	1.224	0.083	31
x224	2.161	0.384	2.302	6.155	2.311	0.189	1
x225	-0.388	0.728	-0.035	1.473	1.106	0.122	8
x231	0.416	0.643	0.496	1.306	1.493	0.146	12
x232	0.350	0.622	0.450	1.703	1.496	0.176	17
x233	0.235	0.730	0.369	1.973	1.470	0.195	21
x234	0.400	0.629	0.485	1.405	1.535	0.174	18
x237	0.400	0.782	0.474	1.574	1.375	0.092	18
x238	0.681	0.726	0.664	2.211	1.661	0.201	18
x239	1.671	0.484	1.590	3.588	2.206	0.225	1
x240	0.898	0.416	0.977	1.270	2.011	0.240	2
x241	0.864	0.735	0.784	1.888	1.653	0.150	17
x242	1.362	0.541	1.259	1.698	1.930	0.161	12
x243	1.615	0.488	1.536	2.352	2.101	0.194	12
x244	0.235	0.769	0.369	2.478	1.466	0.200	23

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์						จำนวนครั้ง ที่ได้รับ การคัดเลือก
	1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	
x245	1.434	0.505	1.358	1.613	2.010	0.171	9
x252	1.618	0.354	1.888	1.262	1.526	0.174	1
x255	-1.495	0.232	-2.496	0.338	-0.932	0.255	4
x256	-1.939	0.489	-1.700	0.707	-0.782	0.257	2
x259	-3.042	0.748	-2.045	1.054	-1.264	0.250	4
x267	-1.592	0.419	-1.566	0.645	-0.674	0.215	5
x276	-0.737	0.534	-0.576	0.833	-0.102	0.155	6
x277	-0.065	0.396	-0.034	0.661	0.437	0.173	3
x278	-0.437	0.591	-0.288	1.281	0.302	0.227	12
x281	-0.887	0.637	-0.624	1.079	-0.051	0.201	12
x282	-1.810	0.748	-1.220	1.241	-0.480	0.249	1
x290	-0.726	0.448	-0.615	1.047	0.325	0.320	1
x300	1.735	0.173	3.077	0.901	2.725	0.260	2
x303	-1.575	0.442	-1.265	0.665	-0.527	0.219	1
x309	-0.040	0.391	-0.082	0.734	0.462	0.211	1
x311	0.872	0.491	0.542	0.885	0.701	0.145	1
x312	-0.082	0.580	-0.145	0.985	0.175	0.156	14
x314	-2.548	0.899	-1.398	1.316	-0.944	0.175	11
x315	1.786	0.425	1.340	1.226	1.123	0.153	8
x342	-0.026	0.470	-0.287	0.822	0.136	0.207	7
x344	-0.517	0.325	-1.820	0.446	-1.149	0.174	1
x349	-0.052	0.583	-0.339	1.488	0.116	0.242	1
x354	-0.363	0.795	-0.877	0.993	-0.702	0.118	11
x355	0.464	0.478	0.862	1.427	0.707	0.155	4

รหัสข้อ/ ตัวแปร	ค่าพารามิเตอร์						จำนวนครั้ง ที่ได้รับ การคัดเลือก
	1PL	2 PL		3 PL			
	b	a	b	a	b	c	
x356	-0.321	0.540	-0.921	0.778	-0.604	0.148	8
x357	-0.642	0.657	-1.460	0.838	-1.190	0.129	1
x358	-0.457	0.589	-1.163	0.799	-0.839	0.151	2
x359	0.126	0.505	0.057	1.256	0.359	0.214	3
x361	-0.006	0.368	-0.240	0.747	0.259	0.221	6
x362	-0.328	0.687	-0.853	0.972	-0.603	0.140	12
x364	-0.092	0.555	-0.425	0.884	-0.244	0.126	3
x374	-0.591	0.685	-1.231	1.017	-0.729	0.180	1
x375	-0.080	0.471	-0.317	0.661	-0.054	0.122	1
x380	-0.860	0.630	-1.815	0.890	-1.113	0.241	2
x384	-0.321	0.653	-0.730	1.326	-0.100	0.245	12
x385	-0.550	0.734	-1.114	1.101	-0.613	0.192	9
x390	-0.494	0.536	-1.203	0.766	-0.646	0.188	1
x396	-0.236	0.552	-0.621	0.758	-0.320	0.126	9
x397	-0.285	0.752	-0.613	1.244	-0.208	0.175	19
x398	-0.020	0.425	-0.193	0.666	0.214	0.169	3
x399	0.230	0.317	0.537	0.567	0.857	0.173	3
x400	0.033	0.477	-0.046	0.853	0.349	0.186	14
x402	-0.066	0.482	-0.281	0.877	0.186	0.194	3
x404	-0.147	0.667	-0.378	1.571	0.150	0.229	27

ภาคผนวก จ

- คุณลักษณะของแบบทดสอบทั้ง 54 ฉบับ

คำอธิบายอักษรย่อของแบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษานี้ สร้างแบบทดสอบทั้งสิ้นรวม 54 ฉบับ แต่ละฉบับจะใช้
อักษรย่อหรือรหัส เพื่อให้มีความกระชับรัด ยึดตัวอย่างเช่น

P13_22

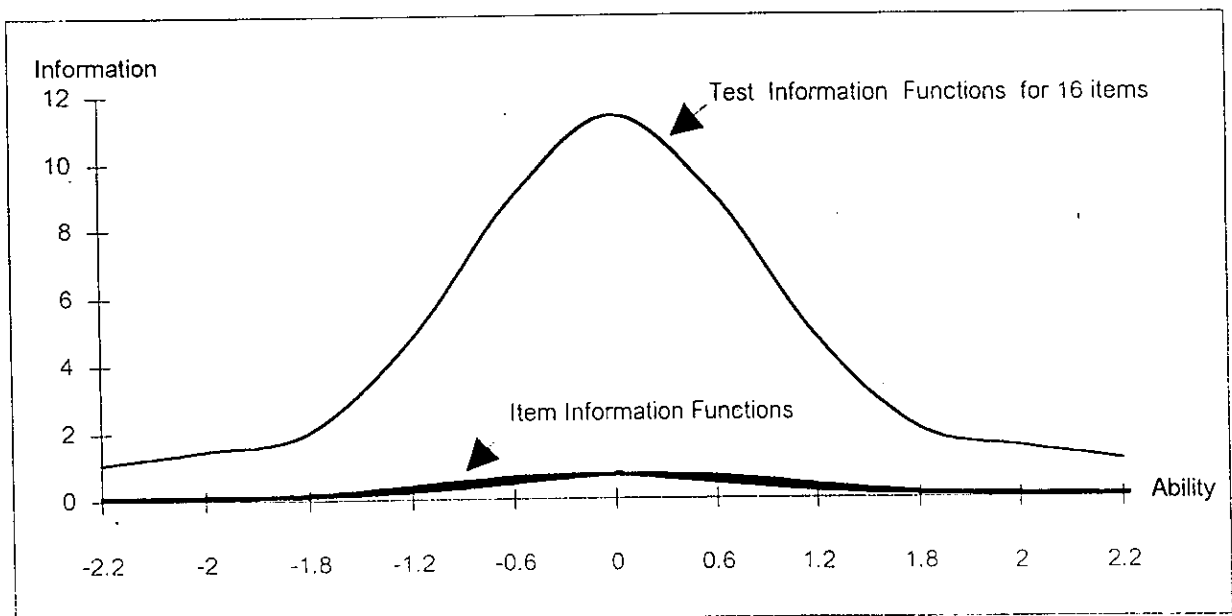
- อักษรตัวแรก หมายถึง ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศ
แบบทดสอบเป้าหมาย ซึ่งมี 2 ตัวแปร คือ P = Peak Target
และ U = Uniform Target
- อักษรตัวที่สอง หมายถึง โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม ซึ่งมี 3 โมเดล คือ
1 = IPL , 2 = 2PL และ 3 = 3PL
- อักษรตัวที่สาม หมายถึง ขนาดคลังข้อสอบ ซึ่งมี 3 ขนาด คือ 1 = 100 ข้อ, 2 = 200 ข้อ
และ 3 = 300 ข้อ
- อักษรตัวที่สี่ - ห้า หมายถึง ขอบเขตการวัดความสามารถผู้สอบของแบบทดสอบ
ซึ่งมี 3 ขอบเขต คือ $22 = -2.2 \leq \theta \leq 2.2$, $20 = -2.0 \leq \theta \leq 2.0$
และ $18 = -1.8 \leq \theta \leq 1.8$

ดังนั้น

P13_22 หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นภายใต้เงื่อนไข ลักษณะการแจกแจงของ
ฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมายประเภท Peak Target วิเคราะห์ข้อคำถามด้วยโมเดล
IPL จากคลังข้อสอบขนาด 300 ข้อ และกำหนดขอบเขตการวัดความสามารถผู้สอบของแบบ
ทดสอบระหว่าง -2.2 ถึง 2.2

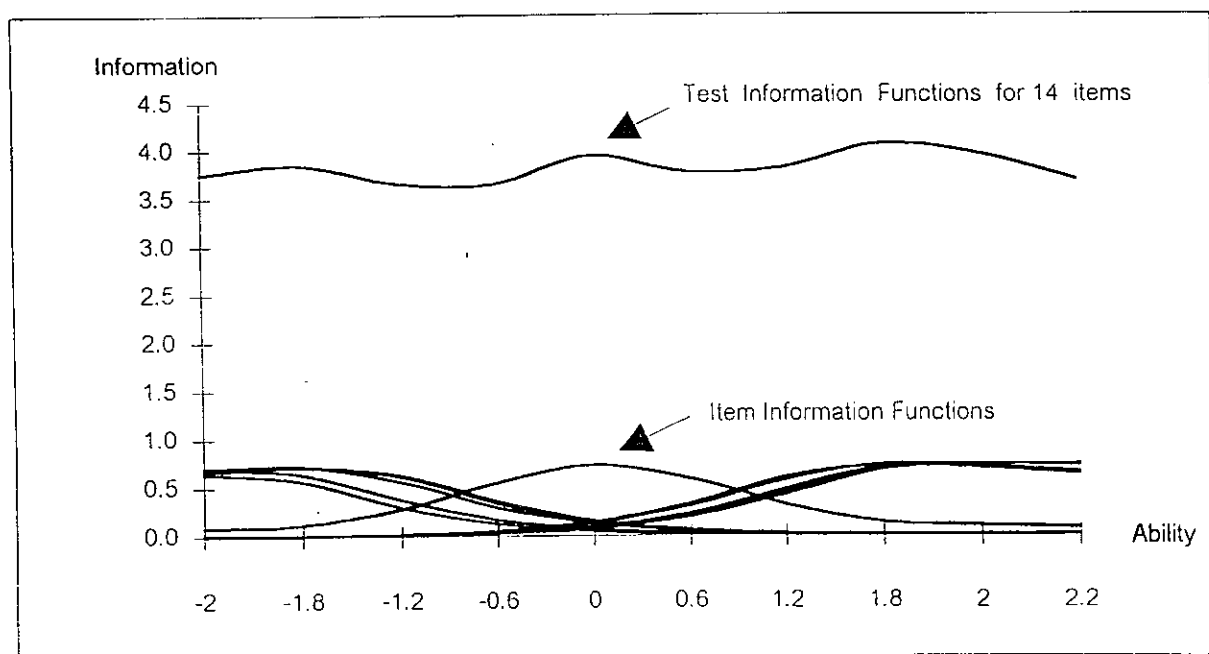
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P11_22, P11_20 และ P11_18 จำนวน 16 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
40	0.062	0.086	0.117	0.281	0.548	0.722	0.578	0.308	0.130	0.095	0.069
118	0.062	0.085	0.116	0.280	0.545	0.722	0.580	0.310	0.131	0.096	0.070
122	0.062	0.085	0.116	0.280	0.545	0.722	0.580	0.310	0.131	0.096	0.070
188	0.076	0.105	0.143	0.332	0.603	0.718	0.520	0.260	0.107	0.078	0.056
206	0.077	0.106	0.144	0.335	0.607	0.717	0.516	0.257	0.106	0.077	0.056
217	0.050	0.069	0.095	0.234	0.484	0.708	0.634	0.364	0.160	0.118	0.086
219	0.088	0.120	0.163	0.370	0.639	0.706	0.478	0.230	0.093	0.067	0.049
223	0.062	0.085	0.117	0.281	0.547	0.722	0.579	0.308	0.131	0.096	0.069
233	0.045	0.062	0.085	0.213	0.453	0.694	0.657	0.393	0.177	0.131	0.096
244	0.045	0.062	0.085	0.213	0.453	0.694	0.657	0.393	0.177	0.131	0.096
312	0.075	0.103	0.140	0.327	0.599	0.719	0.525	0.264	0.109	0.079	0.057
375	0.075	0.103	0.140	0.326	0.598	0.719	0.526	0.265	0.109	0.080	0.058
396	0.096	0.131	0.177	0.394	0.658	0.694	0.453	0.213	0.085	0.062	0.045
399	0.045	0.062	0.086	0.215	0.456	0.696	0.656	0.391	0.175	0.130	0.095
400	0.062	0.086	0.118	0.282	0.548	0.722	0.578	0.307	0.130	0.095	0.069
404	0.083	0.114	0.155	0.354	0.625	0.711	0.495	0.241	0.098	0.071	0.052
สารสนเทศแบบทดสอบ	1.065	1.464	1.997	4.717	8.908	11.386	9.012	4.814	2.049	1.502	1.093



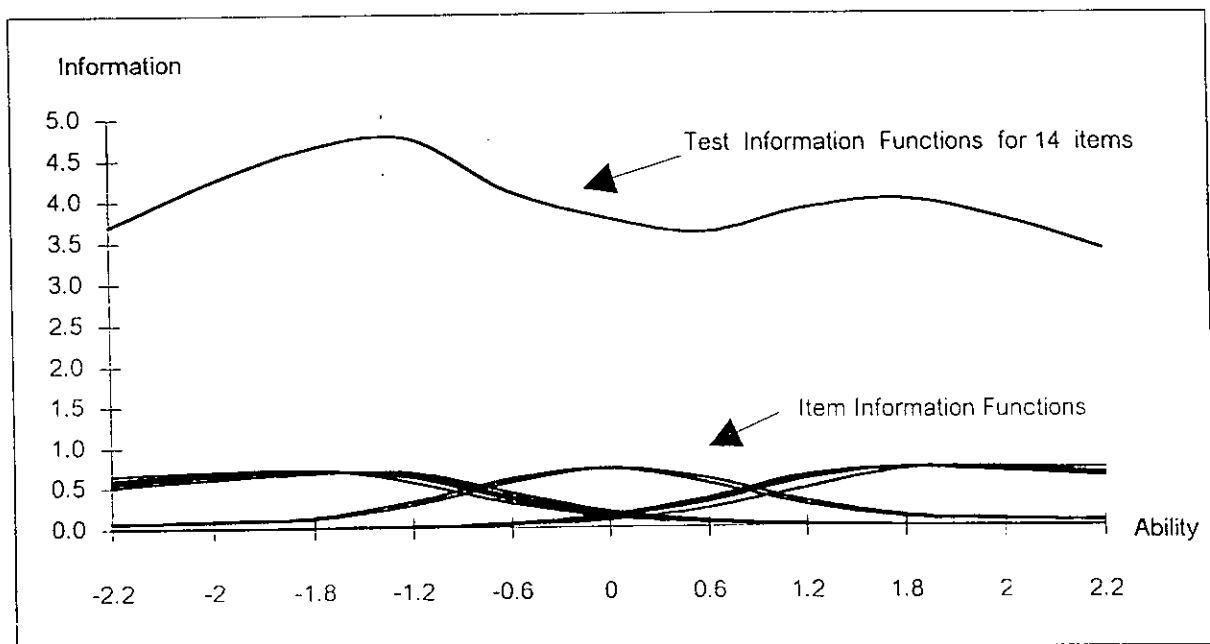
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U11_22 จำนวน 14 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
4	0.723	0.700	0.642	0.374	0.165	0.065	0.024	0.009	0.003	0.002	0.002
40	0.062	0.086	0.117	0.281	0.548	0.722	0.578	0.308	0.130	0.095	0.069
53	0.002	0.003	0.004	0.012	0.032	0.086	0.214	0.454	0.695	0.722	0.708
54	0.002	0.003	0.005	0.012	0.034	0.089	0.222	0.466	0.700	0.723	0.704
57	0.602	0.674	0.716	0.611	0.339	0.147	0.057	0.021	0.008	0.005	0.004
114	0.647	0.703	0.723	0.561	0.292	0.123	0.047	0.017	0.006	0.005	0.003
118	0.062	0.085	0.116	0.280	0.545	0.722	0.580	0.310	0.131	0.096	0.070
122	0.062	0.085	0.116	0.280	0.545	0.722	0.580	0.310	0.131	0.096	0.070
138	0.703	0.646	0.564	0.295	0.124	0.048	0.018	0.006	0.002	0.002	0.001
142	0.588	0.664	0.712	0.624	0.353	0.154	0.060	0.022	0.008	0.006	0.004
163	0.002	0.003	0.004	0.010	0.028	0.075	0.190	0.416	0.673	0.716	0.719
223	0.062	0.085	0.117	0.281	0.547	0.722	0.579	0.308	0.131	0.096	0.069
300	0.004	0.005	0.007	0.019	0.053	0.137	0.320	0.592	0.720	0.687	0.620
315	0.003	0.005	0.007	0.018	0.048	0.126	0.300	0.569	0.722	0.699	0.640
สารสนเทศแบบทดสอบ	3.524	3.747	3.850	3.658	3.653	3.938	3.769	3.808	4.060	3.950	3.683



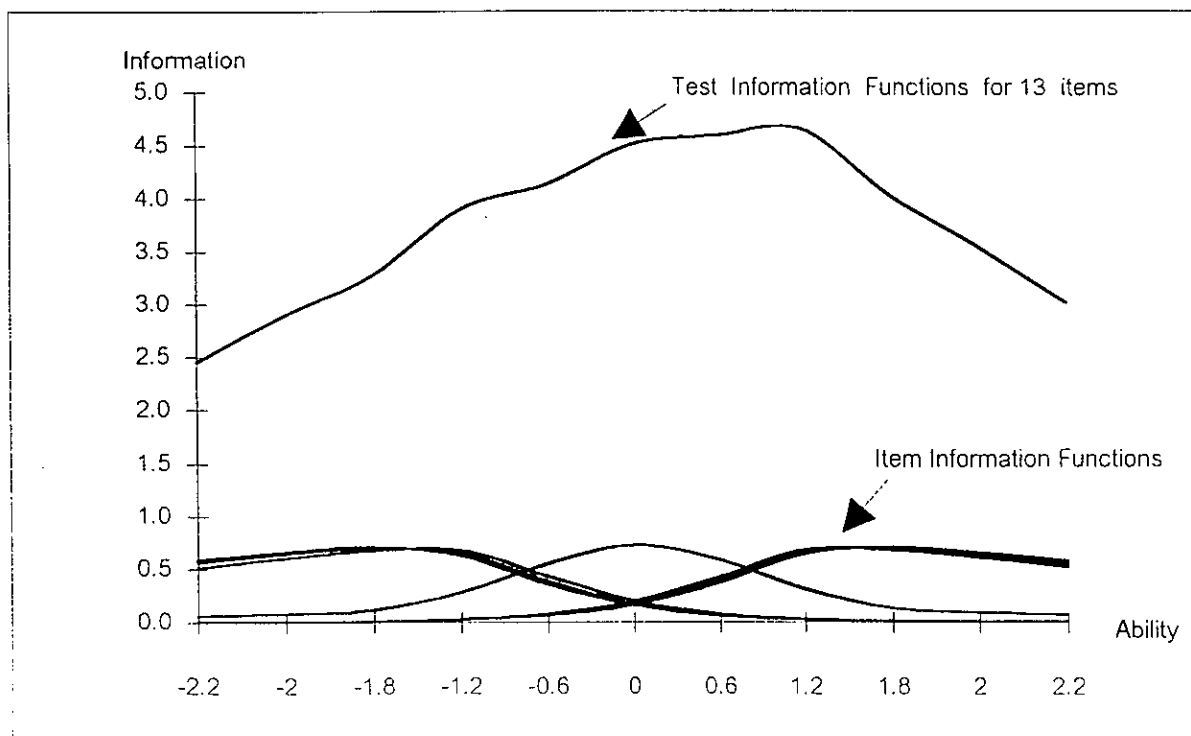
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U11_20 จำนวน 14 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
40	0.062	0.086	0.117	0.281	0.548	0.722	0.578	0.308	0.130	0.095	0.069
45	0.563	0.645	0.702	0.645	0.378	0.168	0.066	0.024	0.009	0.006	0.005
54	0.002	0.003	0.005	0.012	0.034	0.089	0.222	0.466	0.700	0.723	0.704
57	0.602	0.674	0.716	0.611	0.339	0.147	0.057	0.021	0.008	0.005	0.004
83	0.004	0.006	0.008	0.021	0.058	0.149	0.344	0.616	0.715	0.671	0.597
114	0.647	0.703	0.723	0.561	0.292	0.123	0.047	0.017	0.006	0.005	0.003
142	0.588	0.664	0.712	0.624	0.353	0.154	0.060	0.022	0.008	0.006	0.004
239	0.004	0.006	0.008	0.022	0.058	0.151	0.347	0.618	0.714	0.669	0.594
255	0.515	0.604	0.676	0.679	0.425	0.196	0.078	0.029	0.011	0.008	0.005
267	0.559	0.642	0.700	0.648	0.381	0.170	0.066	0.025	0.009	0.006	0.005
300	0.004	0.005	0.007	0.019	0.053	0.137	0.320	0.592	0.720	0.687	0.620
315	0.003	0.005	0.007	0.018	0.048	0.126	0.300	0.569	0.722	0.699	0.640
375	0.075	0.103	0.140	0.326	0.598	0.719	0.526	0.265	0.109	0.080	0.058
400	0.062	0.086	0.118	0.282	0.548	0.722	0.578	0.307	0.130	0.095	0.069
สารสนเทศแบบทดสอบ	3.690	4.232	4.639	4.749	4.113	3.773	3.589	3.879	3.991	3.755	3.377



รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U11_18 จำนวน 14 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
35	0.005	0.007	0.009	0.026	0.069	0.175	0.390	0.655	0.696	0.635	0.550
39	0.512	0.602	0.674	0.681	0.428	0.197	0.078	0.029	0.011	0.008	0.005
40	0.062	0.086	0.117	0.281	0.548	0.722	0.578	0.308	0.130	0.095	0.069
102	0.005	0.008	0.011	0.029	0.078	0.196	0.426	0.680	0.676	0.603	0.514
118	0.062	0.085	0.116	0.280	0.545	0.722	0.580	0.310	0.131	0.096	0.070
121	0.005	0.007	0.009	0.026	0.069	0.176	0.393	0.657	0.695	0.633	0.548
142	0.588	0.664	0.712	0.624	0.353	0.154	0.060	0.022	0.008	0.006	0.004
218	0.005	0.007	0.010	0.028	0.074	0.188	0.412	0.670	0.684	0.616	0.528
223	0.062	0.085	0.117	0.281	0.547	0.722	0.579	0.308	0.131	0.096	0.069
243	0.004	0.006	0.009	0.024	0.064	0.164	0.371	0.640	0.705	0.650	0.570
255	0.515	0.604	0.676	0.679	0.425	0.196	0.078	0.029	0.011	0.008	0.005
267	0.559	0.642	0.700	0.648	0.381	0.170	0.066	0.025	0.009	0.006	0.005
400	0.062	0.086	0.118	0.282	0.548	0.722	0.578	0.307	0.130	0.095	0.069
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.446	2.889	3.278	3.889	4.129	4.504	4.589	4.640	4.017	3.547	3.006

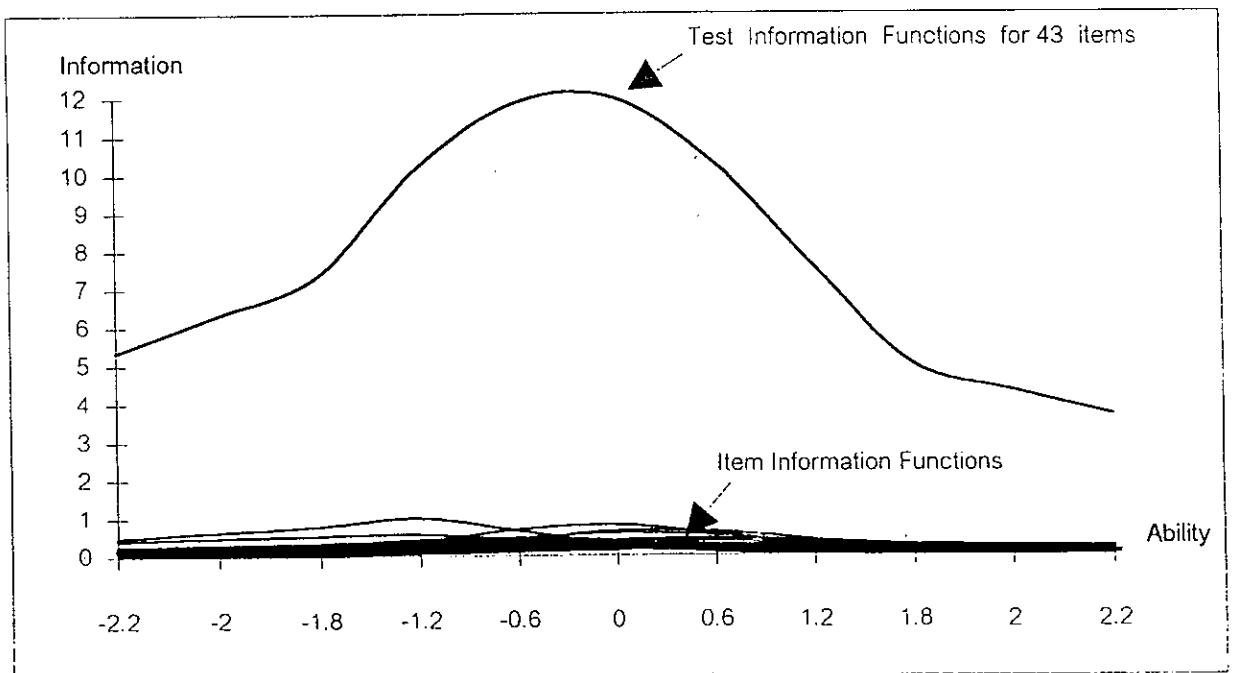


รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P21_22 , P21_20 และ P21_18 จำนวน 43 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
30	0.066	0.075	0.085	0.119	0.153	0.175	0.177	0.158	0.126	0.115	0.103
39	0.202	0.239	0.278	0.378	0.394	0.311	0.196	0.108	0.054	0.043	0.034
40	0.085	0.099	0.115	0.166	0.213	0.235	0.220	0.175	0.124	0.108	0.093
45	0.194	0.222	0.250	0.315	0.317	0.255	0.171	0.101	0.056	0.045	0.036
57	0.217	0.259	0.302	0.413	0.421	0.320	0.193	0.101	0.049	0.038	0.030
77	0.186	0.229	0.277	0.423	0.478	0.387	0.238	0.123	0.058	0.045	0.034
114	0.221	0.250	0.276	0.325	0.305	0.230	0.147	0.084	0.046	0.037	0.030
118	0.088	0.101	0.115	0.161	0.200	0.216	0.200	0.161	0.115	0.101	0.088
122	0.089	0.103	0.118	0.167	0.210	0.228	0.210	0.167	0.118	0.102	0.089
128	0.061	0.069	0.079	0.111	0.144	0.169	0.175	0.161	0.131	0.120	0.109
142	0.215	0.240	0.262	0.301	0.279	0.212	0.139	0.082	0.045	0.037	0.030
149	0.081	0.095	0.111	0.165	0.219	0.248	0.236	0.189	0.133	0.115	0.099
154	0.485	0.633	0.786	0.995	0.639	0.259	0.086	0.027	0.008	0.005	0.004
188	0.136	0.155	0.176	0.231	0.258	0.240	0.188	0.129	0.080	0.068	0.057
206	0.125	0.139	0.154	0.193	0.211	0.198	0.161	0.117	0.078	0.067	0.058
213	0.075	0.105	0.146	0.359	0.678	0.795	0.539	0.248	0.095	0.067	0.048
217	0.062	0.077	0.096	0.175	0.281	0.369	0.373	0.290	0.183	0.152	0.125
218	0.029	0.035	0.041	0.065	0.099	0.140	0.180	0.203	0.198	0.190	0.180
219	0.063	0.084	0.111	0.241	0.440	0.585	0.518	0.318	0.155	0.119	0.090
220	0.049	0.059	0.069	0.110	0.161	0.210	0.236	0.225	0.182	0.164	0.147
223	0.048	0.065	0.088	0.208	0.422	0.631	0.608	0.383	0.183	0.138	0.103
232	0.060	0.073	0.087	0.142	0.208	0.264	0.278	0.240	0.174	0.152	0.131
233	0.059	0.073	0.092	0.168	0.274	0.366	0.377	0.298	0.191	0.159	0.130
234	0.058	0.070	0.084	0.139	0.208	0.267	0.285	0.248	0.181	0.158	0.136
237	0.048	0.061	0.078	0.155	0.276	0.401	0.439	0.353	0.221	0.182	0.147
238	0.042	0.053	0.066	0.126	0.219	0.323	0.380	0.342	0.241	0.206	0.173
241	0.036	0.045	0.057	0.111	0.200	0.310	0.385	0.365	0.267	0.230	0.194
242	0.032	0.038	0.045	0.072	0.110	0.154	0.193	0.211	0.199	0.189	0.176
244	0.056	0.071	0.089	0.173	0.293	0.403	0.418	0.322	0.198	0.162	0.131

รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P21_22 , P21_20 และ P21_18 จำนวน 43 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
276	0.125	0.139	0.154	0.190	0.206	0.193	0.157	0.114	0.077	0.066	0.057
278	0.112	0.130	0.149	0.206	0.246	0.247	0.208	0.151	0.098	0.084	0.071
311	0.058	0.067	0.076	0.107	0.140	0.166	0.174	0.162	0.134	0.123	0.112
312	0.100	0.116	0.133	0.188	0.231	0.242	0.213	0.161	0.109	0.093	0.080
314	0.410	0.476	0.532	0.571	0.411	0.221	0.101	0.042	0.017	0.013	0.009
355	0.047	0.054	0.061	0.088	0.118	0.146	0.163	0.162	0.143	0.134	0.125
357	0.264	0.285	0.301	0.305	0.250	0.171	0.103	0.058	0.031	0.025	0.020
362	0.194	0.224	0.255	0.327	0.334	0.269	0.179	0.104	0.056	0.045	0.036
375	0.095	0.105	0.115	0.142	0.158	0.158	0.140	0.113	0.084	0.075	0.067
396	0.133	0.149	0.164	0.205	0.220	0.202	0.161	0.114	0.075	0.064	0.054
397	0.168	0.203	0.241	0.356	0.409	0.352	0.236	0.133	0.068	0.054	0.042
400	0.083	0.093	0.103	0.133	0.156	0.164	0.154	0.129	0.098	0.088	0.079
404	0.128	0.152	0.178	0.261	0.316	0.307	0.240	0.158	0.092	0.076	0.062
385	0.254	0.291	0.326	0.388	0.352	0.249	0.147	0.078	0.039	0.031	0.024
สารสนเทศแบบทดสอบ	5.339	6.301	7.321	10.174	11.857	11.988	10.322	7.608	5.010	4.285	3.643

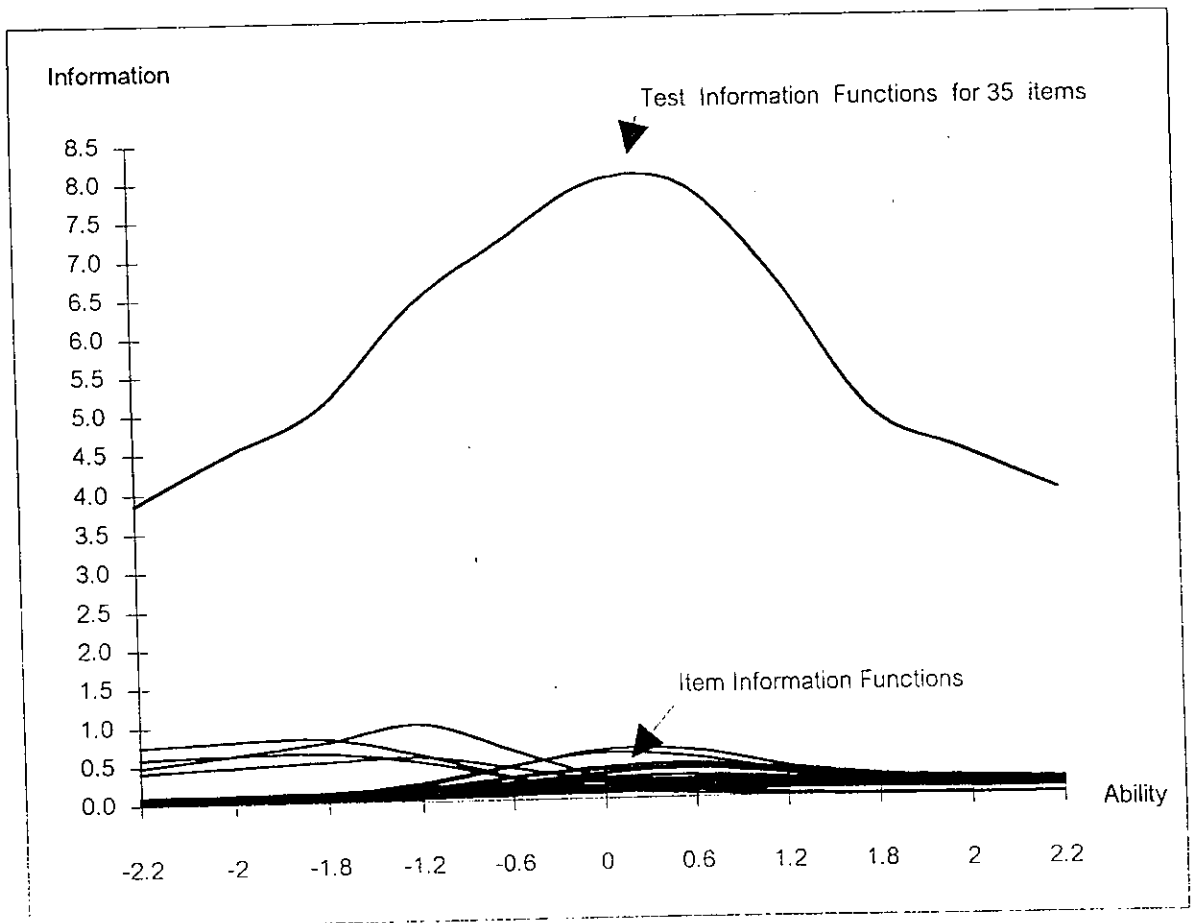


รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U21_22 จำนวน 35 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
30	0.066	0.075	0.085	0.119	0.153	0.175	0.177	0.158	0.126	0.115	0.103
34	0.045	0.050	0.056	0.074	0.094	0.112	0.122	0.123	0.113	0.107	0.102
40	0.085	0.099	0.115	0.166	0.213	0.235	0.220	0.175	0.124	0.108	0.093
95	0.743	0.807	0.823	0.597	0.283	0.109	0.038	0.013	0.004	0.003	0.002
102	0.036	0.040	0.044	0.059	0.075	0.091	0.102	0.108	0.105	0.102	0.098
118	0.088	0.101	0.115	0.161	0.200	0.216	0.200	0.161	0.115	0.101	0.088
121	0.038	0.044	0.050	0.072	0.098	0.124	0.145	0.152	0.143	0.137	0.129
122	0.089	0.103	0.118	0.167	0.210	0.228	0.210	0.167	0.118	0.102	0.089
128	0.061	0.069	0.079	0.111	0.144	0.169	0.175	0.161	0.131	0.120	0.109
149	0.081	0.095	0.111	0.165	0.219	0.248	0.236	0.189	0.133	0.115	0.099
154	0.485	0.633	0.786	0.995	0.639	0.259	0.086	0.027	0.008	0.005	0.004
157	0.057	0.064	0.071	0.095	0.118	0.135	0.140	0.132	0.113	0.105	0.097
189	0.586	0.628	0.639	0.503	0.277	0.124	0.051	0.020	0.008	0.006	0.004
217	0.062	0.077	0.096	0.175	0.281	0.369	0.373	0.290	0.183	0.152	0.125
218	0.029	0.035	0.041	0.065	0.099	0.140	0.180	0.203	0.198	0.190	0.180
219	0.063	0.084	0.111	0.241	0.440	0.585	0.518	0.318	0.155	0.119	0.090
220	0.049	0.059	0.069	0.110	0.161	0.210	0.236	0.225	0.182	0.164	0.147
223	0.048	0.065	0.088	0.208	0.422	0.631	0.608	0.383	0.183	0.138	0.103
224	0.020	0.023	0.026	0.036	0.048	0.063	0.079	0.094	0.104	0.106	0.106
232	0.060	0.073	0.087	0.142	0.208	0.264	0.278	0.240	0.174	0.152	0.131
233	0.059	0.073	0.092	0.168	0.274	0.366	0.377	0.298	0.191	0.159	0.130
234	0.058	0.070	0.084	0.139	0.208	0.267	0.285	0.248	0.181	0.158	0.136
237	0.048	0.061	0.078	0.155	0.276	0.401	0.439	0.353	0.221	0.182	0.147
238	0.042	0.053	0.066	0.126	0.219	0.323	0.380	0.342	0.241	0.206	0.173
239	0.027	0.032	0.037	0.056	0.082	0.113	0.144	0.165	0.168	0.165	0.159
241	0.036	0.045	0.057	0.111	0.200	0.310	0.385	0.365	0.267	0.230	0.194
242	0.032	0.038	0.045	0.072	0.110	0.154	0.193	0.211	0.199	0.189	0.176
243	0.028	0.033	0.038	0.058	0.085	0.118	0.149	0.169	0.170	0.166	0.160
244	0.056	0.071	0.089	0.173	0.293	0.403	0.418	0.322	0.198	0.162	0.131

รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U21_22 จำนวน 35 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
245	0.032	0.037	0.043	0.066	0.098	0.134	0.166	0.183	0.178	0.171	0.162
311	0.058	0.067	0.076	0.107	0.140	0.166	0.174	0.162	0.134	0.123	0.112
312	0.100	0.116	0.133	0.188	0.231	0.242	0.213	0.161	0.109	0.093	0.080
314	0.410	0.476	0.532	0.571	0.411	0.221	0.101	0.042	0.017	0.013	0.009
315	0.035	0.039	0.044	0.062	0.083	0.104	0.122	0.130	0.127	0.123	0.119
355	0.047	0.054	0.061	0.088	0.118	0.146	0.163	0.162	0.143	0.134	0.125
สารสนเทศแบบทดสอบ	3.859	4.489	5.085	6.401	7.210	7.955	7.883	6.652	4.964	4.421	3.912

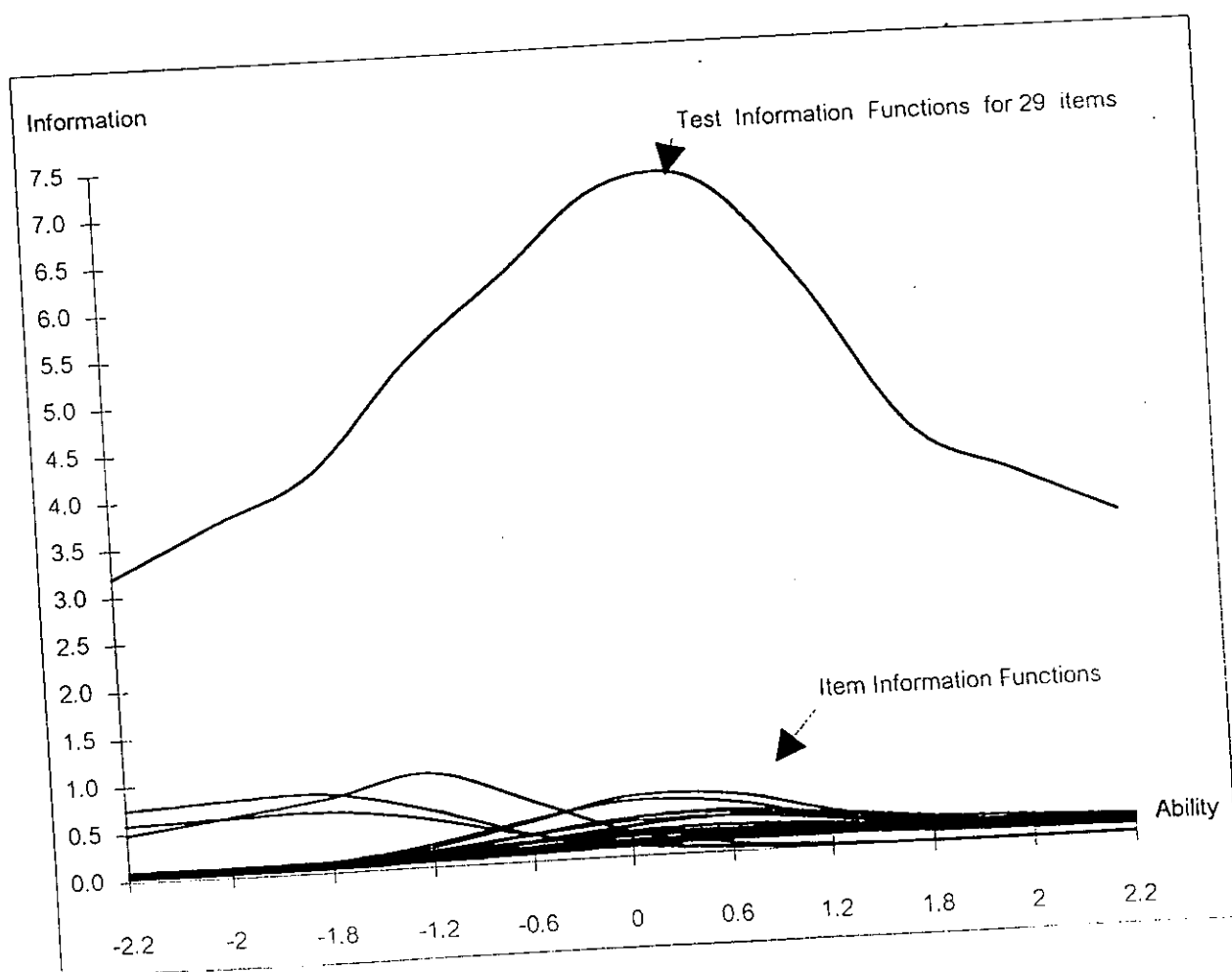


รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U21_20 จำนวน 29 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
30	0.066	0.075	0.085	0.119	0.153	0.175	0.177	0.158	0.126	0.115	0.103
40	0.085	0.099	0.115	0.166	0.213	0.235	0.220	0.175	0.124	0.108	0.093
95	0.743	0.807	0.823	0.597	0.283	0.109	0.038	0.013	0.004	0.003	0.002
118	0.088	0.101	0.115	0.161	0.200	0.216	0.200	0.161	0.115	0.101	0.088
121	0.038	0.044	0.050	0.072	0.098	0.124	0.145	0.152	0.143	0.137	0.129
122	0.089	0.103	0.118	0.167	0.210	0.228	0.210	0.167	0.118	0.102	0.089
128	0.061	0.069	0.079	0.111	0.144	0.169	0.175	0.161	0.131	0.120	0.109
149	0.081	0.095	0.111	0.165	0.219	0.248	0.236	0.189	0.133	0.115	0.099
154	0.485	0.633	0.786	0.995	0.639	0.259	0.086	0.027	0.008	0.005	0.004
189	0.586	0.628	0.639	0.503	0.277	0.124	0.051	0.020	0.008	0.006	0.004
217	0.062	0.077	0.096	0.175	0.281	0.369	0.373	0.290	0.183	0.152	0.125
218	0.029	0.035	0.041	0.065	0.099	0.140	0.180	0.203	0.198	0.190	0.180
219	0.063	0.084	0.111	0.241	0.440	0.585	0.518	0.318	0.155	0.119	0.090
220	0.049	0.059	0.069	0.110	0.161	0.210	0.236	0.225	0.182	0.164	0.147
223	0.048	0.065	0.088	0.208	0.422	0.631	0.608	0.383	0.183	0.138	0.103
232	0.060	0.073	0.087	0.142	0.208	0.264	0.278	0.240	0.174	0.152	0.131
233	0.059	0.073	0.092	0.168	0.274	0.366	0.377	0.298	0.191	0.159	0.130
234	0.058	0.070	0.084	0.139	0.208	0.267	0.285	0.248	0.181	0.158	0.136
237	0.048	0.061	0.078	0.155	0.276	0.401	0.439	0.353	0.221	0.182	0.147
238	0.042	0.053	0.066	0.126	0.219	0.323	0.380	0.342	0.241	0.206	0.173
239	0.027	0.032	0.037	0.056	0.082	0.113	0.144	0.165	0.168	0.165	0.159
241	0.036	0.045	0.057	0.111	0.200	0.310	0.385	0.365	0.267	0.230	0.194
242	0.032	0.038	0.045	0.072	0.110	0.154	0.193	0.211	0.199	0.189	0.176
243	0.028	0.033	0.038	0.058	0.085	0.118	0.149	0.169	0.170	0.166	0.160
244	0.056	0.071	0.089	0.173	0.293	0.403	0.418	0.322	0.198	0.162	0.131

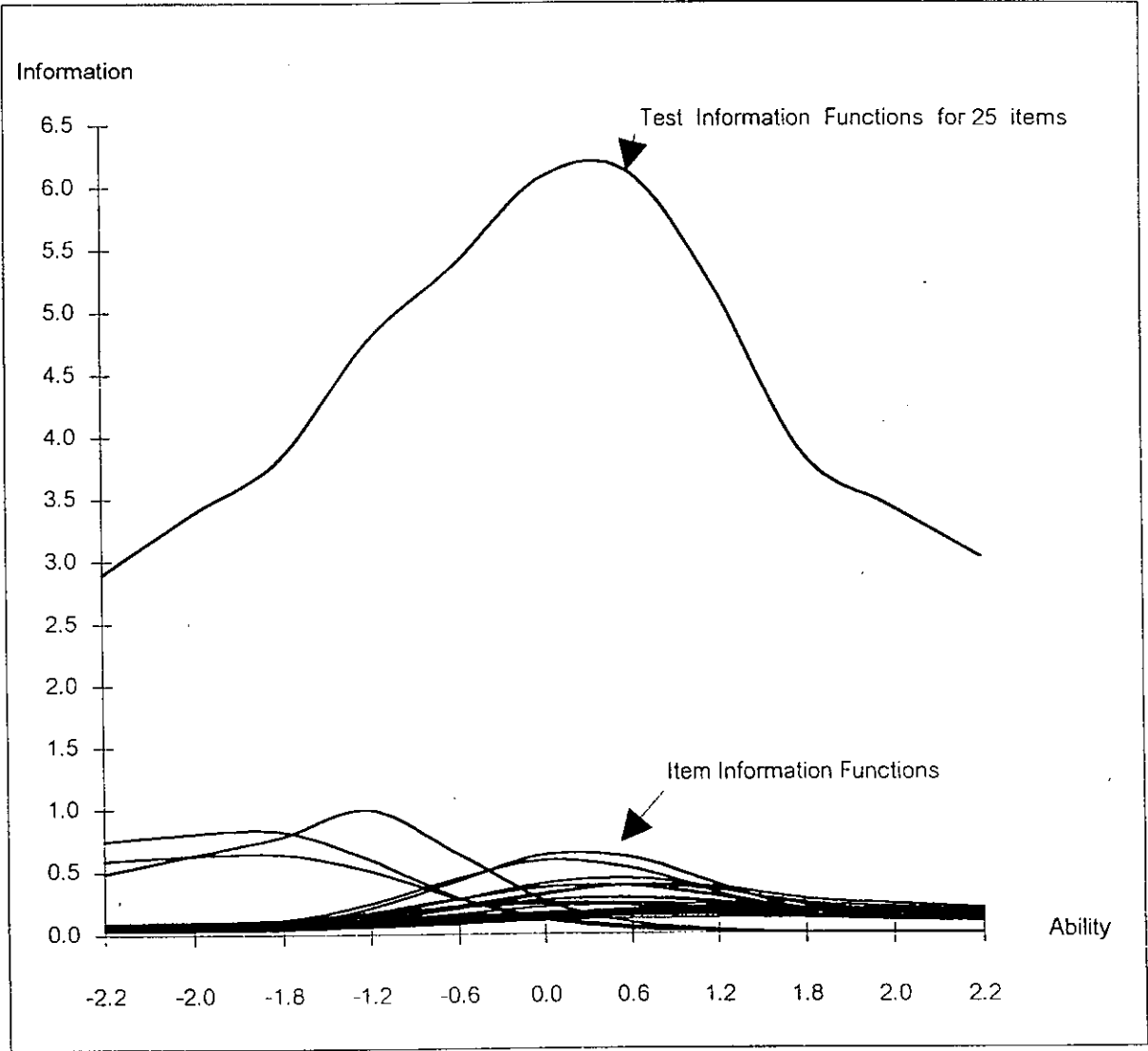
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U21_20 จำนวน 29 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2	2.2
245	0.032	0.037	0.043	0.066	0.098	0.134	0.166	0.183	0.178	0.171	0.162
311	0.058	0.067	0.076	0.107	0.140	0.166	0.174	0.162	0.134	0.123	0.112
315	0.035	0.039	0.044	0.062	0.083	0.104	0.122	0.130	0.127	0.123	0.119
355	0.047	0.054	0.061	0.088	0.118	0.146	0.163	0.162	0.143	0.134	0.125
สารสนเทศแบบทดสอบ	3.191	3.720	4.223	5.378	6.233	7.091	7.126	5.992	4.403	3.895	3.420



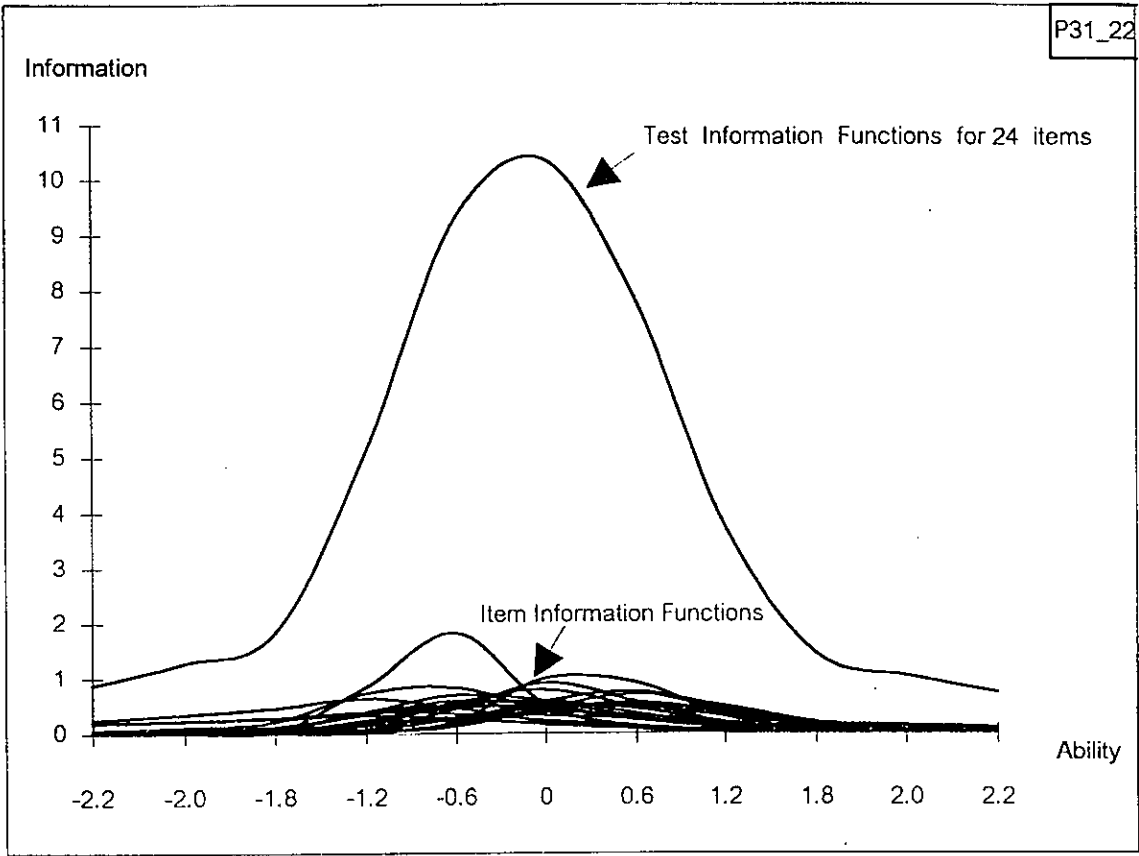
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U21_18 จำนวน 25 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0.0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
40	0.085	0.099	0.115	0.166	0.213	0.235	0.220	0.175	0.124	0.108	0.093
95	0.743	0.807	0.823	0.597	0.283	0.109	0.038	0.013	0.004	0.003	0.002
121	0.038	0.044	0.050	0.072	0.098	0.124	0.145	0.152	0.143	0.137	0.129
128	0.061	0.069	0.079	0.111	0.144	0.169	0.175	0.161	0.131	0.120	0.109
149	0.081	0.095	0.111	0.165	0.219	0.248	0.236	0.189	0.133	0.115	0.099
154	0.485	0.633	0.786	0.995	0.639	0.259	0.086	0.027	0.008	0.005	0.004
189	0.586	0.628	0.639	0.503	0.277	0.124	0.051	0.020	0.008	0.006	0.004
217	0.062	0.077	0.096	0.175	0.281	0.369	0.373	0.290	0.183	0.152	0.125
218	0.029	0.035	0.041	0.065	0.099	0.140	0.180	0.203	0.198	0.190	0.180
219	0.063	0.084	0.111	0.241	0.440	0.585	0.518	0.318	0.155	0.119	0.090
220	0.049	0.059	0.069	0.110	0.161	0.210	0.236	0.225	0.182	0.164	0.147
223	0.048	0.065	0.088	0.208	0.422	0.631	0.608	0.383	0.183	0.138	0.103
232	0.060	0.073	0.087	0.142	0.208	0.264	0.278	0.240	0.174	0.152	0.131
233	0.059	0.073	0.092	0.168	0.274	0.366	0.377	0.298	0.191	0.159	0.130
234	0.058	0.070	0.084	0.139	0.208	0.267	0.285	0.248	0.181	0.158	0.136
237	0.048	0.061	0.078	0.155	0.276	0.401	0.439	0.353	0.221	0.182	0.147
238	0.042	0.053	0.066	0.126	0.219	0.323	0.380	0.342	0.241	0.206	0.173
239	0.027	0.032	0.037	0.056	0.082	0.113	0.144	0.165	0.168	0.165	0.159
241	0.036	0.045	0.057	0.111	0.200	0.310	0.385	0.365	0.267	0.230	0.194
242	0.032	0.038	0.045	0.072	0.110	0.154	0.193	0.211	0.199	0.189	0.176
243	0.028	0.033	0.038	0.058	0.085	0.118	0.149	0.169	0.170	0.166	0.160
245	0.032	0.037	0.043	0.066	0.098	0.134	0.166	0.183	0.178	0.171	0.162
311	0.058	0.067	0.076	0.107	0.140	0.166	0.174	0.162	0.134	0.123	0.112
315	0.035	0.039	0.044	0.062	0.083	0.104	0.122	0.130	0.127	0.123	0.119
355	0.047	0.054	0.061	0.088	0.118	0.146	0.163	0.162	0.143	0.134	0.125
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.892	3.370	3.816	4.758	5.377	6.069	6.121	5.184	3.846	3.415	3.009



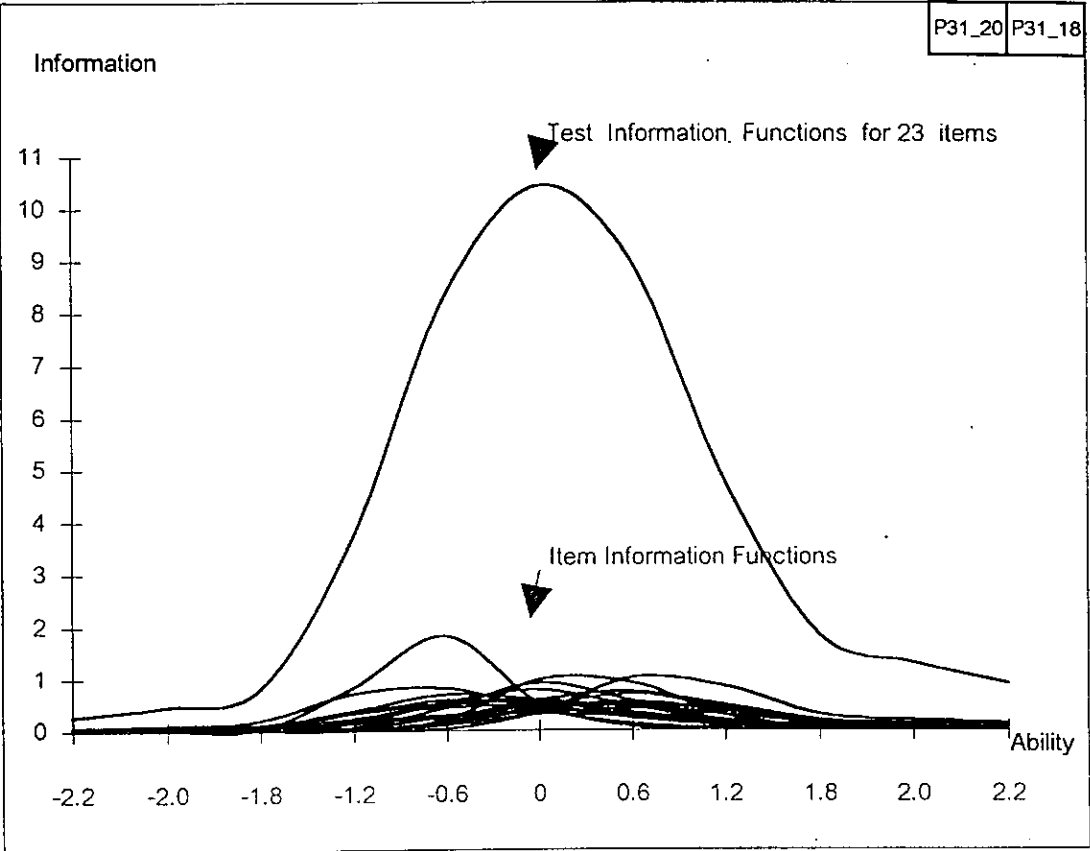
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P31_22 จำนวน 24 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
30	0.000	0.001	0.002	0.018	0.124	0.457	0.707	0.479	0.197	0.139	0.096
39	0.032	0.059	0.104	0.389	0.698	0.578	0.276	0.102	0.034	0.023	0.016
40	0.005	0.009	0.016	0.077	0.251	0.475	0.489	0.305	0.141	0.105	0.078
45	0.002	0.003	0.007	0.055	0.266	0.539	0.437	0.195	0.067	0.046	0.031
57	0.010	0.020	0.038	0.192	0.505	0.592	0.352	0.144	0.050	0.035	0.024
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019
114	0.012	0.024	0.046	0.226	0.536	0.542	0.287	0.110	0.037	0.025	0.017
118	0.001	0.003	0.005	0.033	0.150	0.396	0.521	0.366	0.173	0.128	0.094
122	0.001	0.002	0.004	0.030	0.148	0.414	0.553	0.379	0.172	0.126	0.091
142	0.023	0.040	0.068	0.243	0.461	0.442	0.252	0.109	0.041	0.030	0.021
144	0.193	0.237	0.278	0.333	0.266	0.159	0.081	0.038	0.017	0.013	0.010
149	0.001	0.001	0.003	0.029	0.185	0.583	0.749	0.437	0.165	0.114	0.078
154	0.003	0.012	0.042	0.842	1.823	0.514	0.076	0.010	0.001	0.001	0.000
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
276	0.020	0.031	0.048	0.141	0.286	0.372	0.316	0.195	0.100	0.078	0.060
278	0.000	0.001	0.002	0.018	0.151	0.572	0.738	0.386	0.129	0.086	0.057
312	0.005	0.008	0.015	0.076	0.254	0.479	0.485	0.297	0.136	0.101	0.074
314	0.057	0.114	0.211	0.727	0.827	0.390	0.122	0.033	0.009	0.006	0.004
357	0.178	0.229	0.282	0.391	0.353	0.226	0.118	0.055	0.024	0.018	0.014
362	0.050	0.080	0.125	0.339	0.516	0.440	0.244	0.107	0.043	0.031	0.022
385	0.028	0.051	0.090	0.337	0.595	0.487	0.235	0.088	0.030	0.021	0.014
396	0.045	0.064	0.088	0.192	0.297	0.321	0.250	0.154	0.083	0.066	0.052
397	0.004	0.009	0.020	0.148	0.557	0.790	0.465	0.169	0.051	0.034	0.022
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.878	1.277	1.834	5.073	9.291	10.366	7.847	3.779	1.451	1.036	0.732



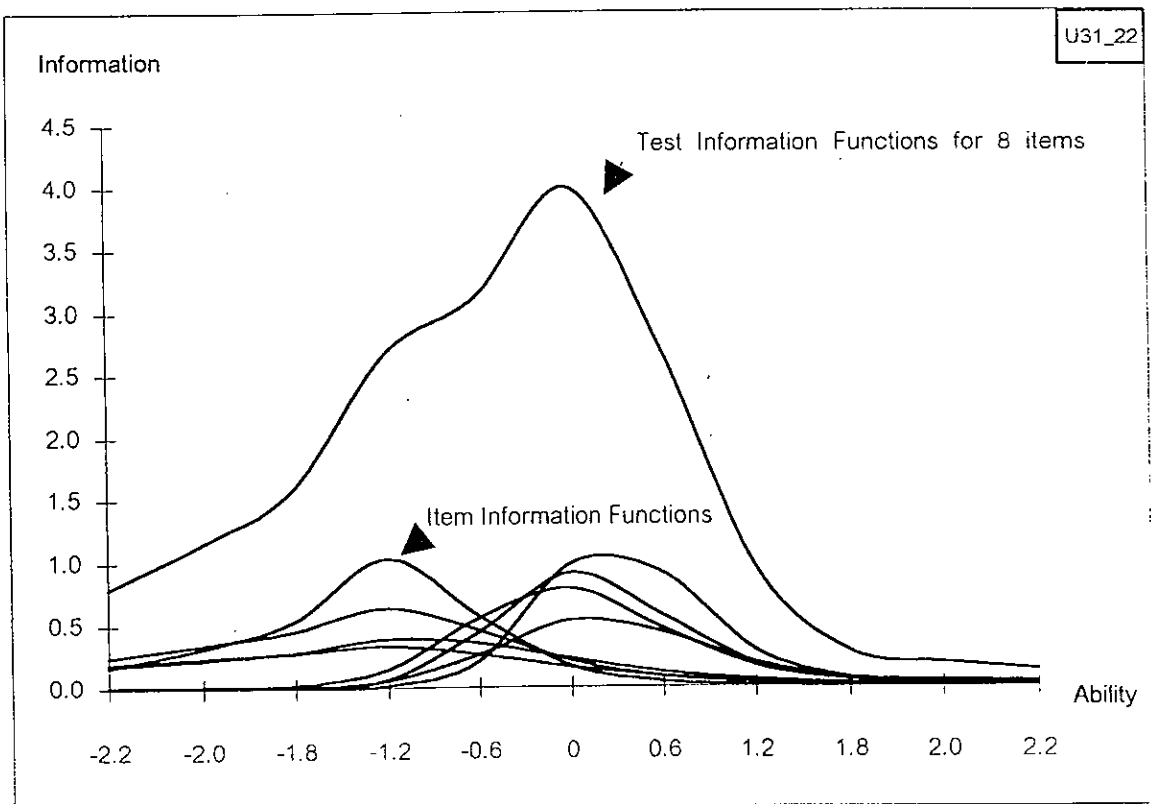
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P31_20 และ P31_18 จำนวน 23 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
30	0.000	0.001	0.002	0.018	0.124	0.457	0.707	0.479	0.197	0.139	0.096
39	0.032	0.059	0.104	0.389	0.698	0.578	0.276	0.102	0.034	0.023	0.016
40	0.005	0.009	0.016	0.077	0.251	0.475	0.489	0.305	0.141	0.105	0.078
45	0.002	0.003	0.007	0.055	0.266	0.539	0.437	0.195	0.067	0.046	0.031
57	0.010	0.020	0.038	0.192	0.505	0.592	0.352	0.144	0.050	0.035	0.024
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019
114	0.012	0.024	0.046	0.226	0.536	0.542	0.287	0.110	0.037	0.025	0.017
118	0.001	0.003	0.005	0.033	0.150	0.396	0.521	0.366	0.173	0.128	0.094
122	0.001	0.002	0.004	0.030	0.148	0.414	0.553	0.379	0.172	0.126	0.091
142	0.023	0.040	0.068	0.243	0.461	0.442	0.252	0.109	0.041	0.030	0.021
149	0.001	0.001	0.003	0.029	0.185	0.583	0.749	0.437	0.165	0.114	0.078
154	0.003	0.012	0.042	0.842	1.823	0.514	0.076	0.010	0.001	0.001	0.000
276	0.020	0.031	0.048	0.141	0.286	0.372	0.316	0.195	0.100	0.078	0.060
278	0.000	0.001	0.002	0.018	0.151	0.572	0.738	0.386	0.129	0.086	0.057
290	0.001	0.002	0.003	0.022	0.110	0.316	0.424	0.290	0.133	0.097	0.071
312	0.005	0.008	0.015	0.076	0.254	0.479	0.485	0.297	0.136	0.101	0.074
314	0.057	0.114	0.211	0.727	0.827	0.390	0.122	0.033	0.009	0.006	0.004
355	0.000	0.000	0.000	0.003	0.041	0.346	1.018	0.847	0.303	0.197	0.126
362	0.050	0.080	0.125	0.339	0.516	0.440	0.244	0.107	0.043	0.031	0.022
385	0.028	0.051	0.090	0.337	0.595	0.487	0.235	0.088	0.030	0.021	0.014
396	0.045	0.064	0.088	0.192	0.297	0.321	0.250	0.154	0.083	0.066	0.052
397	0.004	0.009	0.020	0.148	0.557	0.790	0.465	0.169	0.051	0.034	0.022
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.264	0.467	0.821	3.736	8.367	10.433	9.011	4.795	1.837	1.292	0.900



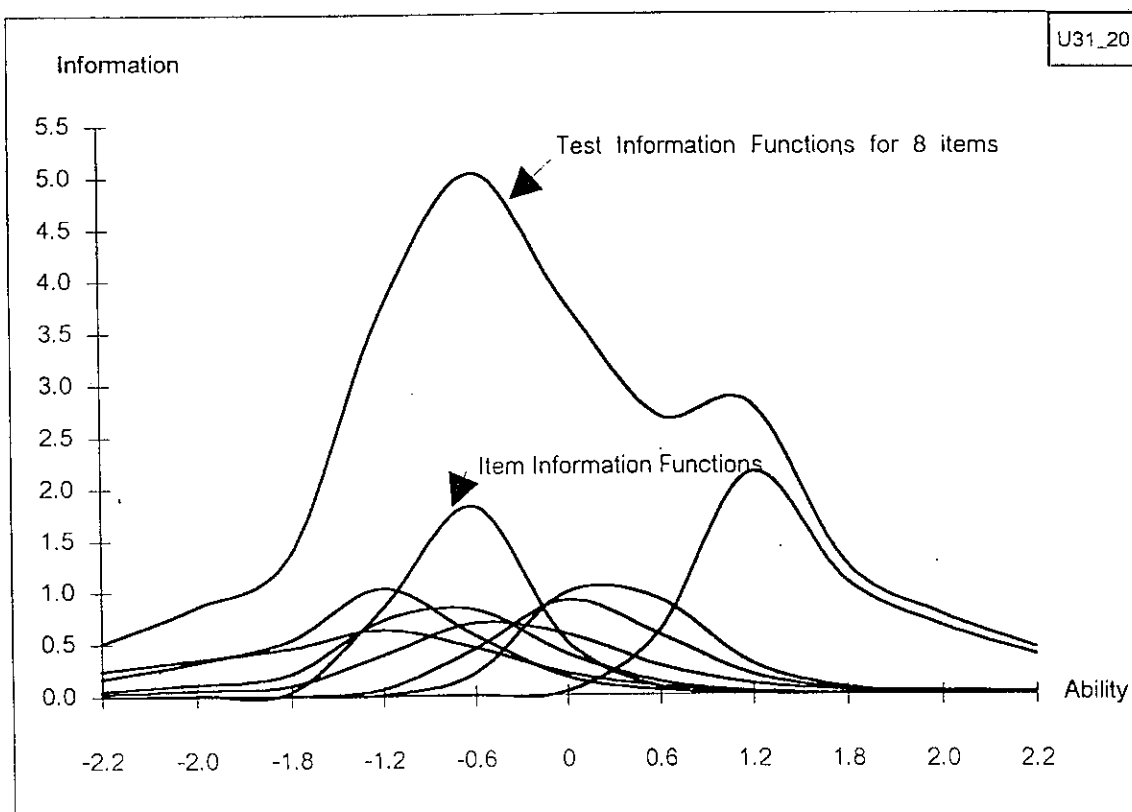
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U31_22 จำนวน 8 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
45	0.002	0.003	0.007	0.055	0.266	0.539	0.437	0.195	0.067	0.046	0.031
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001
144	0.193	0.237	0.278	0.333	0.266	0.159	0.081	0.038	0.017	0.013	0.010
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
357	0.178	0.229	0.282	0.391	0.353	0.226	0.118	0.055	0.024	0.018	0.014
397	0.004	0.009	0.020	0.148	0.557	0.790	0.465	0.169	0.051	0.034	0.022
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.791	1.147	1.588	2.679	3.129	3.991	2.708	0.974	0.284	0.189	0.125



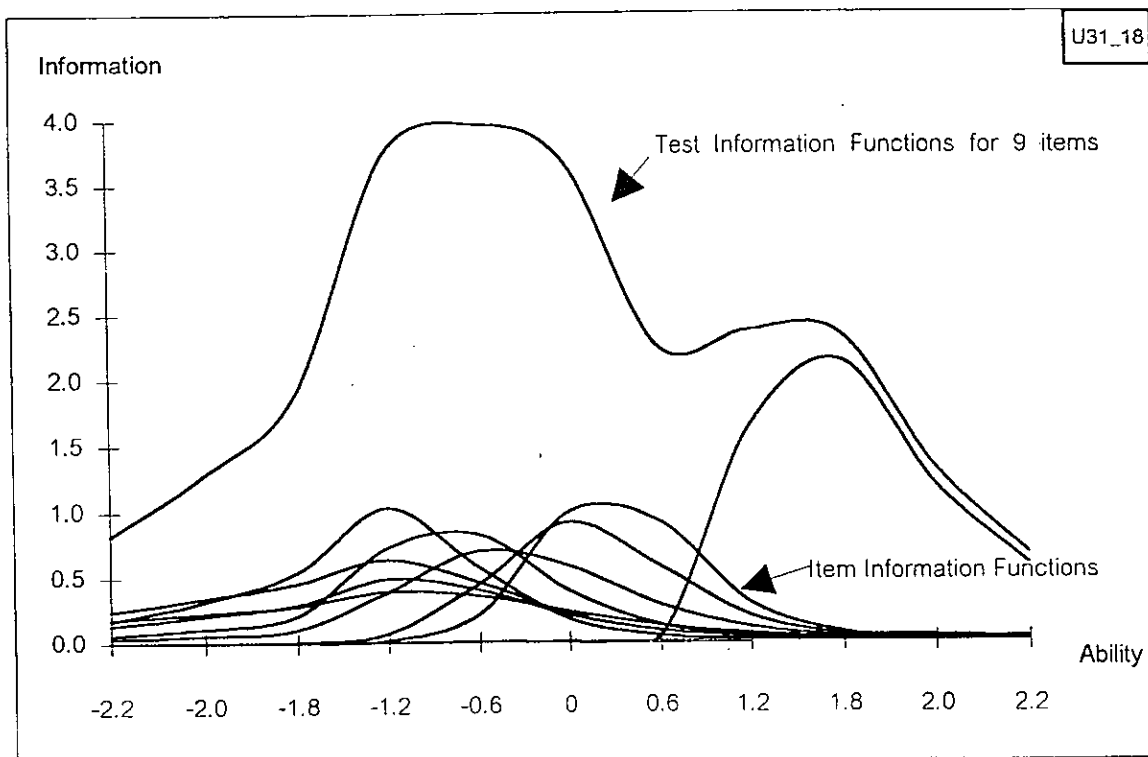
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U31_20 จำนวน 8 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
39	0.032	0.059	0.104	0.389	0.698	0.578	0.276	0.102	0.034	0.023	0.016
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001
154	0.003	0.012	0.042	0.842	1.823	0.514	0.076	0.010	0.001	0.001	0.000
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
223	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.035	0.613	2.147	1.093	0.663	0.378
314	0.057	0.114	0.211	0.727	0.827	0.390	0.122	0.033	0.009	0.006	0.004
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.506	0.854	1.358	3.710	5.036	3.794	2.694	2.809	1.262	0.771	0.446



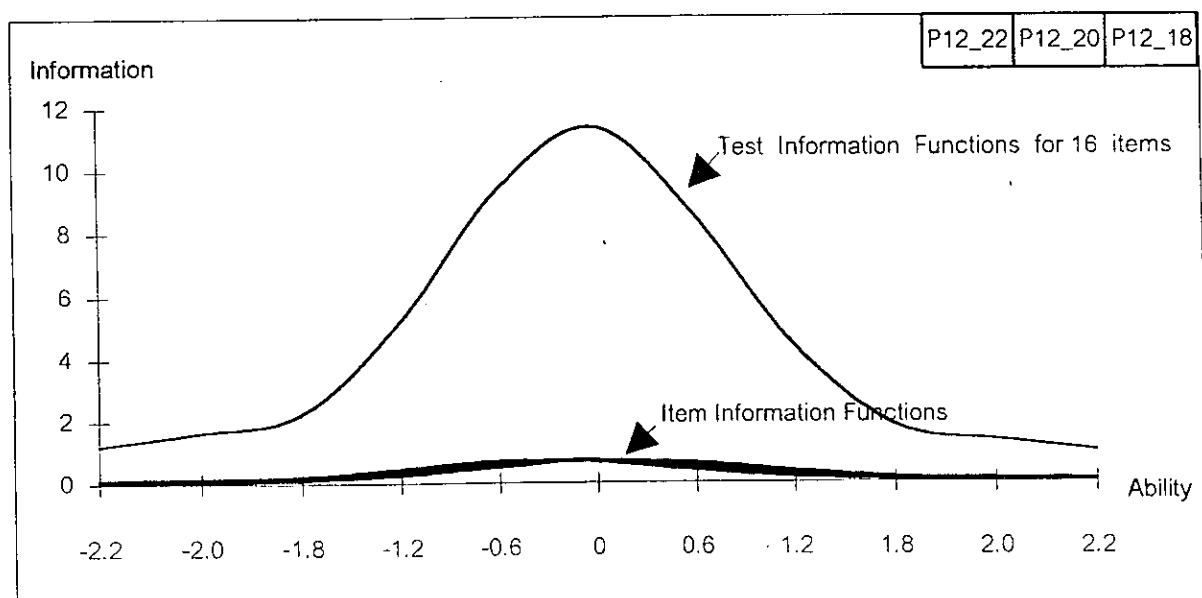
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U31_18 จำนวน 9 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ											
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2	
39	0.032	0.059	0.104	0.389	0.698	0.578	0.276	0.102	0.034	0.023	0.016	
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019	
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001	
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005	
244	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	1.628	2.138	1.200	0.585	
259	0.137	0.207	0.292	0.491	0.400	0.200	0.079	0.028	0.010	0.007	0.005	
314	0.057	0.114	0.211	0.727	0.827	0.390	0.122	0.033	0.009	0.006	0.004	
357	0.178	0.229	0.282	0.391	0.353	0.226	0.118	0.055	0.024	0.018	0.014	
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023	
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.818	1.278	1.890	3.750	3.965	3.671	2.242	2.363	2.340	1.332	0.672	



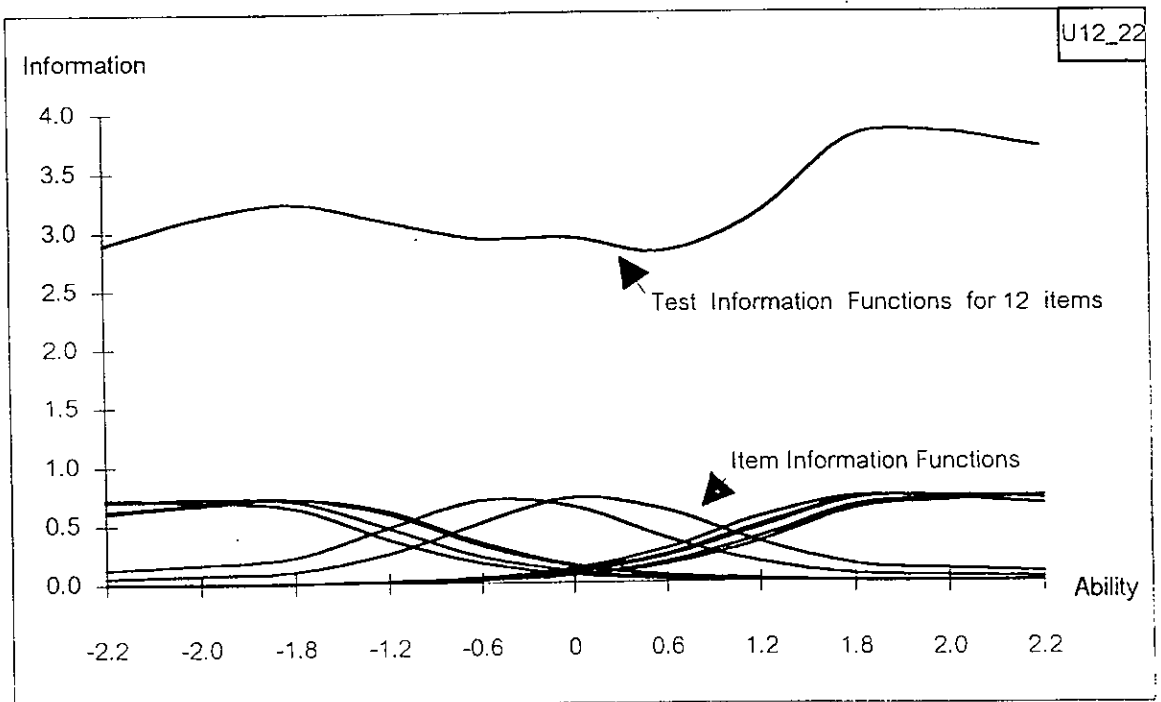
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P12_22, P12_20 และ P12_18 จำนวน 16 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
40	0.067	0.093	0.127	0.301	0.571	0.722	0.555	0.288	0.120	0.088	0.064
116	0.062	0.086	0.118	0.282	0.549	0.722	0.577	0.306	0.130	0.095	0.069
118	0.055	0.076	0.104	0.255	0.513	0.716	0.610	0.338	0.146	0.107	0.078
122	0.055	0.076	0.104	0.255	0.513	0.716	0.610	0.338	0.146	0.107	0.078
188	0.067	0.092	0.127	0.300	0.570	0.722	0.556	0.289	0.121	0.088	0.064
223	0.125	0.170	0.227	0.474	0.704	0.642	0.373	0.165	0.065	0.047	0.033
277	0.099	0.135	0.182	0.402	0.664	0.690	0.444	0.207	0.083	0.060	0.043
309	0.050	0.070	0.096	0.236	0.487	0.709	0.631	0.361	0.159	0.117	0.085
312	0.054	0.074	0.102	0.250	0.507	0.715	0.615	0.344	0.149	0.109	0.080
342	0.077	0.106	0.144	0.335	0.607	0.717	0.516	0.257	0.106	0.077	0.056
349	0.081	0.111	0.150	0.346	0.618	0.714	0.504	0.248	0.101	0.074	0.053
361	0.075	0.103	0.140	0.327	0.599	0.719	0.525	0.264	0.109	0.079	0.057
364	0.086	0.117	0.160	0.363	0.633	0.708	0.485	0.235	0.095	0.069	0.050
375	0.087	0.119	0.161	0.366	0.635	0.707	0.482	0.232	0.094	0.068	0.049
400	0.072	0.100	0.136	0.319	0.590	0.720	0.535	0.271	0.112	0.082	0.059
402	0.085	0.116	0.158	0.360	0.631	0.709	0.488	0.237	0.096	0.070	0.050
สารสนเทศแบบทดสอบ	1.197	1.644	2.236	5.171	9.391	11.348	8.506	4.380	1.832	1.337	0.968



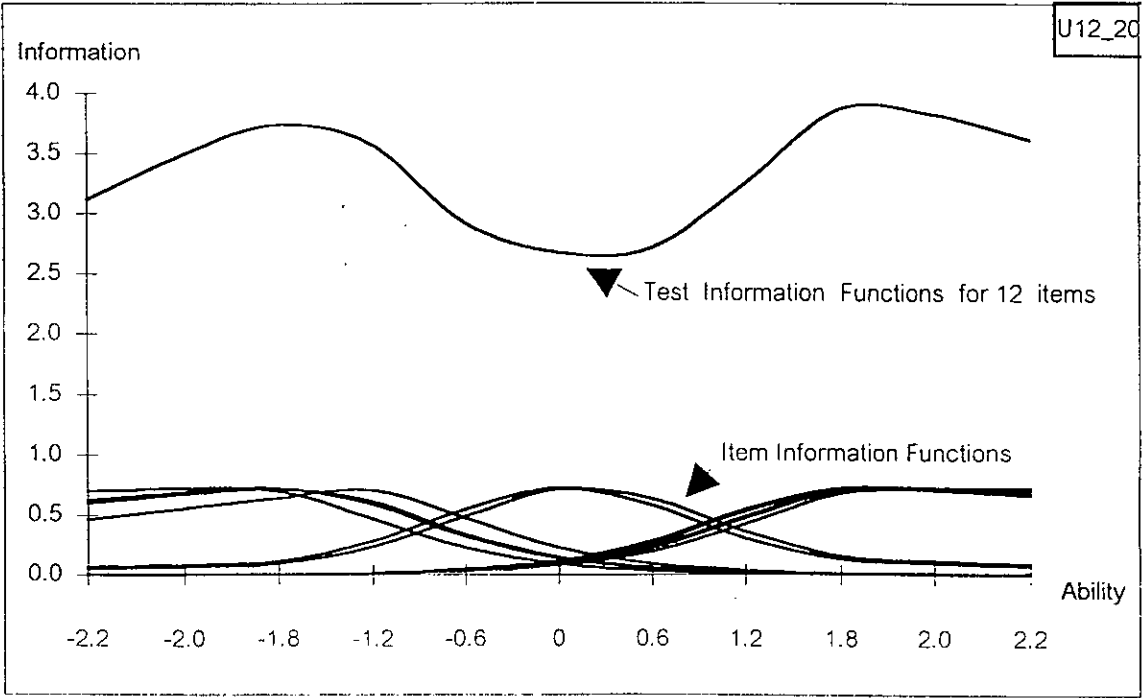
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U12_22 จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
4	0.723	0.700	0.642	0.374	0.165	0.065	0.024	0.009	0.003	0.002	0.002
6	0.003	0.004	0.006	0.017	0.045	0.118	0.284	0.550	0.722	0.707	0.655
54	0.002	0.003	0.004	0.012	0.034	0.089	0.222	0.466	0.700	0.722	0.704
101	0.602	0.675	0.716	0.610	0.339	0.146	0.057	0.021	0.008	0.005	0.004
114	0.621	0.687	0.720	0.591	0.320	0.136	0.052	0.019	0.007	0.005	0.004
115	0.002	0.003	0.005	0.013	0.036	0.096	0.236	0.488	0.709	0.722	0.694
118	0.055	0.076	0.104	0.255	0.513	0.716	0.610	0.338	0.146	0.107	0.078
122	0.055	0.076	0.104	0.255	0.513	0.716	0.610	0.338	0.146	0.107	0.078
155	0.002	0.002	0.003	0.009	0.025	0.067	0.171	0.383	0.650	0.705	0.722
169	0.001	0.002	0.003	0.008	0.022	0.059	0.152	0.348	0.620	0.687	0.720
223	0.125	0.170	0.227	0.474	0.704	0.642	0.373	0.165	0.065	0.047	0.033
282	0.702	0.723	0.702	0.470	0.224	0.090	0.034	0.012	0.005	0.003	0.002
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.893	3.121	3.237	3.088	2.939	2.940	2.825	3.137	3.781	3.820	3.695



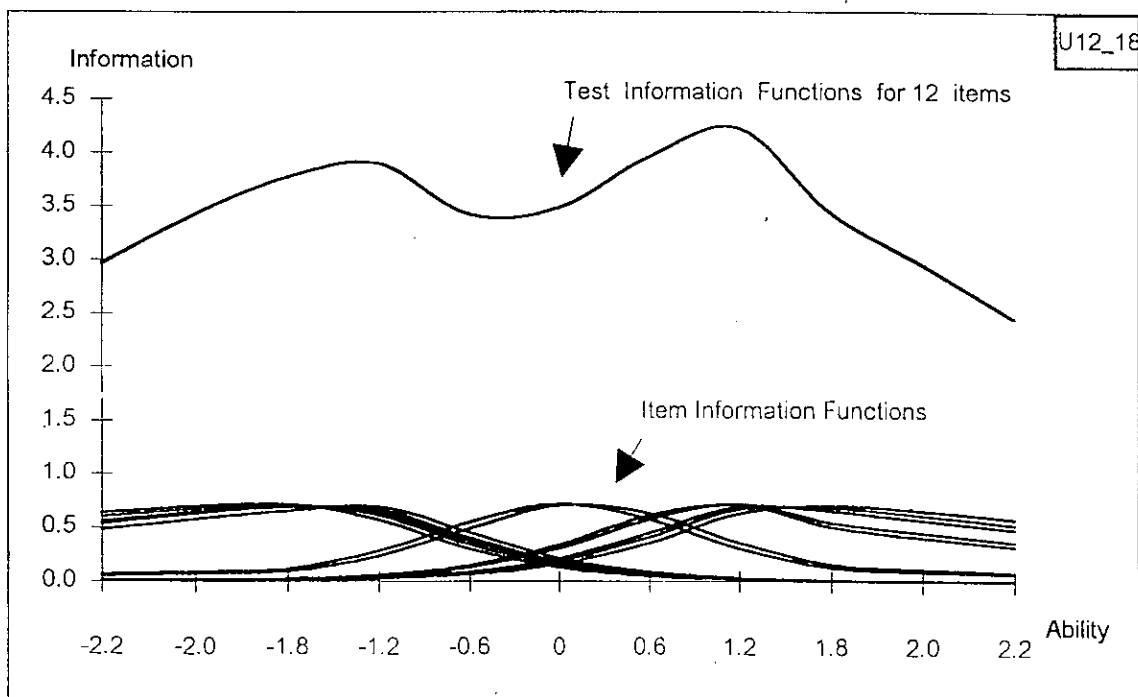
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U12_20 จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
57	0.602	0.674	0.716	0.611	0.339	0.147	0.057	0.021	0.008	0.005	0.004
87	0.003	0.004	0.006	0.017	0.045	0.118	0.282	0.549	0.722	0.708	0.656
101	0.602	0.675	0.716	0.610	0.339	0.146	0.057	0.021	0.008	0.005	0.004
113	0.003	0.004	0.006	0.015	0.042	0.111	0.267	0.530	0.720	0.714	0.669
114	0.621	0.687	0.720	0.591	0.320	0.136	0.052	0.019	0.007	0.005	0.004
115	0.002	0.003	0.005	0.013	0.036	0.096	0.236	0.488	0.709	0.722	0.694
116	0.062	0.086	0.118	0.282	0.549	0.722	0.577	0.306	0.130	0.095	0.069
137	0.002	0.003	0.004	0.011	0.029	0.078	0.196	0.425	0.679	0.718	0.717
142	0.464	0.558	0.641	0.704	0.475	0.228	0.092	0.035	0.013	0.009	0.006
282	0.702	0.723	0.702	0.470	0.224	0.090	0.034	0.012	0.005	0.003	0.002
309	0.050	0.070	0.096	0.236	0.487	0.709	0.631	0.361	0.159	0.117	0.085
315	0.002	0.003	0.005	0.013	0.035	0.092	0.228	0.475	0.704	0.722	0.700
สารสนเทศแบบทดสอบ	3.115	3.490	3.735	3.573	2.919	2.673	2.709	3.242	3.863	3.824	3.610



รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U12_18 จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ											
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2	
35	0.005	0.007	0.010	0.028	0.074	0.188	0.413	0.671	0.683	0.615	0.527	
39	0.536	0.622	0.688	0.665	0.404	0.183	0.072	0.027	0.010	0.007	0.005	
45	0.562	0.645	0.702	0.645	0.378	0.168	0.066	0.024	0.009	0.006	0.005	
100	0.483	0.575	0.655	0.696	0.456	0.215	0.086	0.032	0.012	0.008	0.006	
116	0.062	0.086	0.118	0.282	0.549	0.722	0.577	0.306	0.130	0.095	0.069	
121	0.004	0.006	0.008	0.023	0.062	0.159	0.362	0.632	0.708	0.657	0.578	
218	0.011	0.015	0.021	0.058	0.149	0.343	0.615	0.715	0.507	0.413	0.326	
243	0.009	0.013	0.018	0.050	0.130	0.306	0.576	0.722	0.549	0.456	0.364	
252	0.006	0.008	0.012	0.032	0.086	0.215	0.456	0.696	0.655	0.575	0.483	
255	0.600	0.673	0.716	0.612	0.341	0.147	0.057	0.021	0.008	0.005	0.004	
267	0.638	0.698	0.722	0.571	0.301	0.127	0.049	0.018	0.007	0.005	0.003	
309	0.050	0.070	0.096	0.236	0.487	0.709	0.631	0.361	0.159	0.117	0.085	
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.966	3.419	3.766	3.899	3.418	3.482	3.960	4.226	3.437	2.960	2.454	

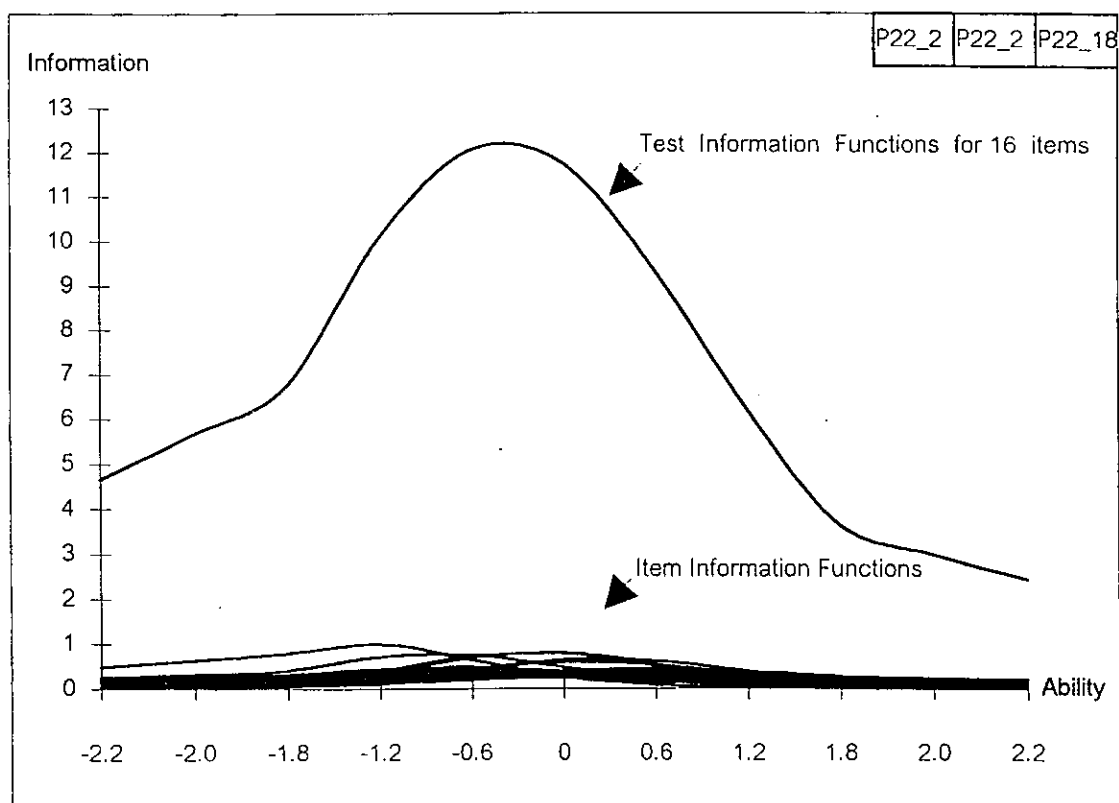


รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P22_22, P22_20 และ P22_18 จำนวน 33 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
39	0.202	0.239	0.278	0.378	0.394	0.311	0.196	0.108	0.054	0.043	0.034
45	0.194	0.222	0.250	0.315	0.317	0.255	0.171	0.101	0.056	0.045	0.036
46	0.117	0.137	0.159	0.227	0.277	0.277	0.228	0.159	0.099	0.083	0.069
57	0.217	0.259	0.302	0.413	0.421	0.320	0.193	0.101	0.049	0.038	0.030
77	0.186	0.229	0.277	0.423	0.478	0.387	0.238	0.123	0.058	0.045	0.034
101	0.228	0.262	0.295	0.363	0.345	0.258	0.160	0.088	0.046	0.036	0.029
130	0.165	0.190	0.216	0.283	0.303	0.262	0.188	0.118	0.068	0.056	0.045
153	0.240	0.319	0.414	0.714	0.749	0.468	0.208	0.079	0.028	0.020	0.014
154	0.485	0.633	0.786	0.995	0.639	0.259	0.086	0.027	0.008	0.005	0.004
168	0.196	0.226	0.255	0.325	0.329	0.264	0.175	0.102	0.055	0.045	0.036
173	0.086	0.101	0.118	0.176	0.232	0.259	0.241	0.189	0.129	0.111	0.095
199	0.214	0.247	0.280	0.353	0.346	0.266	0.169	0.095	0.050	0.040	0.032
213	0.075	0.105	0.146	0.359	0.678	0.795	0.539	0.248	0.095	0.067	0.048
217	0.062	0.077	0.096	0.175	0.281	0.369	0.373	0.290	0.183	0.152	0.125
219	0.063	0.084	0.111	0.241	0.440	0.585	0.518	0.318	0.155	0.119	0.090
221	0.086	0.120	0.166	0.396	0.707	0.771	0.494	0.221	0.084	0.060	0.042
223	0.048	0.065	0.088	0.208	0.422	0.631	0.608	0.383	0.183	0.138	0.103
225	0.092	0.114	0.139	0.237	0.340	0.383	0.329	0.224	0.130	0.106	0.085
231	0.057	0.069	0.083	0.140	0.213	0.278	0.298	0.259	0.187	0.162	0.139
232	0.060	0.073	0.087	0.142	0.208	0.264	0.278	0.240	0.174	0.152	0.131
233	0.059	0.073	0.092	0.168	0.274	0.366	0.377	0.298	0.191	0.159	0.130
234	0.058	0.070	0.084	0.139	0.208	0.267	0.285	0.248	0.181	0.158	0.136
237	0.048	0.061	0.078	0.155	0.276	0.401	0.439	0.353	0.221	0.182	0.147
238	0.042	0.053	0.066	0.126	0.219	0.323	0.380	0.342	0.241	0.206	0.173
241	0.036	0.045	0.057	0.111	0.200	0.310	0.385	0.365	0.267	0.230	0.194
244	0.056	0.071	0.089	0.173	0.293	0.403	0.418	0.322	0.198	0.162	0.131
281	0.152	0.176	0.200	0.266	0.293	0.262	0.194	0.125	0.074	0.061	0.050
354	0.224	0.269	0.317	0.436	0.441	0.328	0.192	0.098	0.046	0.036	0.028
362	0.194	0.224	0.255	0.327	0.334	0.269	0.179	0.104	0.056	0.045	0.036

รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P22_22, P22_20 และ P22_18 จำนวน 33 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
384	0.169	0.194	0.221	0.288	0.306	0.263	0.187	0.116	0.066	0.054	0.044
385	0.254	0.291	0.326	0.388	0.352	0.249	-0.147	0.078	0.039	0.031	0.024
397	0.168	0.203	0.241	0.356	0.409	0.352	0.236	0.133	0.068	0.054	0.042
404	0.128	0.152	0.178	0.261	0.316	0.307	0.240	0.158	0.092	0.076	0.062
สารสนเทศแบบทดสอบ	4.661	5.653	6.750	10.057	12.040	11.762	9.349	6.213	3.631	2.977	2.418

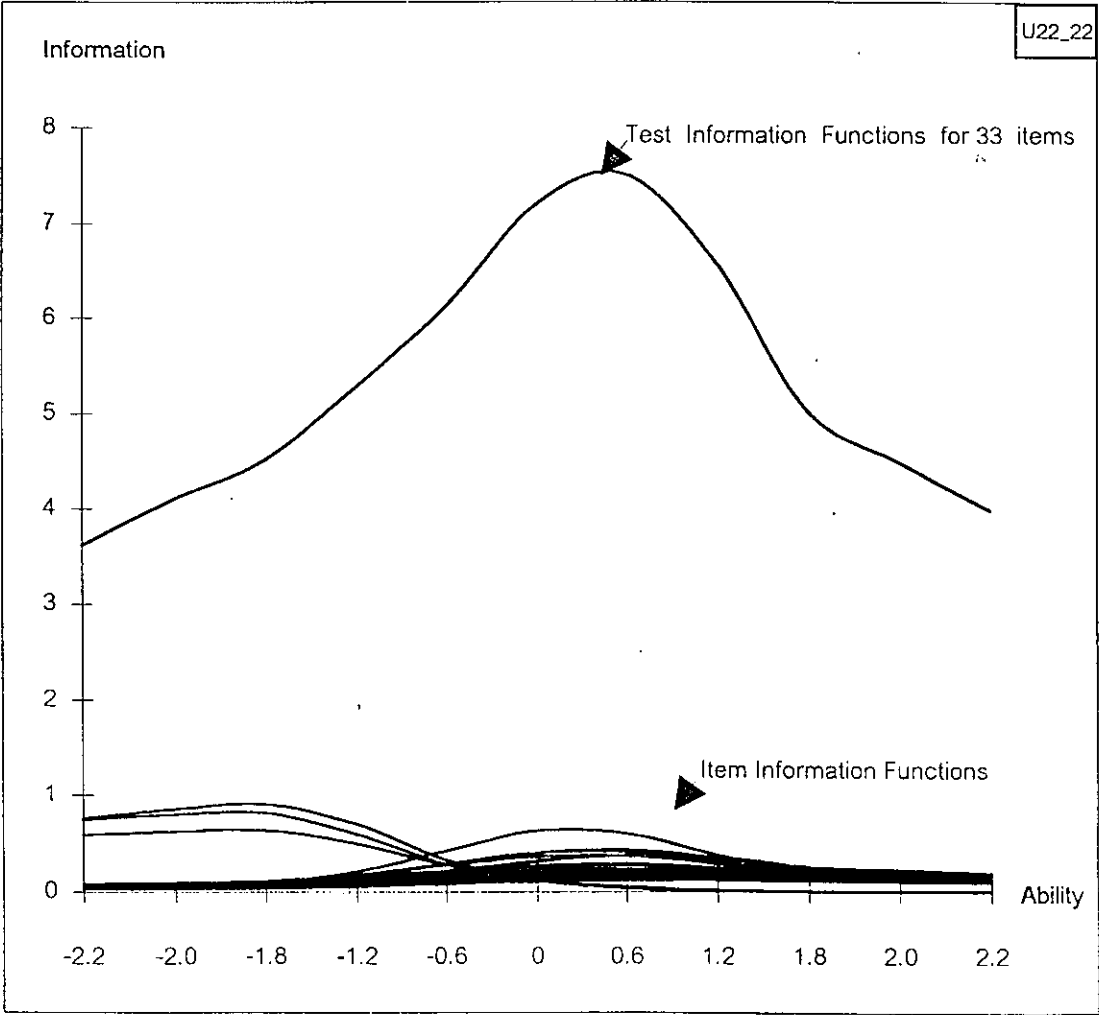


รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ B22_22 จำนวน 33 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
30	0.066	0.075	0.085	0.119	0.153	0.175	0.177	0.158	0.126	0.115	0.103
37	0.077	0.089	0.104	0.152	0.200	0.228	0.221	0.183	0.133	0.117	0.102
88	0.070	0.080	0.092	0.131	0.171	0.196	0.196	0.171	0.132	0.118	0.105
95	0.743	0.807	0.823	0.597	0.283	0.109	0.038	0.013	0.004	0.003	0.002
108	0.064	0.072	0.082	0.113	0.144	0.165	0.169	0.153	0.124	0.113	0.103
121	0.038	0.044	0.050	0.072	0.098	0.124	0.145	0.152	0.143	0.137	0.129
128	0.061	0.069	0.079	0.111	0.144	0.169	0.175	0.161	0.131	0.120	0.109
136	0.759	0.860	0.910	0.705	0.332	0.122	0.041	0.013	0.004	0.003	0.002
149	0.081	0.095	0.111	0.165	0.219	0.248	0.236	0.189	0.133	0.115	0.099
150	0.059	0.069	0.079	0.114	0.153	0.183	0.193	0.177	0.143	0.130	0.117
189	0.586	0.628	0.639	0.503	0.277	0.124	0.051	0.020	0.008	0.006	0.004
214	0.061	0.072	0.084	0.128	0.177	0.217	0.228	0.204	0.157	0.140	0.124
217	0.062	0.077	0.096	0.175	0.281	0.369	0.373	0.290	0.183	0.152	0.125
218	0.029	0.035	0.041	0.065	0.099	0.140	0.180	0.203	0.198	0.190	0.180
220	0.049	0.059	0.069	0.110	0.161	0.210	0.236	0.225	0.182	0.164	0.147
222	0.036	0.042	0.048	0.070	0.097	0.126	0.150	0.160	0.152	0.146	0.138
223	0.048	0.065	0.088	0.208	0.422	0.631	0.608	0.383	0.183	0.138	0.103
231	0.057	0.069	0.083	0.140	0.213	0.278	0.298	0.259	0.187	0.162	0.139
232	0.060	0.073	0.087	0.142	0.208	0.264	0.278	0.240	0.174	0.152	0.131
233	0.059	0.073	0.092	0.168	0.274	0.366	0.377	0.298	0.191	0.159	0.130
234	0.058	0.070	0.084	0.139	0.208	0.267	0.285	0.248	0.181	0.158	0.136
237	0.048	0.061	0.078	0.155	0.276	0.401	0.439	0.353	0.221	0.182	0.147
238	0.042	0.053	0.066	0.126	0.219	0.323	0.380	0.342	0.241	0.206	0.173
239	0.027	0.032	0.037	0.056	0.082	0.113	0.144	0.165	0.168	0.165	0.159
240	0.043	0.048	0.054	0.073	0.093	0.111	0.123	0.124	0.115	0.110	0.104
241	0.036	0.045	0.057	0.111	0.200	0.310	0.385	0.365	0.267	0.230	0.194
242	0.032	0.038	0.045	0.072	0.110	0.154	0.193	0.211	0.199	0.189	0.176
243	0.028	0.033	0.038	0.058	0.085	0.118	0.149	0.169	0.170	0.166	0.160
244	0.056	0.071	0.089	0.173	0.293	0.403	0.418	0.322	0.198	0.162	0.131

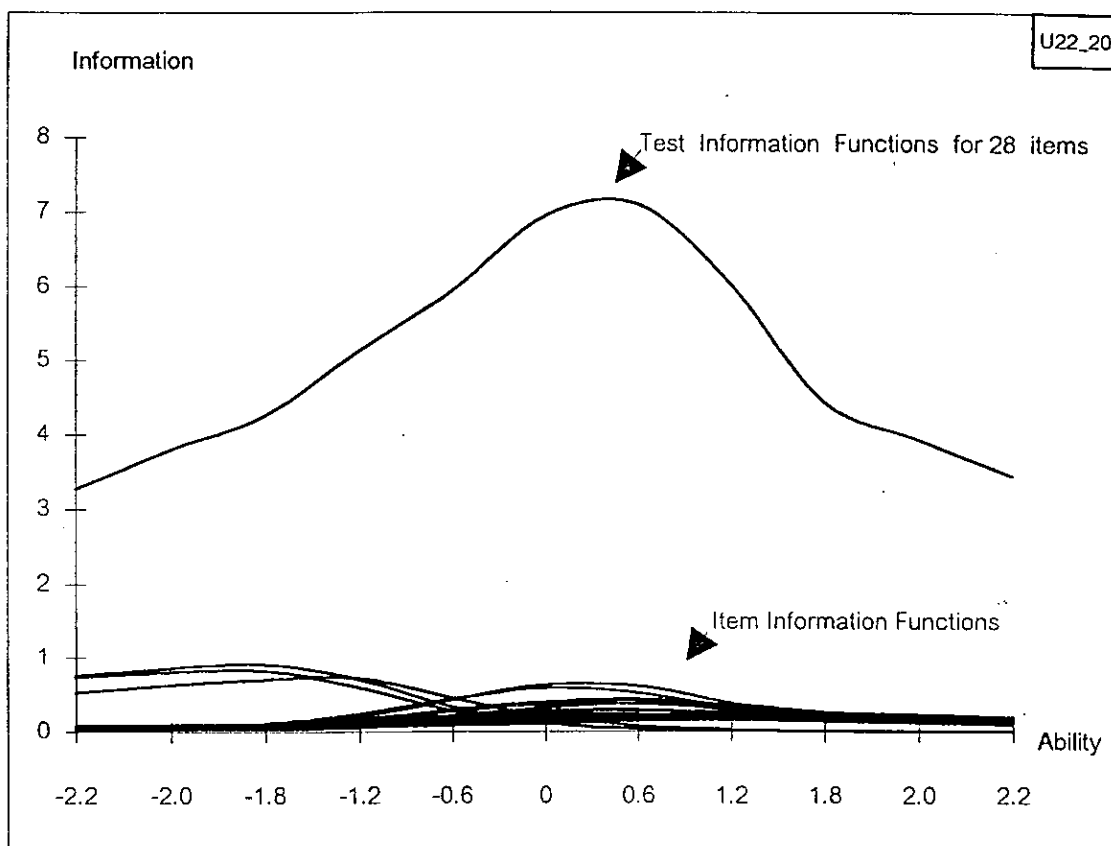
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U22_22 จำนวน 33 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
245	0.032	0.037	0.043	0.066	0.098	0.134	0.166	0.183	0.178	0.171	0.162
311	0.058	0.067	0.076	0.107	0.140	0.166	0.174	0.162	0.134	0.123	0.112
315	0.035	0.039	0.044	0.062	0.083	0.104	0.122	0.130	0.127	0.123	0.119
355	0.047	0.054	0.061	0.088	0.118	0.146	0.163	0.162	0.143	0.134	0.125
สารสนเทศแบบทดสอบ	3.607	4.101	4.514	5.274	6.111	7.194	7.511	6.588	5.030	4.499	3.990



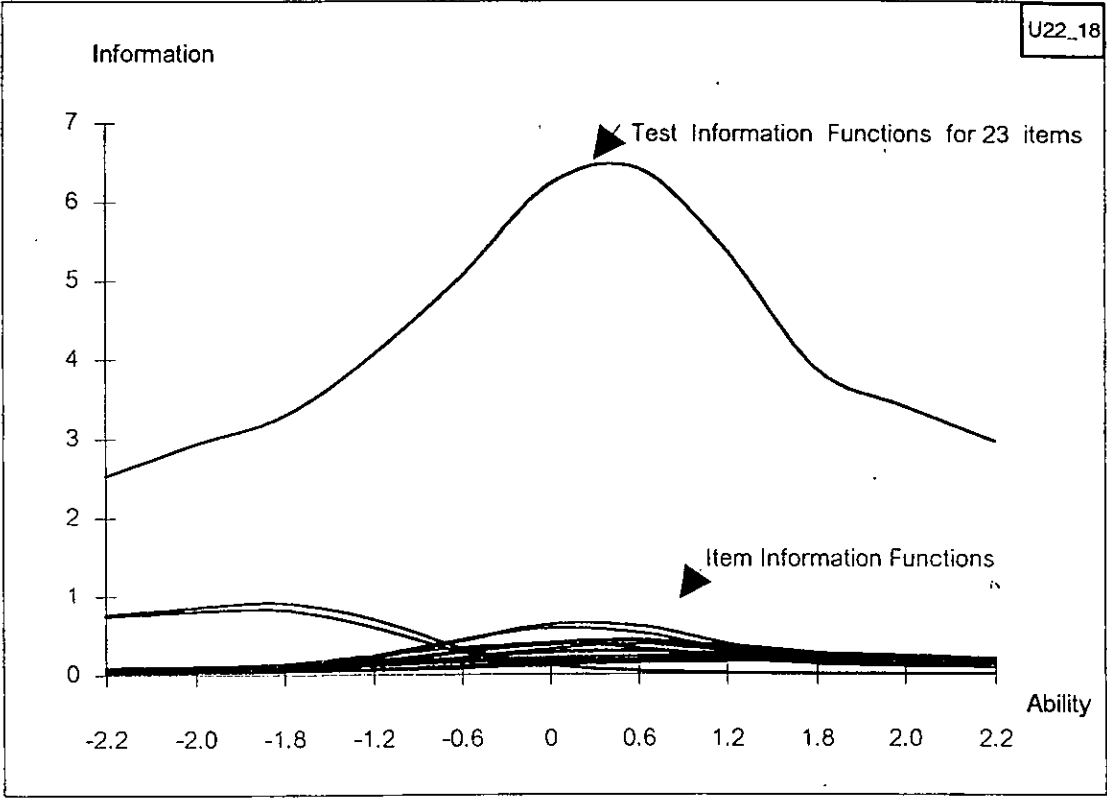
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U22_20 จำนวน 28 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
18	0.526	0.625	0.708	0.723	0.447	0.200	0.077	0.028	0.010	0.007	0.005
37	0.077	0.089	0.104	0.152	0.200	0.228	0.221	0.183	0.133	0.117	0.102
95	0.743	0.807	0.823	0.597	0.283	0.109	0.038	0.013	0.004	0.003	0.002
121	0.038	0.044	0.050	0.072	0.098	0.124	0.145	0.152	0.143	0.137	0.129
136	0.759	0.860	0.910	0.705	0.332	0.122	0.041	0.013	0.004	0.003	0.002
149	0.081	0.095	0.111	0.165	0.219	0.248	0.236	0.189	0.133	0.115	0.099
150	0.059	0.069	0.079	0.114	0.153	0.183	0.193	0.177	0.143	0.130	0.117
214	0.061	0.072	0.084	0.128	0.177	0.217	0.228	0.204	0.157	0.140	0.124
217	0.062	0.077	0.096	0.175	0.281	0.369	0.373	0.290	0.183	0.152	0.125
218	0.029	0.035	0.041	0.065	0.099	0.140	0.180	0.203	0.198	0.190	0.180
219	0.063	0.084	0.111	0.241	0.440	0.585	0.518	0.318	0.155	0.119	0.090
220	0.049	0.059	0.069	0.110	0.161	0.210	0.236	0.225	0.182	0.164	0.147
222	0.036	0.042	0.048	0.070	0.097	0.126	0.150	0.160	0.152	0.146	0.138
223	0.048	0.065	0.088	0.208	0.422	0.631	0.608	0.383	0.183	0.138	0.103
231	0.057	0.069	0.083	0.140	0.213	0.278	0.298	0.259	0.187	0.162	0.139
232	0.060	0.073	0.087	0.142	0.208	0.264	0.278	0.240	0.174	0.152	0.131
233	0.059	0.073	0.092	0.168	0.274	0.366	0.377	0.298	0.191	0.159	0.130
234	0.058	0.070	0.084	0.139	0.208	0.267	0.285	0.248	0.181	0.158	0.136
237	0.048	0.061	0.078	0.155	0.276	0.401	0.439	0.353	0.221	0.182	0.147
238	0.042	0.053	0.066	0.126	0.219	0.323	0.380	0.342	0.241	0.206	0.173
239	0.027	0.032	0.037	0.056	0.082	0.113	0.144	0.165	0.168	0.165	0.159
241	0.036	0.045	0.057	0.111	0.200	0.310	0.385	0.365	0.267	0.230	0.194
242	0.032	0.038	0.045	0.072	0.110	0.154	0.193	0.211	0.199	0.189	0.176
243	0.028	0.033	0.038	0.058	0.085	0.118	0.149	0.169	0.170	0.166	0.160
244	0.056	0.071	0.089	0.173	0.293	0.403	0.418	0.322	0.198	0.162	0.131
245	0.032	0.037	0.043	0.066	0.098	0.134	0.166	0.183	0.178	0.171	0.162
311	0.058	0.067	0.076	0.107	0.140	0.166	0.174	0.162	0.134	0.123	0.112
355	0.047	0.054	0.061	0.088	0.118	0.146	0.163	0.162	0.143	0.134	0.125
สารสนเทศแบบทดสอบ	3.271	3.799	4.258	5.126	5.933	6.935	7.093	6.017	4.432	3.920	3.438



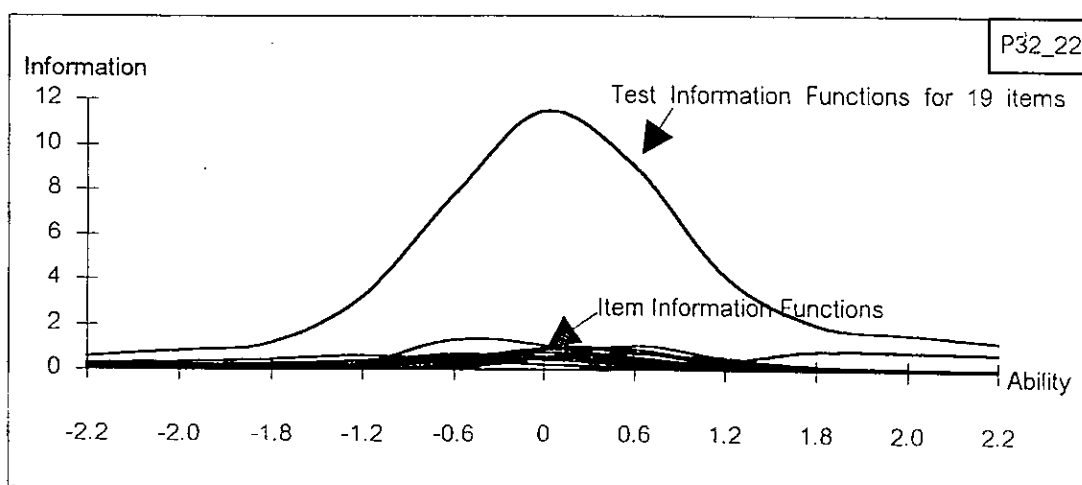
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U22_18 จำนวน 23 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
95	0.743	0.807	0.823	0.597	0.283	0.109	0.038	0.013	0.004	0.003	0.002
136	0.759	0.860	0.910	0.705	0.332	0.122	0.041	0.013	0.004	0.003	0.002
150	0.059	0.069	0.079	0.114	0.153	0.183	0.193	0.177	0.143	0.130	0.117
214	0.061	0.072	0.084	0.128	0.177	0.217	0.228	0.204	0.157	0.140	0.124
217	0.062	0.077	0.096	0.175	0.281	0.369	0.373	0.290	0.183	0.152	0.125
218	0.029	0.035	0.041	0.065	0.099	0.140	0.180	0.203	0.198	0.190	0.180
219	0.063	0.084	0.111	0.241	0.440	0.585	0.518	0.318	0.155	0.119	0.090
220	0.049	0.059	0.069	0.110	0.161	0.210	0.236	0.225	0.182	0.164	0.147
222	0.036	0.042	0.048	0.070	0.097	0.126	0.150	0.160	0.152	0.146	0.138
223	0.048	0.065	0.088	0.208	0.422	0.631	0.608	0.383	0.183	0.138	0.103
225	0.092	0.114	0.139	0.237	0.340	0.383	0.329	0.224	0.130	0.106	0.085
231	0.057	0.069	0.083	0.140	0.213	0.278	0.298	0.259	0.187	0.162	0.139
232	0.060	0.073	0.087	0.142	0.208	0.264	0.278	0.240	0.174	0.152	0.131
233	0.059	0.073	0.092	0.168	0.274	0.366	0.377	0.298	0.191	0.159	0.130
234	0.058	0.070	0.084	0.139	0.208	0.267	0.285	0.248	0.181	0.158	0.136
237	0.048	0.061	0.078	0.155	0.276	0.401	0.439	0.353	0.221	0.182	0.147
238	0.042	0.053	0.066	0.126	0.219	0.323	0.380	0.342	0.241	0.206	0.173
239	0.027	0.032	0.037	0.056	0.082	0.113	0.144	0.165	0.168	0.165	0.159
241	0.036	0.045	0.057	0.111	0.200	0.310	0.385	0.365	0.267	0.230	0.194
242	0.032	0.038	0.045	0.072	0.110	0.154	0.193	0.211	0.199	0.189	0.176
243	0.028	0.033	0.038	0.058	0.085	0.118	0.149	0.169	0.170	0.166	0.160
244	0.056	0.071	0.089	0.173	0.293	0.403	0.418	0.322	0.198	0.162	0.131
245	0.032	0.037	0.043	0.066	0.098	0.134	0.166	0.183	0.178	0.171	0.162
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.536	2.939	3.287	4.056	5.051	6.206	6.406	5.365	3.866	3.393	2.951



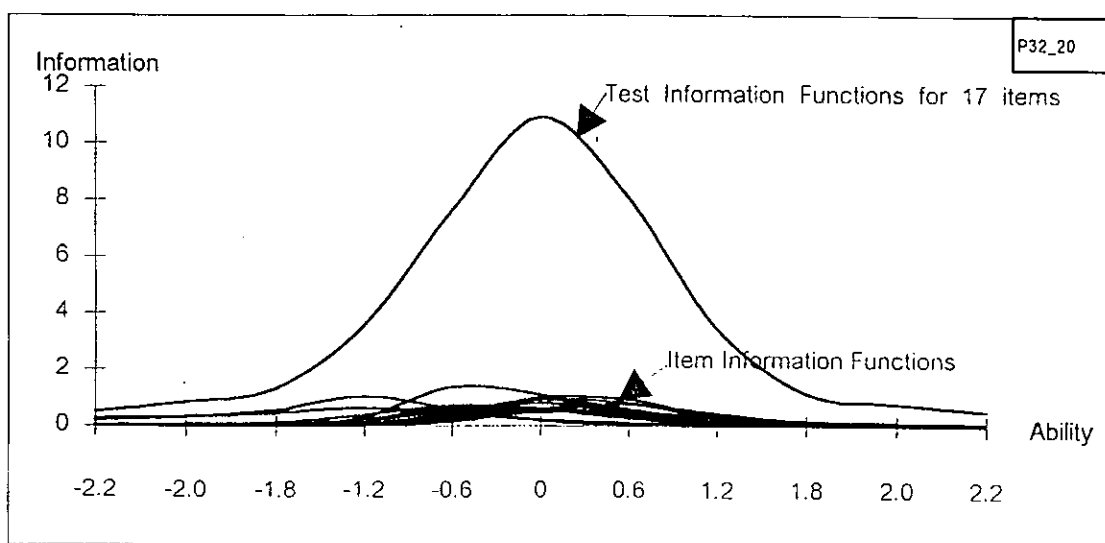
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P32_22 จำนวน 19 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
39	0.032	0.059	0.104	0.389	0.698	0.578	0.276	0.102	0.034	0.023	0.016
57	0.010	0.020	0.038	0.192	0.505	0.592	0.352	0.144	0.050	0.035	0.024
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019
116	0.000	0.000	0.000	0.003	0.057	0.530	1.100	0.523	0.129	0.077	0.046
147	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.059	0.374	0.847	0.853	0.764
149	0.001	0.001	0.003	0.029	0.185	0.583	0.749	0.437	0.165	0.114	0.078
153	0.002	0.006	0.018	0.293	1.341	1.087	0.295	0.058	0.011	0.006	0.003
168	0.012	0.023	0.043	0.202	0.493	0.554	0.329	0.137	0.049	0.034	0.024
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
278	0.000	0.001	0.002	0.018	0.151	0.572	0.738	0.386	0.129	0.086	0.057
281	0.004	0.009	0.017	0.098	0.340	0.568	0.452	0.219	0.084	0.059	0.042
282	0.008	0.018	0.036	0.231	0.623	0.599	0.275	0.091	0.027	0.018	0.012
349	0.000	0.000	0.001	0.021	0.235	0.895	0.795	0.272	0.066	0.041	0.025
354	0.069	0.111	0.168	0.416	0.568	0.435	0.223	0.093	0.036	0.026	0.018
357	0.178	0.229	0.282	0.391	0.353	0.226	0.118	0.055	0.024	0.018	0.014
359	0.000	0.001	0.002	0.017	0.136	0.532	0.745	0.423	0.150	0.101	0.067
384	0.001	0.003	0.006	0.070	0.403	0.793	0.518	0.182	0.051	0.033	0.021
397	0.004	0.009	0.020	0.148	0.557	0.790	0.465	0.169	0.051	0.034	0.022
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.566	0.838	1.202	3.239	7.760	11.447	9.055	4.172	2.026	1.635	1.280



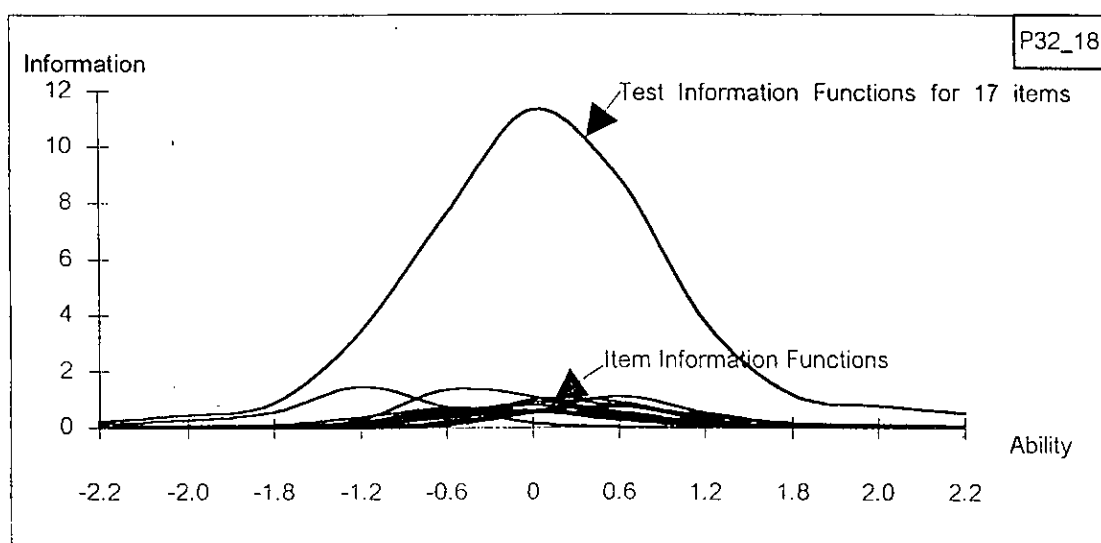
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P32_20 จำนวน 17 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
39	0.032	0.059	0.104	0.389	0.698	0.578	0.276	0.102	0.034	0.023	0.016
57	0.010	0.020	0.038	0.192	0.505	0.592	0.352	0.144	0.050	0.035	0.024
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001
149	0.001	0.001	0.003	0.029	0.185	0.583	0.749	0.437	0.165	0.114	0.078
153	0.002	0.006	0.018	0.293	1.341	1.087	0.295	0.058	0.011	0.006	0.003
168	0.012	0.023	0.043	0.202	0.493	0.554	0.329	0.137	0.049	0.034	0.024
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
278	0.000	0.001	0.002	0.018	0.151	0.572	0.738	0.386	0.129	0.086	0.057
281	0.004	0.009	0.017	0.098	0.340	0.568	0.452	0.219	0.084	0.059	0.042
282	0.008	0.018	0.036	0.231	0.623	0.599	0.275	0.091	0.027	0.018	0.012
312	0.005	0.008	0.015	0.076	0.254	0.479	0.485	0.297	0.136	0.101	0.074
349	0.000	0.000	0.001	0.021	0.235	0.895	0.795	0.272	0.066	0.041	0.025
359	0.000	0.001	0.002	0.017	0.136	0.532	0.745	0.423	0.150	0.101	0.067
384	0.001	0.003	0.006	0.070	0.403	0.793	0.518	0.182	0.051	0.033	0.021
397	0.004	0.009	0.020	0.148	0.557	0.790	0.465	0.169	0.051	0.034	0.022
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.493	0.827	1.306	3.536	7.608	10.899	8.081	3.434	1.128	0.763	0.513



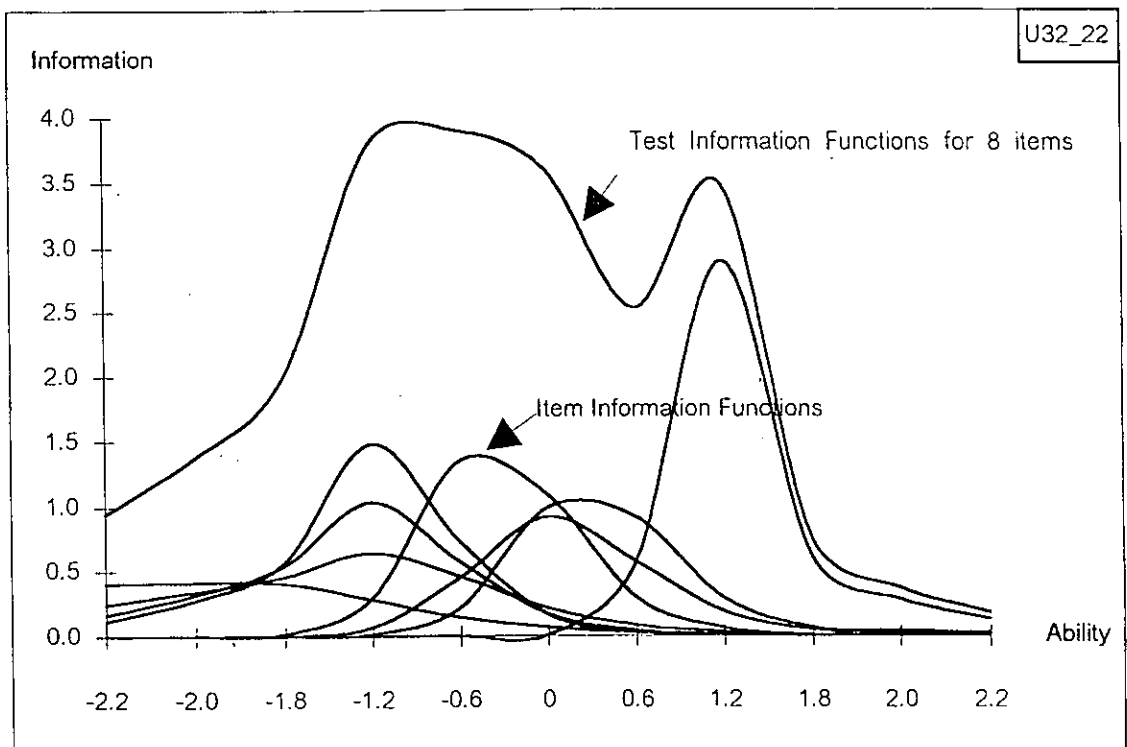
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P32_18 จำนวน 17 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
39	0.032	0.059	0.104	0.389	0.698	0.578	0.276	0.102	0.034	0.023	0.016
57	0.010	0.020	0.038	0.192	0.505	0.592	0.352	0.144	0.050	0.035	0.024
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019
100	0.008	0.015	0.029	0.155	0.443	0.556	0.344	0.143	0.050	0.035	0.024
116	0.000	0.000	0.000	0.003	0.057	0.530	1.100	0.523	0.129	0.077	0.046
136	0.119	0.279	0.565	1.478	0.728	0.164	0.030	0.005	0.001	0.001	0.000
149	0.001	0.001	0.003	0.029	0.185	0.583	0.749	0.437	0.165	0.114	0.078
153	0.002	0.006	0.018	0.293	1.341	1.087	0.295	0.058	0.011	0.006	0.003
168	0.012	0.023	0.043	0.202	0.493	0.554	0.329	0.137	0.049	0.034	0.024
278	0.000	0.001	0.002	0.018	0.151	0.572	0.738	0.386	0.129	0.086	0.057
281	0.004	0.009	0.017	0.098	0.340	0.568	0.452	0.219	0.084	0.059	0.042
282	0.008	0.018	0.036	0.231	0.623	0.599	0.275	0.091	0.027	0.018	0.012
349	0.000	0.000	0.001	0.021	0.235	0.895	0.795	0.272	0.066	0.041	0.025
359	0.000	0.001	0.002	0.017	0.136	0.532	0.745	0.423	0.150	0.101	0.067
384	0.001	0.003	0.006	0.070	0.403	0.793	0.518	0.182	0.051	0.033	0.021
397	0.004	0.009	0.020	0.148	0.557	0.790	0.465	0.169	0.051	0.034	0.022
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.202	0.446	0.890	3.427	7.554	11.291	8.950	3.770	1.161	0.767	0.503



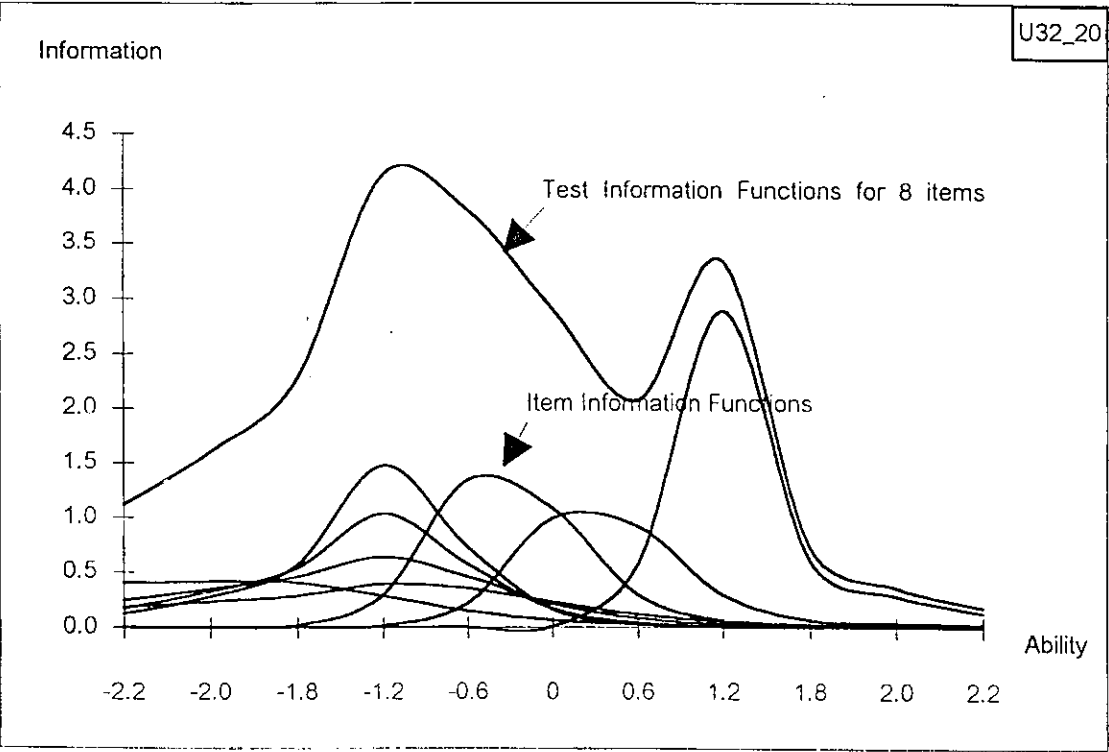
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U32_22 จำนวน 8 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001
136	0.119	0.279	0.565	1.478	0.728	0.164	0.030	0.005	0.001	0.001	0.000
153	0.002	0.006	0.018	0.293	1.341	1.087	0.295	0.058	0.011	0.006	0.003
174	0.404	0.417	0.406	0.280	0.143	0.063	0.026	0.010	0.004	0.003	0.002
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
221	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.566	2.889	0.614	0.282	0.126
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.939	1.371	1.990	3.803	3.899	3.598	2.524	3.479	0.755	0.370	0.179



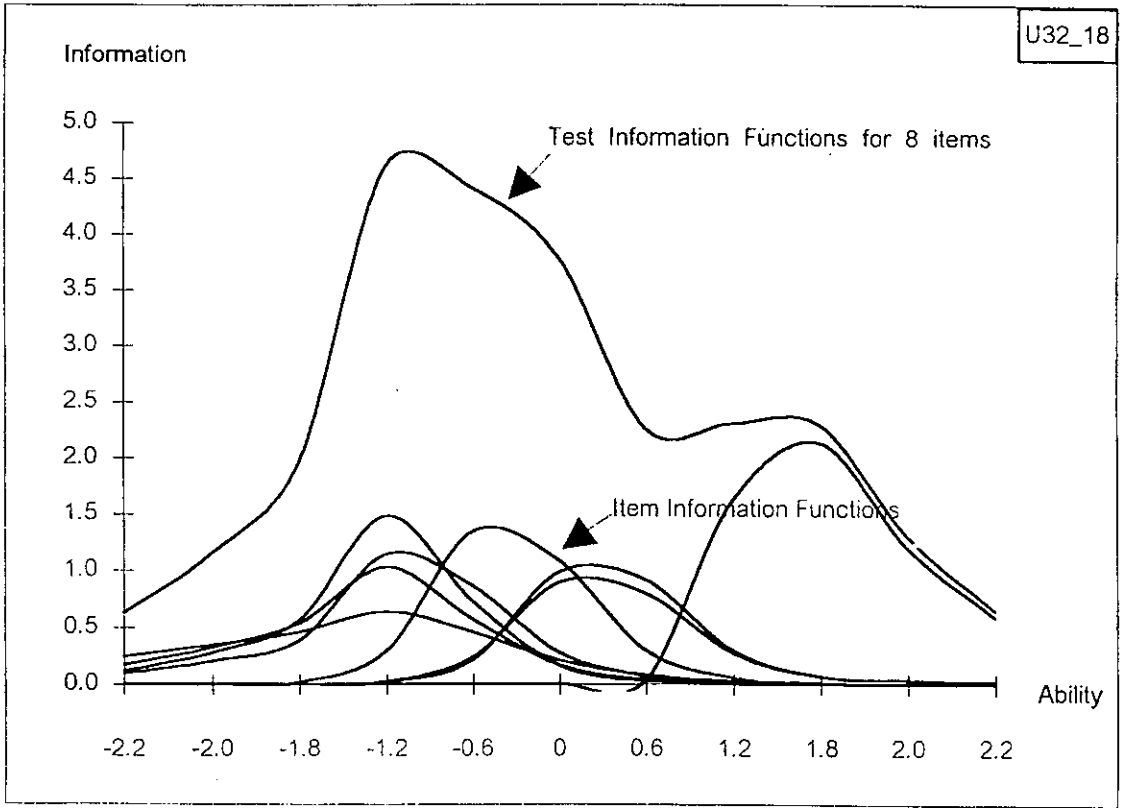
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U32_20 จำนวน 8 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ											
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2	
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001	
136	0.119	0.279	0.565	1.478	0.728	0.164	0.030	0.005	0.001	0.001	0.000	
153	0.002	0.006	0.018	0.293	1.341	1.087	0.295	0.058	0.011	0.006	0.003	
174	0.404	0.417	0.406	0.280	0.143	0.063	0.026	0.010	0.004	0.003	0.002	
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005	
221	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.566	2.889	0.614	0.282	0.126	
357	0.178	0.229	0.282	0.391	0.353	0.226	0.118	0.055	0.024	0.018	0.014	
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023	
สารสนเทศแบบทดสอบ	1.116	1.598	2.267	4.126	3.807	2.911	2.070	3.347	0.730	0.357	0.174	



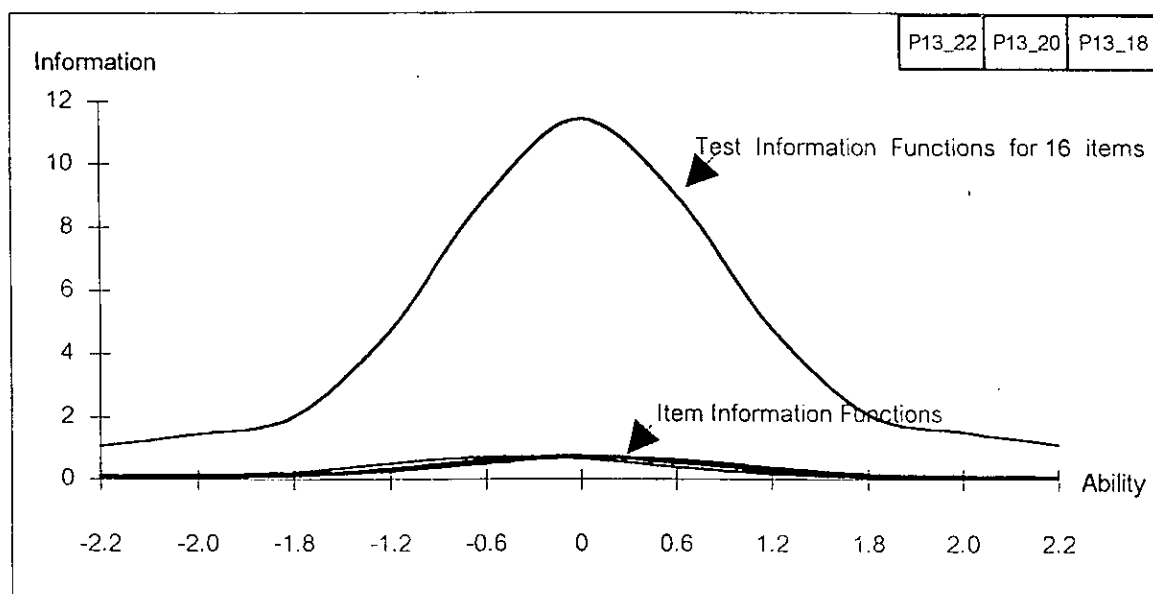
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U32_18 จำนวน 8 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
18	0.095	0.201	0.383	1.139	0.865	0.279	0.067	0.015	0.003	0.002	0.001
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001
136	0.119	0.279	0.565	1.478	0.728	0.164	0.030	0.005	0.001	0.001	0.000
153	0.002	0.006	0.018	0.293	1.341	1.087	0.295	0.058	0.011	0.006	0.003
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
244	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	1.628	2.138	1.200	0.585
349	0.000	0.000	0.001	0.021	0.235	0.895	0.795	0.272	0.066	0.041	0.025
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.629	1.153	1.963	4.615	4.411	3.789	2.262	2.308	2.295	1.297	0.643



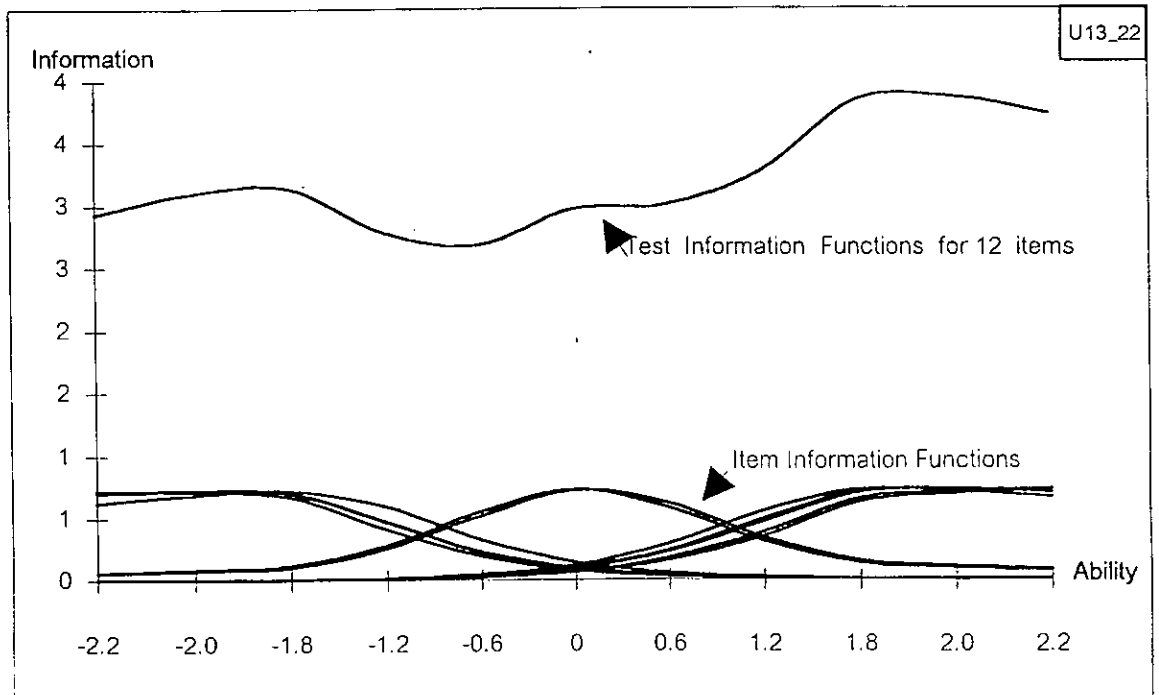
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P13_22, P13_20 และ P13_18 จำนวน 16 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ											
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2	
40	0.067	0.093	0.127	0.301	0.571	0.722	0.555	0.288	0.120	0.088	0.064	
116	0.062	0.086	0.118	0.282	0.549	0.722	0.577	0.306	0.130	0.095	0.069	
118	0.055	0.076	0.104	0.255	0.513	0.716	0.610	0.338	0.146	0.107	0.078	
122	0.055	0.076	0.104	0.255	0.513	0.716	0.610	0.338	0.146	0.107	0.078	
172	0.058	0.080	0.110	0.266	0.528	0.719	0.597	0.325	0.139	0.102	0.074	
176	0.058	0.081	0.111	0.268	0.531	0.720	0.594	0.322	0.138	0.101	0.073	
185	0.055	0.076	0.104	0.254	0.512	0.716	0.610	0.339	0.146	0.107	0.078	
194	0.055	0.077	0.105	0.256	0.515	0.717	0.607	0.336	0.145	0.106	0.077	
201	0.057	0.078	0.107	0.261	0.522	0.718	0.602	0.330	0.142	0.104	0.076	
204	0.057	0.079	0.109	0.263	0.525	0.719	0.599	0.327	0.140	0.103	0.075	
223	0.125	0.170	0.227	0.474	0.704	0.642	0.373	0.165	0.065	0.047	0.033	
309	0.050	0.070	0.096	0.236	0.487	0.709	0.631	0.361	0.159	0.117	0.085	
342	0.077	0.106	0.144	0.335	0.607	0.717	0.516	0.257	0.106	0.077	0.056	
361	0.075	0.103	0.140	0.327	0.599	0.719	0.525	0.264	0.109	0.079	0.057	
398	0.079	0.108	0.147	0.341	0.612	0.716	0.510	0.252	0.103	0.075	0.054	
400	0.072	0.100	0.136	0.319	0.590	0.720	0.535	0.271	0.112	0.082	0.059	
สารสนเทศแบบทดสอบ	1.057	1.459	1.989	4.693	8.878	11.408	9.051	4.819	2.046	1.497	1.086	



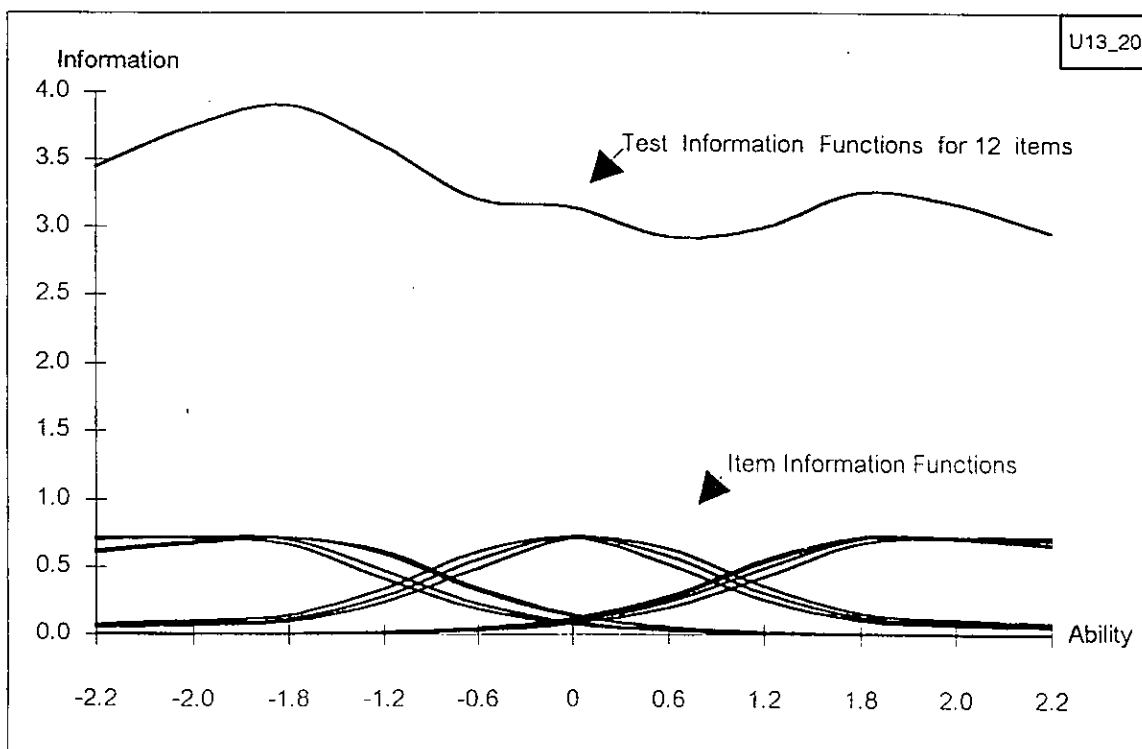
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U13_22 จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
6	0.003	0.004	0.006	0.017	0.045	0.118	0.284	0.550	0.722	0.707	0.655
54	0.002	0.003	0.004	0.012	0.034	0.089	0.222	0.466	0.700	0.722	0.704
114	0.621	0.687	0.720	0.591	0.320	0.136	0.052	0.019	0.007	0.005	0.004
115	0.002	0.003	0.005	0.013	0.036	0.096	0.236	0.488	0.709	0.722	0.694
116	0.062	0.086	0.118	0.282	0.549	0.722	0.577	0.306	0.130	0.095	0.069
118	0.055	0.076	0.104	0.255	0.513	0.716	0.610	0.338	0.146	0.107	0.078
122	0.055	0.076	0.104	0.255	0.513	0.716	0.610	0.338	0.146	0.107	0.078
126	0.705	0.722	0.699	0.462	0.219	0.088	0.033	0.012	0.004	0.003	0.002
155	0.002	0.002	0.003	0.009	0.025	0.067	0.171	0.383	0.650	0.705	0.722
169	0.001	0.002	0.003	0.008	0.022	0.059	0.152	0.348	0.620	0.687	0.720
256	0.720	0.714	0.669	0.409	0.186	0.073	0.027	0.010	0.004	0.003	0.002
282	0.702	0.723	0.702	0.470	0.224	0.090	0.034	0.012	0.005	0.003	0.002
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.930	3.098	3.137	2.783	2.686	2.970	3.008	3.270	3.843	3.867	3.729



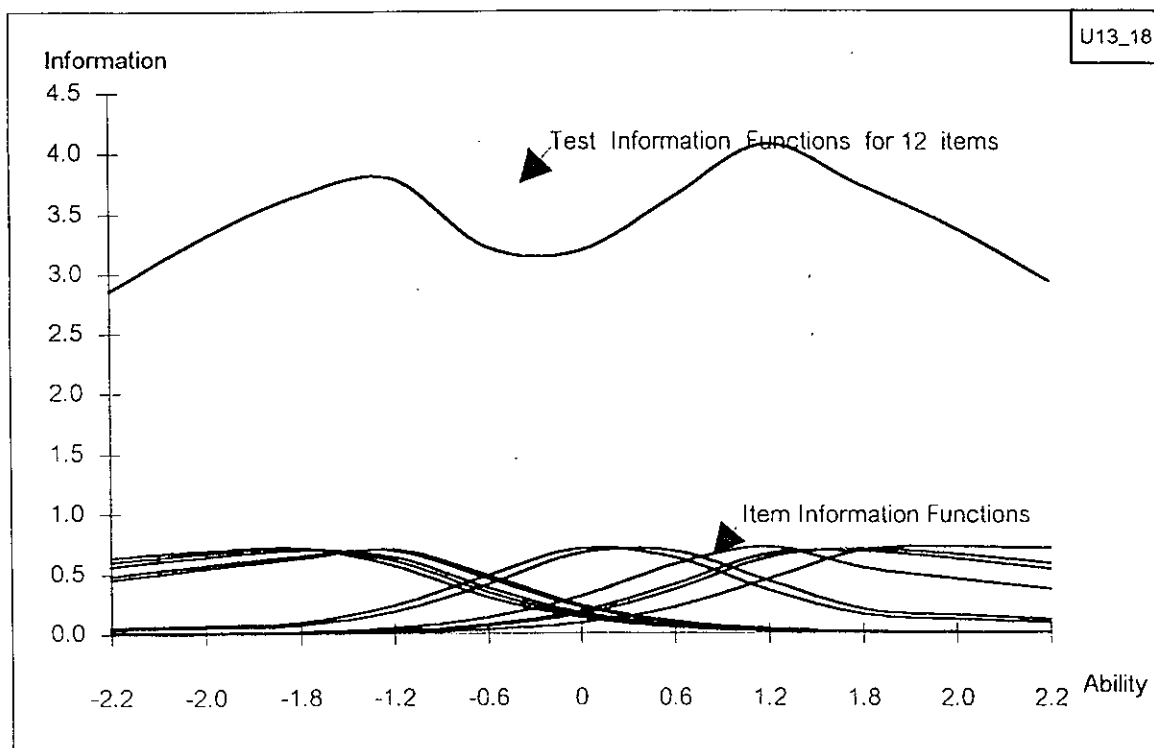
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U13_20 จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
57	0.602	0.674	0.716	0.611	0.339	0.147	0.057	0.021	0.008	0.005	0.004
87	0.003	0.004	0.006	0.017	0.045	0.118	0.282	0.549	0.722	0.708	0.656
101	0.602	0.675	0.716	0.610	0.339	0.146	0.057	0.021	0.008	0.005	0.004
113	0.003	0.004	0.006	0.015	0.042	0.111	0.267	0.530	0.720	0.714	0.669
114	0.621	0.687	0.720	0.591	0.320	0.136	0.052	0.019	0.007	0.005	0.004
115	0.002	0.003	0.005	0.013	0.036	0.096	0.236	0.488	0.709	0.722	0.694
116	0.062	0.086	0.118	0.282	0.549	0.722	0.577	0.306	0.130	0.095	0.069
137	0.002	0.003	0.004	0.011	0.029	0.078	0.196	0.425	0.679	0.718	0.717
256	0.720	0.714	0.669	0.409	0.186	0.073	0.027	0.010	0.004	0.003	0.002
282	0.702	0.723	0.702	0.470	0.224	0.090	0.034	0.012	0.005	0.003	0.002
309	0.050	0.070	0.096	0.236	0.487	0.709	0.631	0.361	0.159	0.117	0.085
342	0.077	0.106	0.144	0.335	0.607	0.717	0.516	0.257	0.106	0.077	0.056
สารสนเทศแบบทดสอบ	3.446	3.749	3.902	3.600	3.202	3.143	2.932	2.999	3.256	3.173	2.962



รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U13_18 จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
45	0.562	0.645	0.702	0.645	0.378	0.168	0.066	0.024	0.009	0.006	0.005
53	0.002	0.003	0.004	0.012	0.032	0.086	0.214	0.454	0.695	0.722	0.708
56	0.005	0.007	0.010	0.027	0.072	0.183	0.405	0.666	0.688	0.622	0.535
61	0.005	0.007	0.010	0.027	0.072	0.183	0.405	0.666	0.688	0.622	0.535
100	0.483	0.575	0.655	0.696	0.456	0.215	0.086	0.032	0.012	0.008	0.006
121	0.004	0.006	0.008	0.023	0.062	0.159	0.362	0.632	0.708	0.657	0.578
140	0.038	0.053	0.073	0.186	0.409	0.669	0.685	0.436	0.202	0.151	0.111
243	0.009	0.013	0.018	0.050	0.130	0.306	0.576	0.722	0.549	0.456	0.364
255	0.600	0.673	0.716	0.612	0.341	0.147	0.057	0.021	0.008	0.005	0.004
267	0.638	0.698	0.722	0.571	0.301	0.127	0.049	0.018	0.007	0.005	0.003
303	0.456	0.550	0.635	0.707	0.483	0.233	0.094	0.036	0.013	0.009	0.007
309	0.050	0.070	0.096	0.236	0.487	0.709	0.631	0.361	0.159	0.117	0.085
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.853	3.300	3.649	3.792	3.224	3.185	3.630	4.068	3.738	3.381	2.941

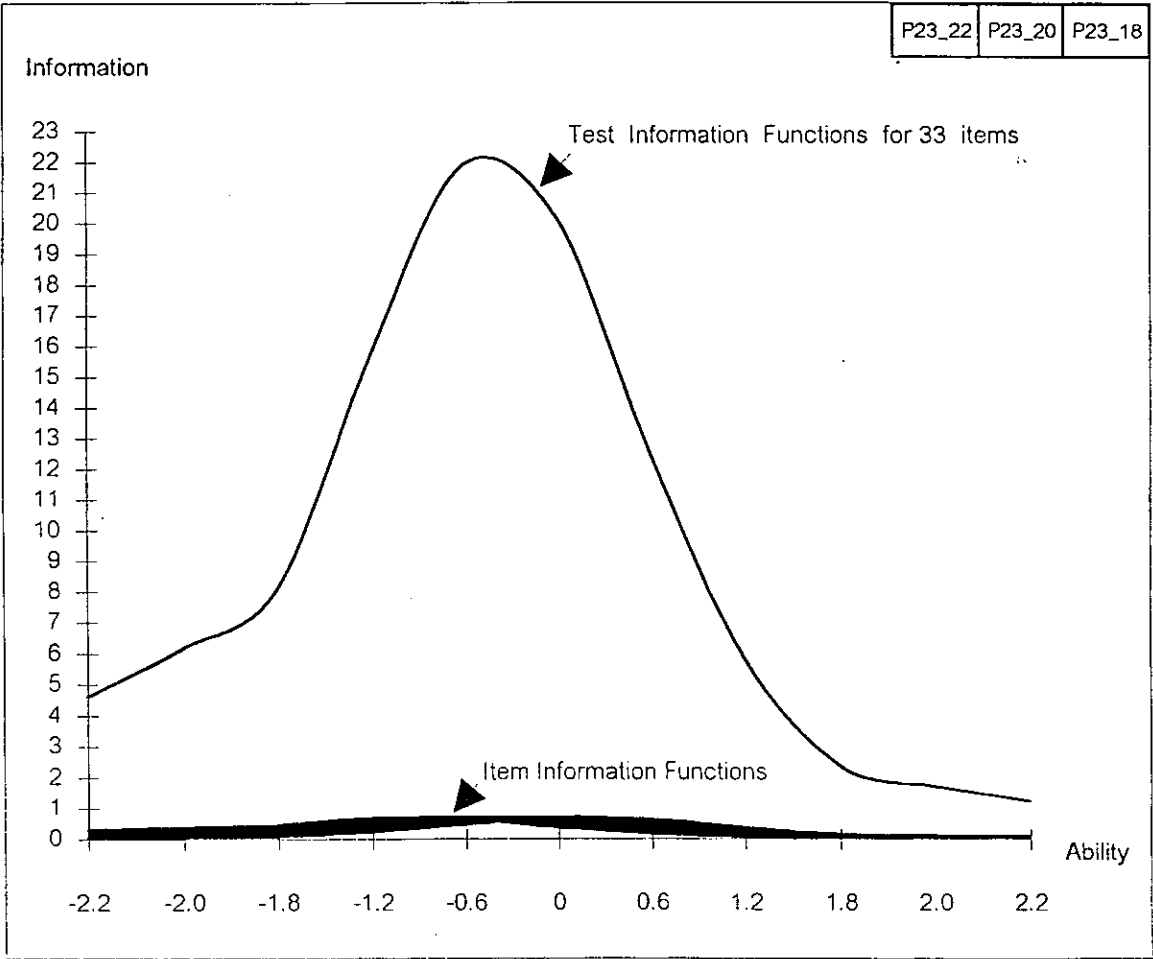


รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P23_22, P23_20 และ P23_18 จำนวน 33 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
39	0.210	0.278	0.358	0.629	0.710	0.490	0.238	0.097	0.037	0.026	0.019
46	0.105	0.143	0.193	0.421	0.677	0.678	0.424	0.195	0.077	0.056	0.040
57	0.244	0.318	0.404	0.665	0.688	0.441	0.206	0.082	0.031	0.022	0.016
72	0.100	0.137	0.185	0.408	0.668	0.687	0.438	0.204	0.081	0.059	0.042
77	0.189	0.250	0.326	0.598	0.719	0.526	0.265	0.109	0.041	0.030	0.021
101	0.270	0.349	0.439	0.687	0.667	0.407	0.184	0.073	0.027	0.019	0.014
126	0.302	0.386	0.479	0.706	0.638	0.369	0.163	0.063	0.024	0.017	0.012
130	0.177	0.236	0.309	0.579	0.722	0.546	0.280	0.117	0.044	0.032	0.023
153	0.149	0.200	0.265	0.526	0.719	0.598	0.326	0.140	0.054	0.039	0.028
154	0.266	0.344	0.434	0.684	0.670	0.412	0.187	0.074	0.028	0.020	0.014
168	0.154	0.206	0.273	0.536	0.721	0.589	0.317	0.135	0.052	0.037	0.027
173	0.063	0.086	0.118	0.284	0.550	0.722	0.575	0.305	0.129	0.094	0.069
199	0.108	0.148	0.199	0.430	0.682	0.673	0.415	0.190	0.075	0.054	0.039
213	0.170	0.227	0.298	0.567	0.722	0.559	0.291	0.122	0.047	0.033	0.024
217	0.091	0.125	0.170	0.381	0.648	0.700	0.466	0.222	0.089	0.065	0.047
219	0.121	0.164	0.219	0.463	0.699	0.650	0.384	0.171	0.067	0.048	0.035
221	0.187	0.249	0.324	0.596	0.719	0.528	0.266	0.110	0.042	0.030	0.021
223	0.101	0.138	0.187	0.410	0.669	0.685	0.435	0.202	0.080	0.058	0.042
225	0.150	0.201	0.266	0.529	0.720	0.596	0.324	0.139	0.053	0.038	0.028
231	0.072	0.099	0.135	0.317	0.589	0.721	0.536	0.273	0.113	0.082	0.060
232	0.077	0.106	0.144	0.334	0.606	0.717	0.517	0.258	0.106	0.077	0.056
233	0.086	0.118	0.160	0.364	0.634	0.708	0.484	0.234	0.095	0.069	0.050
234	0.073	0.100	0.137	0.321	0.592	0.720	0.532	0.269	0.111	0.081	0.059
237	0.074	0.102	0.139	0.325	0.597	0.719	0.528	0.266	0.110	0.080	0.058
238	0.057	0.078	0.107	0.261	0.522	0.718	0.602	0.330	0.142	0.104	0.076
241	0.048	0.066	0.091	0.226	0.472	0.703	0.643	0.375	0.166	0.123	0.090
244	0.086	0.118	0.160	0.364	0.634	0.708	0.484	0.234	0.095	0.069	0.050
281	0.186	0.247	0.322	0.593	0.720	0.531	0.269	0.111	0.042	0.030	0.022
354	0.128	0.174	0.232	0.481	0.707	0.636	0.367	0.162	0.063	0.045	0.033

รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P23_22, P23_20 และ P23_18 จำนวน 33 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
362	0.127	0.172	0.230	0.478	0.705	0.639	0.370	0.163	0.064	0.046	0.033
384	0.175	0.234	0.306	0.576	0.722	0.549	0.283	0.118	0.045	0.032	0.023
397	0.153	0.206	0.272	0.536	0.721	0.589	0.318	0.136	0.052	0.038	0.027
404	0.116	0.158	0.212	0.451	0.693	0.659	0.395	0.178	0.070	0.050	0.036
สารสนเทศแบบทดสอบ	4.615	6.165	8.093	15.726	21.921	20.174	12.515	5.855	2.352	1.705	1.230

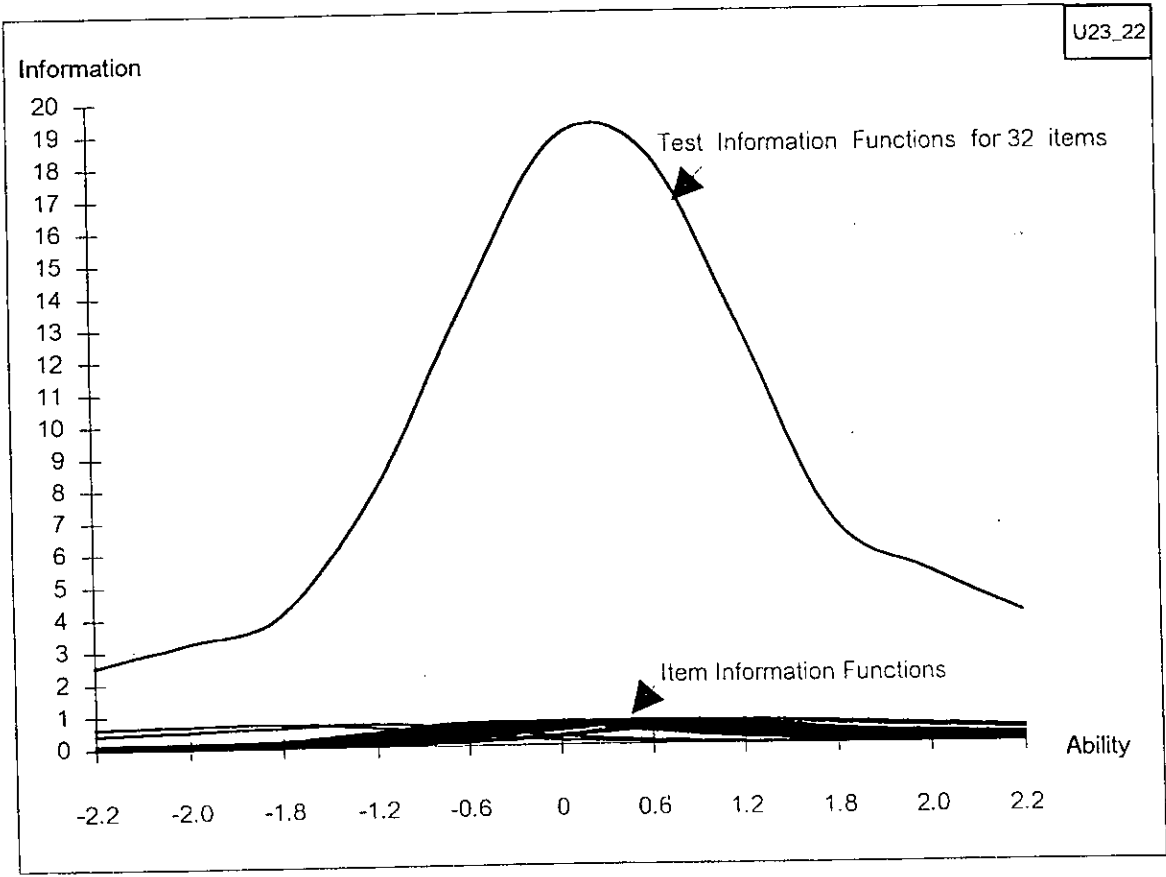


รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U23_22 จำนวน 32 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
37	0.055	0.076	0.105	0.255	0.514	0.717	0.609	0.337	0.146	0.107	0.078
52	0.118	0.160	0.215	0.456	0.696	0.655	0.391	0.175	0.069	0.050	0.036
88	0.040	0.055	0.077	0.194	0.422	0.677	0.678	0.424	0.195	0.145	0.106
95	0.627	0.692	0.721	0.584	0.313	0.133	0.051	0.019	0.007	0.005	0.003
108	0.031	0.043	0.060	0.154	0.352	0.623	0.712	0.497	0.243	0.183	0.135
121	0.009	0.012	0.017	0.047	0.122	0.292	0.560	0.722	0.566	0.473	0.380
128	0.027	0.038	0.052	0.136	0.319	0.591	0.720	0.534	0.271	0.205	0.152
136	0.436	0.530	0.618	0.714	0.504	0.248	0.101	0.038	0.014	0.010	0.007
149	0.036	0.050	0.070	0.178	0.395	0.659	0.693	0.451	0.212	0.158	0.116
150	0.020	0.028	0.039	0.103	0.252	0.510	0.716	0.612	0.341	0.263	0.198
214	0.074	0.102	0.139	0.324	0.595	0.720	0.529	0.267	0.110	0.080	0.058
217	0.091	0.125	0.170	0.381	0.648	0.700	0.466	0.222	0.089	0.065	0.047
218	0.019	0.027	0.038	0.100	0.245	0.500	0.713	0.621	0.350	0.270	0.205
220	0.052	0.073	0.100	0.245	0.500	0.713	0.621	0.350	0.152	0.112	0.082
222	0.025	0.035	0.048	0.126	0.298	0.567	0.722	0.558	0.290	0.221	0.165
223	0.101	0.138	0.187	0.410	0.669	0.685	0.435	0.202	0.080	0.058	0.042
231	0.072	0.099	0.135	0.317	0.589	0.721	0.536	0.273	0.113	0.082	0.060
232	0.077	0.106	0.144	0.334	0.606	0.717	0.517	0.258	0.106	0.077	0.056
233	0.086	0.118	0.160	0.364	0.634	0.708	0.484	0.234	0.095	0.069	0.050
234	0.073	0.100	0.137	0.321	0.592	0.720	0.532	0.269	0.111	0.081	0.059
237	0.074	0.102	0.139	0.325	0.597	0.719	0.528	0.266	0.110	0.080	0.058
238	0.057	0.078	0.107	0.261	0.522	0.718	0.602	0.330	0.142	0.104	0.076
239	0.015	0.020	0.029	0.076	0.193	0.421	0.676	0.679	0.425	0.336	0.259
240	0.036	0.050	0.069	0.177	0.393	0.657	0.694	0.453	0.213	0.159	0.117
241	0.048	0.066	0.091	0.226	0.472	0.703	0.643	0.375	0.166	0.123	0.090
242	0.024	0.033	0.046	0.121	0.289	0.557	0.722	0.569	0.299	0.228	0.171
243	0.016	0.022	0.031	0.082	0.207	0.443	0.689	0.664	0.403	0.317	0.243
244	0.086	0.118	0.160	0.364	0.634	0.708	0.484	0.234	0.095	0.069	0.050
245	0.021	0.029	0.040	0.106	0.257	0.517	0.717	0.606	0.334	0.257	0.194

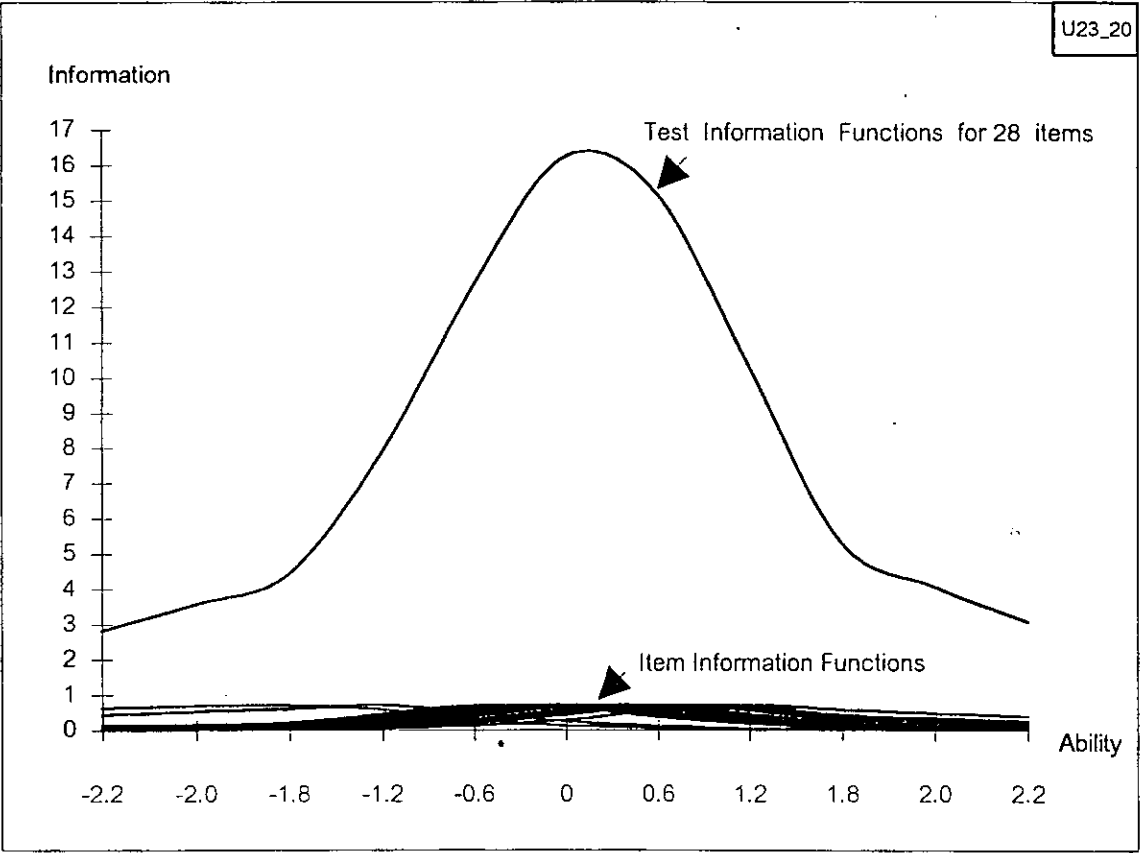
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U23_22 จำนวน 32 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
311	0.022	0.030	0.042	0.111	0.268	0.530	0.720	0.594	0.322	0.247	0.186
315	0.007	0.009	0.013	0.035	0.094	0.231	0.480	0.706	0.637	0.553	0.459
355	0.051	0.071	0.098	0.240	0.493	0.711	0.626	0.356	0.155	0.114	0.083
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.525	3.236	4.096	7.866	13.684	18.771	18.371	12.895	6.861	5.300	4.019



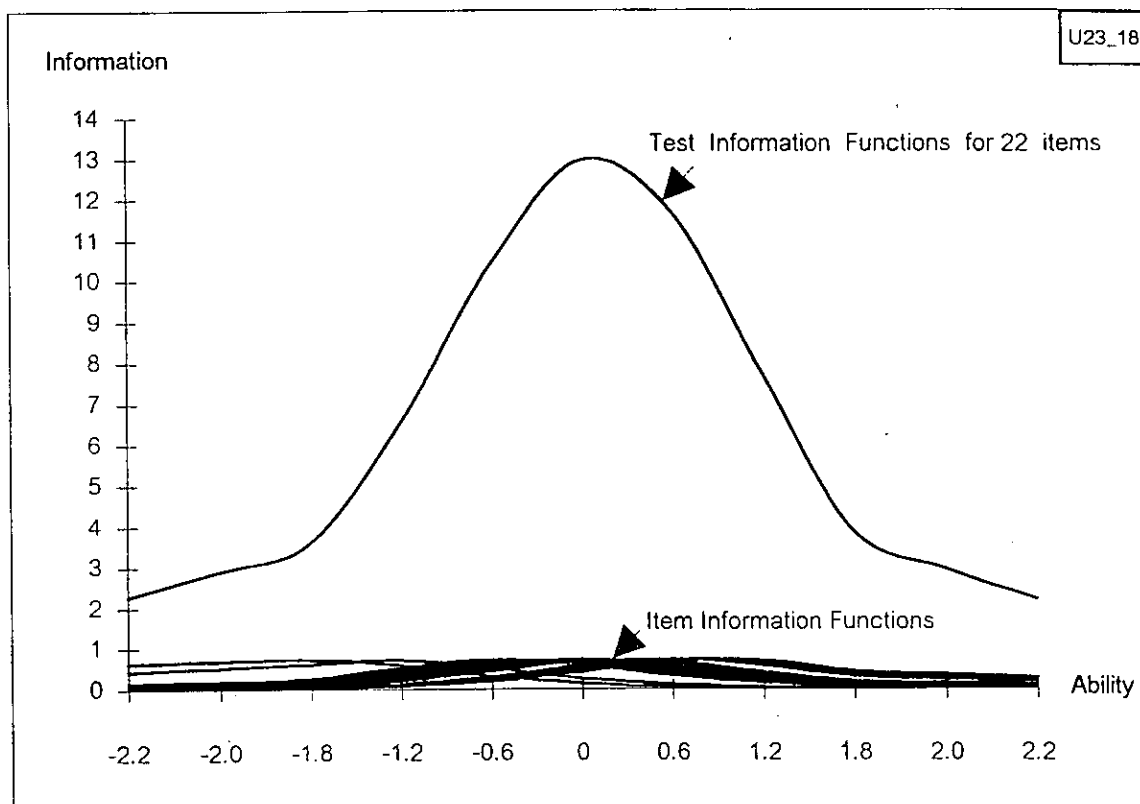
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ B23_20 จำนวน 28 ข้อ

ข้อที่	การสนทนาคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
18	0.434	0.528	0.616	0.715	0.506	0.249	0.102	0.039	0.014	0.010	0.007
37	0.055	0.076	0.105	0.255	0.514	0.717	0.609	0.337	0.146	0.107	0.078
95	0.627	0.692	0.721	0.584	0.313	0.133	0.051	0.019	0.007	0.005	0.003
121	0.009	0.012	0.017	0.047	0.122	0.292	0.560	0.722	0.566	0.473	0.380
136	0.436	0.530	0.618	0.714	0.504	0.248	0.101	0.038	0.014	0.010	0.007
149	0.036	0.050	0.070	0.178	0.395	0.659	0.693	0.451	0.212	0.158	0.116
150	0.020	0.028	0.039	0.103	0.252	0.510	0.716	0.612	0.341	0.263	0.198
214	0.074	0.102	0.139	0.324	0.595	0.720	0.529	0.267	0.110	0.080	0.058
217	0.091	0.125	0.170	0.381	0.648	0.700	0.466	0.222	0.089	0.065	0.047
218	0.019	0.027	0.038	0.100	0.245	0.500	0.713	0.621	0.350	0.270	0.205
219	0.121	0.164	0.219	0.463	0.699	0.650	0.384	0.171	0.067	0.048	0.035
220	0.052	0.073	0.100	0.245	0.500	0.713	0.621	0.350	0.152	0.112	0.082
222	0.025	0.035	0.048	0.126	0.298	0.567	0.722	0.558	0.290	0.221	0.165
223	0.101	0.138	0.187	0.410	0.669	0.685	0.435	0.202	0.080	0.058	0.042
231	0.072	0.099	0.135	0.317	0.589	0.721	0.536	0.273	0.113	0.082	0.060
232	0.077	0.106	0.144	0.334	0.606	0.717	0.517	0.258	0.106	0.077	0.056
233	0.086	0.118	0.160	0.364	0.634	0.708	0.484	0.234	0.095	0.069	0.050
234	0.073	0.100	0.137	0.321	0.592	0.720	0.532	0.269	0.111	0.081	0.059
237	0.074	0.102	0.139	0.325	0.597	0.719	0.528	0.266	0.110	0.080	0.058
238	0.057	0.078	0.107	0.261	0.522	0.718	0.602	0.330	0.142	0.104	0.076
239	0.015	0.020	0.029	0.076	0.193	0.421	0.676	0.679	0.425	0.336	0.259
241	0.048	0.066	0.091	0.226	0.472	0.703	0.643	0.375	0.166	0.123	0.090
242	0.024	0.033	0.046	0.121	0.289	0.557	0.722	0.569	0.299	0.228	0.171
243	0.016	0.022	0.031	0.082	0.207	0.443	0.689	0.664	0.403	0.317	0.243
244	0.086	0.118	0.160	0.364	0.634	0.708	0.484	0.234	0.095	0.069	0.050
245	0.021	0.029	0.040	0.106	0.257	0.517	0.717	0.606	0.334	0.257	0.194
311	0.022	0.030	0.042	0.111	0.268	0.530	0.720	0.594	0.322	0.247	0.186
355	0.051	0.071	0.098	0.240	0.493	0.711	0.626	0.356	0.155	0.114	0.083
การสนทนาแบบทดสอบ	2.822	3.573	4.446	7.892	12.613	16.236	15.181	10.315	5.315	4.065	3.056



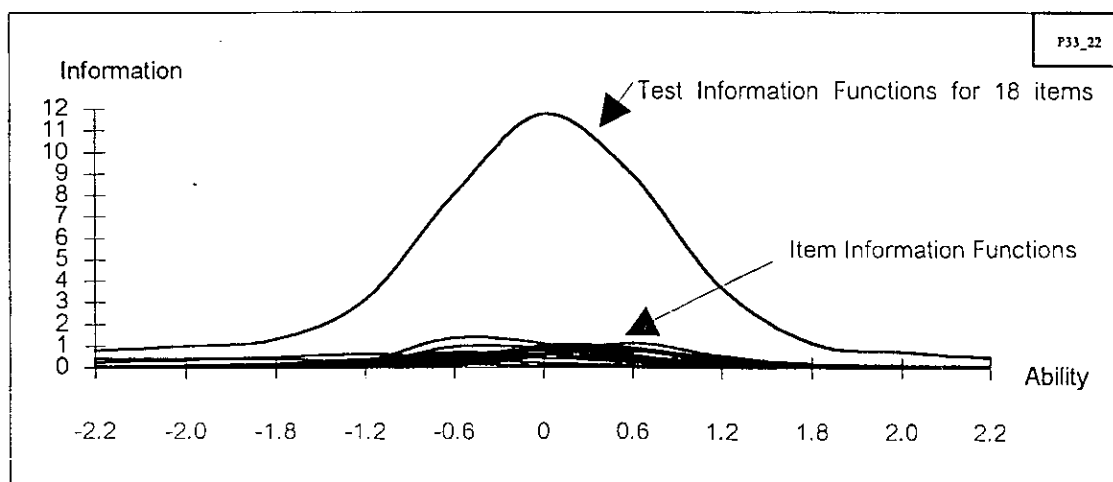
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ B23_18 จำนวน 22 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
95	0.627	0.692	0.721	0.584	0.313	0.133	0.051	0.019	0.007	0.005	0.003
136	0.436	0.530	0.618	0.714	0.504	0.248	0.101	0.038	0.014	0.010	0.007
140	0.042	0.059	0.081	0.203	0.438	0.686	0.668	0.408	0.185	0.137	0.101
150	0.020	0.028	0.039	0.103	0.252	0.510	0.716	0.612	0.341	0.263	0.198
214	0.074	0.102	0.139	0.324	0.595	0.720	0.529	0.267	0.110	0.080	0.058
217	0.091	0.125	0.170	0.381	0.648	0.700	0.466	0.222	0.089	0.065	0.047
218	0.019	0.027	0.038	0.100	0.245	0.500	0.713	0.621	0.350	0.270	0.205
219	0.121	0.164	0.219	0.463	0.699	0.650	0.384	0.171	0.067	0.048	0.035
220	0.052	0.073	0.100	0.245	0.500	0.713	0.621	0.350	0.152	0.112	0.082
222	0.025	0.035	0.048	0.126	0.298	0.567	0.722	0.558	0.290	0.221	0.165
223	0.101	0.138	0.187	0.410	0.669	0.685	0.435	0.202	0.080	0.058	0.042
225	0.150	0.201	0.266	0.529	0.720	0.596	0.324	0.139	0.053	0.038	0.028
231	0.072	0.099	0.135	0.317	0.589	0.721	0.536	0.273	0.113	0.082	0.060
233	0.086	0.118	0.160	0.364	0.634	0.708	0.484	0.234	0.095	0.069	0.050
234	0.073	0.100	0.137	0.321	0.592	0.720	0.532	0.269	0.111	0.081	0.059
237	0.074	0.102	0.139	0.325	0.597	0.719	0.528	0.266	0.110	0.080	0.058
238	0.057	0.078	0.107	0.261	0.522	0.718	0.602	0.330	0.142	0.104	0.076
239	0.015	0.020	0.029	0.076	0.193	0.421	0.676	0.679	0.425	0.336	0.259
242	0.024	0.033	0.046	0.121	0.289	0.557	0.722	0.569	0.299	0.228	0.171
243	0.016	0.022	0.031	0.082	0.207	0.443	0.689	0.664	0.403	0.317	0.243
244	0.086	0.118	0.160	0.364	0.634	0.708	0.484	0.234	0.095	0.069	0.050
245	0.021	0.029	0.040	0.106	0.257	0.517	0.717	0.606	0.334	0.257	0.194
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.282	2.893	3.610	6.520	10.394	12.940	11.702	7.730	3.866	2.932	2.188



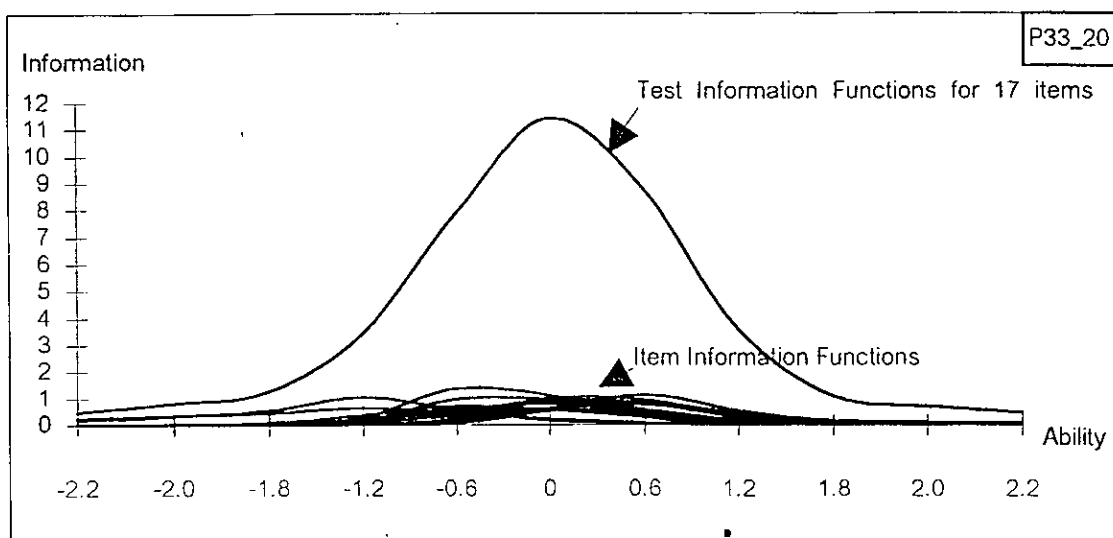
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ p33_22 จำนวน 18 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
39	0.032	0.059	0.104	0.389	0.698	0.578	0.276	0.102	0.034	0.023	0.016
57	0.010	0.020	0.038	0.192	0.505	0.592	0.352	0.144	0.050	0.035	0.024
72	0.000	0.000	0.001	0.013	0.134	0.618	0.851	0.418	0.127	0.082	0.052
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019
116	0.000	0.000	0.000	0.003	0.057	0.530	1.100	0.523	0.129	0.077	0.046
126	0.001	0.004	0.010	0.173	0.936	0.913	0.282	0.060	0.012	0.007	0.004
149	0.001	0.001	0.003	0.029	0.185	0.583	0.749	0.437	0.165	0.114	0.078
153	0.002	0.006	0.018	0.293	1.341	1.087	0.295	0.058	0.011	0.006	0.003
174	0.404	0.417	0.406	0.280	0.143	0.063	0.026	0.010	0.004	0.003	0.002
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
278	0.000	0.001	0.002	0.018	0.151	0.572	0.738	0.386	0.129	0.086	0.057
281	0.004	0.009	0.017	0.098	0.340	0.568	0.452	0.219	0.084	0.059	0.042
282	0.008	0.018	0.036	0.231	0.623	0.599	0.275	0.091	0.027	0.018	0.012
349	0.000	0.000	0.001	0.021	0.235	0.895	0.795	0.272	0.066	0.041	0.025
354	0.069	0.111	0.168	0.416	0.568	0.435	0.223	0.093	0.036	0.026	0.018
384	0.001	0.003	0.006	0.070	0.403	0.793	0.518	0.182	0.051	0.033	0.021
397	0.004	0.009	0.020	0.148	0.557	0.790	0.465	0.169	0.051	0.034	0.022
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.781	1.006	1.292	3.095	7.991	11.724	8.963	3.671	1.099	0.721	0.469



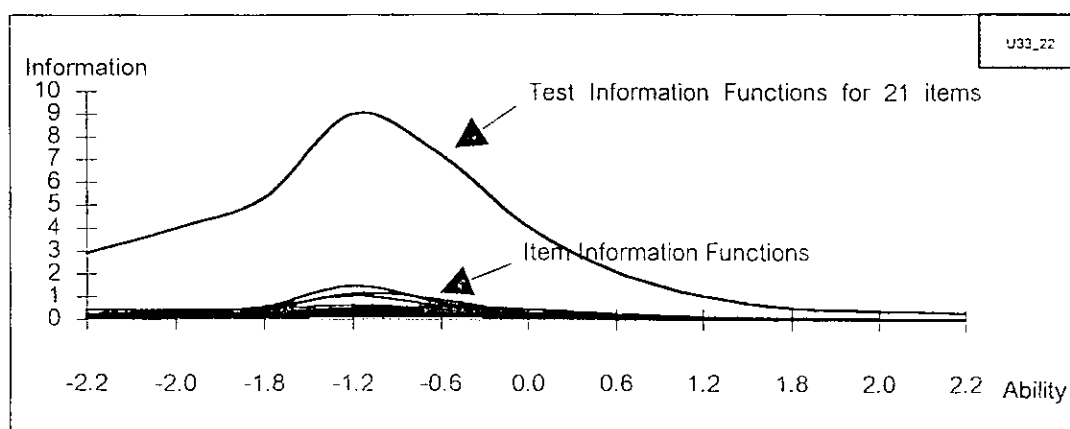
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P33_20 จำนวน 17 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
39	0.032	0.059	0.104	0.389	0.698	0.578	0.276	0.102	0.034	0.023	0.016
57	0.010	0.020	0.038	0.192	0.505	0.592	0.352	0.144	0.050	0.035	0.024
72	0.000	0.000	0.001	0.013	0.134	0.618	0.851	0.418	0.127	0.082	0.052
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001
116	0.000	0.000	0.000	0.003	0.057	0.530	1.100	0.523	0.129	0.077	0.046
126	0.001	0.004	0.010	0.173	0.936	0.913	0.282	0.060	0.012	0.007	0.004
149	0.001	0.001	0.003	0.029	0.185	0.583	0.749	0.437	0.165	0.114	0.078
153	0.002	0.006	0.018	0.293	1.341	1.087	0.295	0.058	0.011	0.006	0.003
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
278	0.000	0.001	0.002	0.018	0.151	0.572	0.738	0.386	0.129	0.086	0.057
281	0.004	0.009	0.017	0.098	0.340	0.568	0.452	0.219	0.084	0.059	0.042
282	0.008	0.018	0.036	0.231	0.623	0.599	0.275	0.091	0.027	0.018	0.012
349	0.000	0.000	0.001	0.021	0.235	0.895	0.795	0.272	0.066	0.041	0.025
384	0.001	0.003	0.006	0.070	0.403	0.793	0.518	0.182	0.051	0.033	0.021
397	0.004	0.009	0.020	0.148	0.557	0.790	0.465	0.169	0.051	0.034	0.022
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.477	0.799	1.257	3.430	7.852	11.395	8.755	3.578	1.061	0.693	0.450



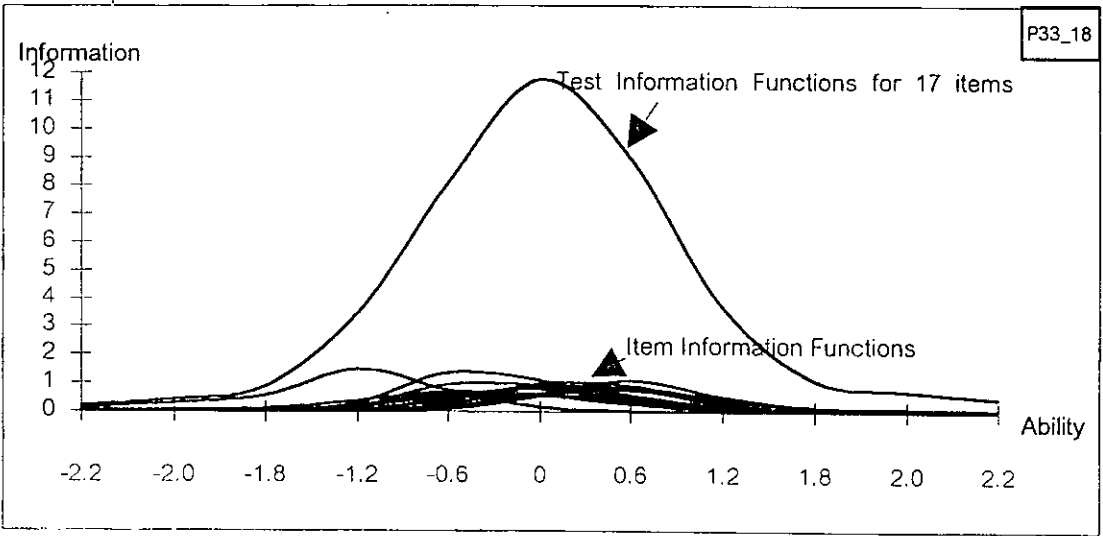
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U33_22 จำนวน 21 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0.0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
18	0.095	0.201	0.383	1.139	0.865	0.279	0.067	0.015	0.003	0.002	0.001
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001
96	0.151	0.210	0.276	0.417	0.356	0.201	0.091	0.037	0.015	0.011	0.008
133	0.079	0.111	0.151	0.281	0.326	0.249	0.143	0.070	0.032	0.024	0.018
136	0.119	0.279	0.565	1.478	0.728	0.164	0.030	0.005	0.001	0.001	0.000
138	0.080	0.094	0.108	0.142	0.149	0.128	0.094	0.062	0.038	0.032	0.027
144	0.193	0.237	0.278	0.333	0.266	0.159	0.081	0.038	0.017	0.013	0.010
174	0.404	0.417	0.406	0.280	0.143	0.063	0.026	0.010	0.004	0.003	0.002
181	0.155	0.163	0.168	0.161	0.128	0.090	0.057	0.035	0.020	0.017	0.014
184	0.192	0.208	0.219	0.214	0.168	0.112	0.067	0.038	0.020	0.017	0.013
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
191	0.161	0.186	0.207	0.232	0.196	0.134	0.080	0.044	0.023	0.018	0.015
196	0.105	0.132	0.161	0.235	0.250	0.202	0.132	0.076	0.040	0.032	0.026
259	0.137	0.207	0.292	0.491	0.400	0.200	0.079	0.028	0.010	0.007	0.005
267	0.058	0.075	0.095	0.157	0.197	0.187	0.143	0.092	0.054	0.045	0.037
344	0.073	0.080	0.087	0.101	0.102	0.092	0.075	0.057	0.041	0.036	0.032
354	0.069	0.111	0.168	0.416	0.568	0.435	0.223	0.093	0.036	0.026	0.018
357	0.178	0.229	0.282	0.391	0.353	0.226	0.118	0.055	0.024	0.018	0.014
358	0.094	0.128	0.169	0.296	0.344	0.274	0.167	0.086	0.041	0.032	0.024
380	0.105	0.149	0.200	0.340	0.338	0.220	0.111	0.049	0.021	0.015	0.011
390	0.059	0.082	0.111	0.218	0.292	0.268	0.183	0.103	0.052	0.041	0.032
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.920	3.966	5.321	8.991	7.197	4.062	2.087	1.031	0.503	0.398	0.313



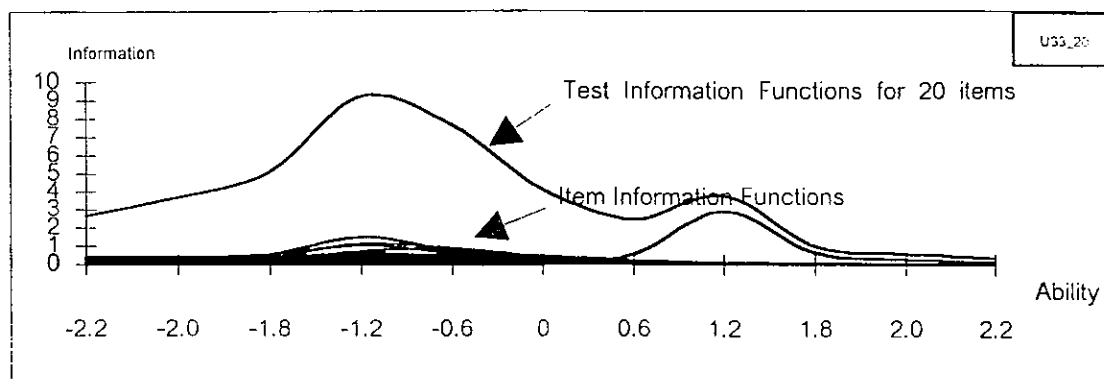
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ P33_18 จำนวน 17 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ											
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2	
39	0.032	0.059	0.104	0.389	0.698	0.578	0.276	0.102	0.034	0.023	0.016	
57	0.010	0.020	0.038	0.192	0.505	0.592	0.352	0.144	0.050	0.035	0.024	
72	0.000	0.000	0.001	0.013	0.134	0.618	0.851	0.418	0.127	0.082	0.052	
77	0.001	0.002	0.005	0.068	0.445	0.913	0.572	0.187	0.049	0.031	0.019	
116	0.000	0.000	0.000	0.003	0.057	0.530	1.100	0.523	0.129	0.077	0.046	
126	0.001	0.004	0.010	0.173	0.936	0.913	0.282	0.060	0.012	0.007	0.004	
136	0.119	0.279	0.565	1.478	0.728	0.164	0.030	0.005	0.001	0.001	0.000	
149	0.001	0.001	0.003	0.029	0.185	0.583	0.749	0.437	0.165	0.114	0.078	
153	0.002	0.006	0.018	0.293	1.341	1.087	0.295	0.058	0.011	0.006	0.003	
168	0.012	0.023	0.043	0.202	0.493	0.554	0.329	0.137	0.049	0.034	0.024	
278	0.000	0.001	0.002	0.018	0.151	0.572	0.738	0.386	0.129	0.086	0.057	
281	0.004	0.009	0.017	0.098	0.340	0.568	0.452	0.219	0.084	0.059	0.042	
282	0.008	0.018	0.036	0.231	0.623	0.599	0.275	0.091	0.027	0.018	0.012	
349	0.000	0.000	0.001	0.021	0.235	0.895	0.795	0.272	0.066	0.041	0.025	
384	0.001	0.003	0.006	0.070	0.403	0.793	0.518	0.182	0.051	0.033	0.021	
397	0.004	0.009	0.020	0.148	0.557	0.790	0.465	0.169	0.051	0.034	0.022	
404	0.000	0.000	0.001	0.015	0.214	0.985	0.915	0.292	0.065	0.039	0.023	
สารสนเทศแบบทดสอบ	0.195	0.434	0.870	3.441	8.045	11.734	8.994	3.682	1.100	0.720	0.468	



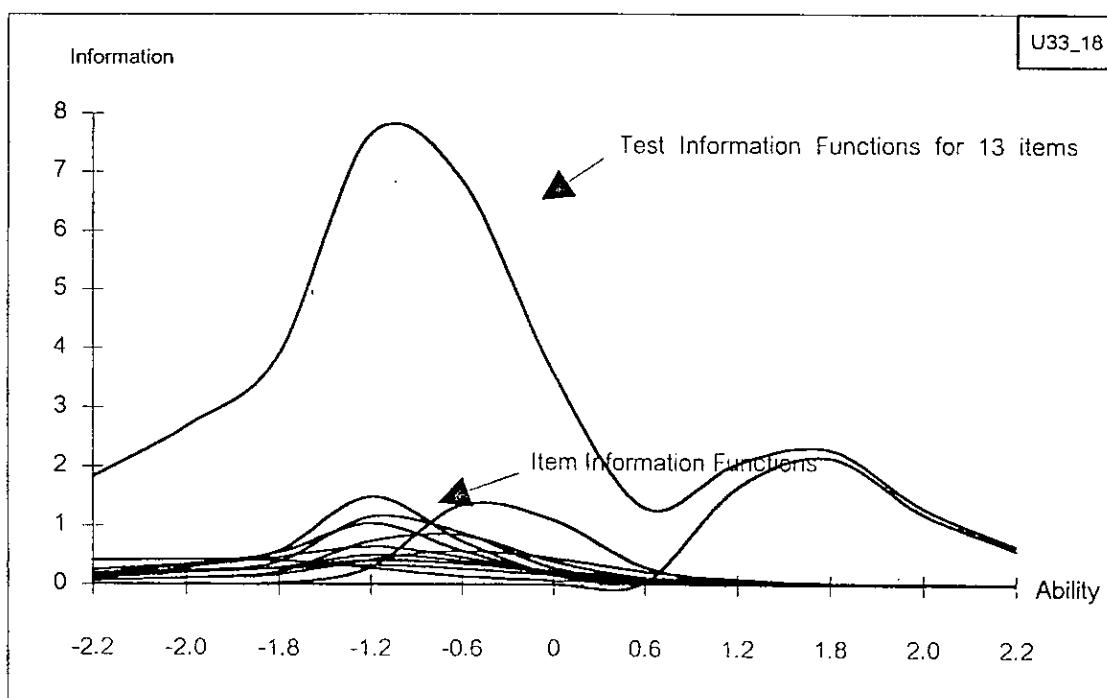
รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U33_20 จำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
18	0.095	0.201	0.383	1.139	0.865	0.279	0.067	0.015	0.003	0.002	0.001
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001
96	0.151	0.210	0.276	0.417	0.356	0.201	0.091	0.037	0.015	0.011	0.008
133	0.079	0.111	0.151	0.281	0.326	0.249	0.143	0.070	0.032	0.024	0.018
136	0.119	0.279	0.565	1.478	0.728	0.164	0.030	0.005	0.001	0.001	0.000
138	0.080	0.094	0.108	0.142	0.149	0.128	0.094	0.062	0.038	0.032	0.027
144	0.193	0.237	0.278	0.333	0.266	0.159	0.081	0.038	0.017	0.013	0.010
174	0.404	0.417	0.406	0.280	0.143	0.063	0.026	0.010	0.004	0.003	0.002
181	0.155	0.163	0.168	0.161	0.128	0.090	0.057	0.035	0.020	0.017	0.014
184	0.192	0.208	0.219	0.214	0.168	0.112	0.067	0.038	0.020	0.017	0.013
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
191	0.161	0.186	0.207	0.232	0.196	0.134	0.080	0.044	0.023	0.018	0.015
196	0.105	0.132	0.161	0.235	0.250	0.202	0.132	0.076	0.040	0.032	0.026
221	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.566	2.889	0.614	0.282	0.126
259	0.137	0.207	0.292	0.491	0.400	0.200	0.079	0.028	0.010	0.007	0.005
314	0.057	0.114	0.211	0.727	0.827	0.390	0.122	0.033	0.009	0.006	0.004
354	0.069	0.111	0.168	0.416	0.568	0.435	0.223	0.093	0.036	0.026	0.018
358	0.094	0.128	0.169	0.296	0.344	0.274	0.167	0.086	0.041	0.032	0.024
374	0.050	0.084	0.134	0.370	0.528	0.401	0.200	0.081	0.030	0.022	0.015
380	0.105	0.149	0.200	0.340	0.338	0.220	0.111	0.049	0.021	0.015	0.011
สารสนเทศแบบทดสอบ	2.659	3.698	5.091	9.221	7.608	4.087	2.456	3.727	0.985	0.568	0.343



รายละเอียดแบบทดสอบ ฉบับที่ U33_18 จำนวน 13 ข้อ

ข้อที่	สารสนเทศข้อคำถาม ณ ระดับความสามารถ										
	-2.2	-2.0	-1.8	-1.2	-0.6	0	0.6	1.2	1.8	2.0	2.2
18	0.095	0.201	0.383	1.139	0.865	0.279	0.067	0.015	0.003	0.002	0.001
95	0.169	0.321	0.539	1.031	0.572	0.169	0.041	0.010	0.002	0.001	0.001
96	0.151	0.210	0.276	0.417	0.356	0.201	0.091	0.037	0.015	0.011	0.008
136	0.119	0.279	0.565	1.478	0.728	0.164	0.030	0.005	0.001	0.001	0.000
144	0.193	0.237	0.278	0.333	0.266	0.159	0.081	0.038	0.017	0.013	0.010
153	0.002	0.006	0.018	0.293	1.341	1.087	0.295	0.058	0.011	0.006	0.003
174	0.404	0.417	0.406	0.280	0.143	0.063	0.026	0.010	0.004	0.003	0.002
189	0.244	0.346	0.456	0.638	0.456	0.210	0.079	0.028	0.009	0.007	0.005
244	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	1.628	2.138	1.200	0.585
259	0.137	0.207	0.292	0.491	0.400	0.200	0.079	0.028	0.010	0.007	0.005
314	0.057	0.114	0.211	0.727	0.827	0.390	0.122	0.033	0.009	0.006	0.004
354	0.069	0.111	0.168	0.416	0.568	0.435	0.223	0.093	0.036	0.026	0.018
357	0.178	0.229	0.282	0.391	0.353	0.226	0.118	0.055	0.024	0.018	0.014
สารสนเทศแบบทดสอบ	1.818	2.678	3.874	7.634	6.875	3.583	1.292	2.038	2.279	1.301	0.656



ภาคผนวก จ

- การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม

Linear Programming Optimizer V 2.61

ตัวอย่าง
การเขียนคำสั่งวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม LP v 2.61
แฟ้มข้อมูล P11_20.LP

* P11_20.LP

INTEGER:9

VAR: 100

LTE: 100

GTE: 5

EQU: 0

FUNCTION: MIN:

$x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8+x_9+x_{10}+x_{11}+x_{12}+x_{13}+x_{14}+x_{15}+x_{16}+x_{17}+x_{18}+x_{19}+x_{20}+$
 $x_{21}+x_{22}+x_{23}+x_{24}+x_{25}+x_{26}+x_{27}+x_{28}+x_{29}+x_{30}+x_{31}+x_{32}+x_{33}+x_{34}+x_{35}+x_{36}+x_{37}+x_{38}+$
 $x_{39}+x_{40}+x_{41}+x_{42}+x_{43}+x_{44}+x_{45}+x_{46}+x_{47}+x_{48}+x_{49}+x_{50}+x_{51}+x_{52}+x_{53}+x_{54}+x_{55}+x_{56}+$
 $x_{57}+x_{58}+x_{59}+x_{60}+x_{61}+x_{62}+x_{63}+x_{64}+x_{65}+x_{66}+x_{67}+x_{68}+x_{69}+x_{70}+x_{71}+x_{72}+x_{73}+x_{74}+$
 $x_{75}+x_{76}+x_{77}+x_{78}+x_{79}+x_{80}+x_{81}+x_{82}+x_{83}+x_{84}+x_{85}+x_{86}+x_{87}+x_{88}+x_{89}+x_{90}+x_{91}+x_{92}+$
 $x_{93}+x_{94}+x_{95}+x_{96}+x_{97}+x_{98}+x_{99}+x_{100}$

BX1 $x_1 \leq 1$

BX2 $x_2 \leq 1$

BX3 $x_3 \leq 1$

BX4 $x_4 \leq 1$

BX5 $x_5 \leq 1$

BX6 $x_6 \leq 1$

BX7 $x_7 \leq 1$

BX8 $x_8 \leq 1$

BX9 $x_9 \leq 1$

BX10 $x_{10} \leq 1$

BX11 $x_{11} \leq 1$

BX12 $x_{12} \leq 1$

BX13 $x_{13} \leq 1$

BX14 $x_{14} \leq 1$

BX15 $x_{15} \leq 1$

BX16 $x_{16} \leq 1$

BX17 $x_{17} \leq 1$

BX18 $x_{18} \leq 1$

BX19 $x_{19} \leq 1$

BX20 $x_{20} \leq 1$

BX21 $x_{21} \leq 1$

BX22 $x_{22} \leq 1$

BX23 $x_{23} \leq 1$

BX24 $x_{24} \leq 1$

BX25 $x_{25} \leq 1$

BX26 $x_{26} \leq 1$

BX27 $x_{27} \leq 1$

BX28 $x_{28} \leq 1$

BX29 $x_{29} \leq 1$

BX30 $x_{30} \leq 1$

BX31 $x_{31} \leq 1$

BX32 $x_{32} \leq 1$

BX33 $x_{33} \leq 1$

BX34 $x_{34} \leq 1$

BX35 $x_{35} \leq 1$

BX36 $x_{36} \leq 1$

BX37 $x_{37} \leq 1$

BX38 $x_{38} \leq 1$

BX39 $x_{39} \leq 1$

BX40 $x_{40} \leq 1$
BX41 $x_{41} \leq 1$
BX42 $x_{42} \leq 1$
BX43 $x_{43} \leq 1$
BX44 $x_{44} \leq 1$
BX45 $x_{45} \leq 1$
BX46 $x_{46} \leq 1$
BX47 $x_{47} \leq 1$
BX48 $x_{48} \leq 1$
BX49 $x_{49} \leq 1$
BX50 $x_{50} \leq 1$
BX51 $x_{51} \leq 1$
BX52 $x_{52} \leq 1$
BX53 $x_{53} \leq 1$
BX54 $x_{54} \leq 1$
BX55 $x_{55} \leq 1$
BX56 $x_{56} \leq 1$
BX57 $x_{57} \leq 1$
BX58 $x_{58} \leq 1$
BX59 $x_{59} \leq 1$
BX60 $x_{60} \leq 1$
BX61 $x_{61} \leq 1$
BX62 $x_{62} \leq 1$
BX63 $x_{63} \leq 1$
BX64 $x_{64} \leq 1$
BX65 $x_{65} \leq 1$
BX66 $x_{66} \leq 1$
BX67 $x_{67} \leq 1$
BX68 $x_{68} \leq 1$

BX69 $x_{69} \leq 1$
BX70 $x_{70} \leq 1$
BX71 $x_{71} \leq 1$
BX72 $x_{72} \leq 1$
BX73 $x_{73} \leq 1$
BX74 $x_{74} \leq 1$
BX75 $x_{75} \leq 1$
BX76 $x_{76} \leq 1$
BX77 $x_{77} \leq 1$
BX78 $x_{78} \leq 1$
BX79 $x_{79} \leq 1$
BX80 $x_{80} \leq 1$
BX81 $x_{81} \leq 1$
BX82 $x_{82} \leq 1$
BX83 $x_{83} \leq 1$
BX84 $x_{84} \leq 1$
BX85 $x_{85} \leq 1$
BX86 $x_{86} \leq 1$
BX87 $x_{87} \leq 1$
BX88 $x_{88} \leq 1$
BX89 $x_{89} \leq 1$
BX90 $x_{90} \leq 1$
BX91 $x_{91} \leq 1$
BX92 $x_{92} \leq 1$
BX93 $x_{93} \leq 1$
BX94 $x_{94} \leq 1$
BX95 $x_{95} \leq 1$
BX96 $x_{96} \leq 1$
BX97 $x_{97} \leq 1$

BX98 x98 <= 1

BX99 x99 <= 1

BX100 x100 <= 1

THETA-20

0.044x1+0.001x2+0.062x3+0.253x4+0.267x5+0.301x6+0.002x7+0.027x8+0.645x9+0.700x10+
 .001x11+0.069x12+0.103x13+0.078x14+0.010x15+0.007x16+0.006x17+0.120x18+
 0.646x19+0.029x20+0.022x21+0.061x22+0.086x23+0.604x24+0.003x25+0.003x26+
 0.008x27+0.395x28+0.085x30+0.664x31+0.359x32+0.001x33+0.002x34+0.674x35+
 0.289x36+0.005x37+0.002x38+0.062x39+0.105x40+0.343x41+0.040x42+0.055x43+
 0.048x44+0.352x45+0.018x46+0.022x47+0.114x48+0.642x49+0.051x50+0.042x51+
 0.043x52+0.600x53+0.002x54+0.008x55+0.012x56+0.131x57+0.003x58+0.008x59+
 0.141x60+0.209x61+0.039x62+0.047x63+0.062x64+0.051x65+0.018x66+0.103x67+
 0.547x68+0.703x69+0.238x70+0.002x71+0.042x72+0.025x73+0.043x74+0.085x75+
 0.586x76+0.043x77+0.030x78+0.047x79+0.007x80+0.085x81+0.177x82+0.106x83+
 0.006x84+0.010x85+0.022x86+0.022x87+0.029x88+0.086x89+0.602x90+0.002x91+
 0.006x92+0.005x93+0.007x94+0.015x95+0.271x96+0.006x97+0.006x98+0.016x99+
 0.150x100 >=1

THETA-12

0.156x1+0.003x2+0.213x3+0.601x4+0.617x5+0.651x6+0.007x7+0.101x8+0.645x9+0.374x10
 + 0.004x11+0.234x12+0.326x13+0.021x14+0.040x15+0.028x16+0.024x17+0.370x18+
 0.295x19+0.106x20+0.083x21+0.210x22+0.282x23+0.679x24+0.012x25+0.012x26+0.029x27
 +0.709x28+0.001x29+0.281x30+0.624x31+0.116x32+0.003x33+0.010x34+0.611x35+
 0.088x36+0.019x37+0.008x38+0.215x39+0.332x40+0.683x41+0.143x42+0.192x43+0.171x44
 +0.689x45+0.069x46+0.081x47+0.354x48+0.648x49+0.181x50+0.151x51+0.152x52+
 0.252x53+0.006x54+0.032x55+0.045x56+0.394x57+0.010x58+0.032x59+0.416x60+0.540x61
 +0.141x62+0.168x63+0.213x64+0.178x65+0.067x66+0.327x67+0.709x68+0.561x69+
 0.582x70+0.007x71+0.151x72+0.092x73+0.153x74+0.280x75+0.241x76+0.152x77+0.109x78
 +0.168x79+0.026x80+0.280x81+0.487x82+0.335x83+0.024x84+0.036x85+0.082x86+

$$0.082x87+0.105x88+0.281x89+0.681x90+0.009x91+0.023x92+0.018x93+0.026x94+ \\ 0.057x95+0.621x96+0.022x97+0.021x98+0.060x99+0.436x100 \geq 4$$

THETA0

$$0.628x1+0.021x2+0.694x3+0.523x4+0.505x5+0.462x6+0.049x7+0.502x8+0.168x9+0.065x10+ \\ 0.027x11+0.708x12+0.719x13+0.003x14+0.256x15+0.188x16+0.163x17+0.706x18+0.048x19+ \\ 0.518x20+0.446x21+0.692x22+0.722x23+0.196x24+0.086x25+0.089x26+0.196x27+0.360x28+ \\ 0.006x29+0.722x30+0.154x31+0.016x32+0.021x33+0.070x34+0.147x35+0.012x36+0.137x37+ \\ 0.056x38+0.696x39+0.718x40+0.413x41+0.605x42+0.676x43+0.650x44+0.404x45+0.390x46+ \\ 0.436x47+0.711x48+0.170x49+0.662x50+0.619x51+0.621x52+0.039x53+0.047x54+0.214x55+ \\ 0.281x56+0.694x57+0.075x58+0.210x59+0.682x60+0.585x61+0.600x62+0.645x63+0.694x64+ \\ 0.660x65+0.385x66+0.719x67+0.235x68+0.123x69+0.544x70+0.053x71+0.619x72+0.476x73+ \\ 0.623x74+0.722x75+0.037x76+0.621x77+0.526x78+0.645x79+0.175x80+0.722x81+0.631x82+ \\ 0.717x83+0.164x84+0.236x85+0.440x86+0.440x87+0.514x88+0.722x89+0.197x90+0.066x91+ \\ 0.159x92+0.126x93+0.176x94+0.341x95+0.500x96+0.151x97+0.149x98+0.353x99+ \\ 0.669x100 \geq 12$$

THEA+12

$$0.492x1+0.147x2+0.393x3+0.108x4+0.102x5+0.088x6+0.304x7+0.619x8+0.024x9+0.009x10+ \\ 0.185x11+0.364x12+0.265x13+0.717x15+0.670x16+0.639x17+0.230x18+0.006x19+0.605x20+ \\ 0.662x21+0.398x22+0.307x23+0.029x24+0.454x25+0.466x26+0.680x27+0.061x28+0.043x29+ \\ 0.308x30+0.022x31+0.002x32+0.146x33+0.395x34+0.021x35+0.002x36+0.592x37+0.337x38+ \\ 0.391x39+0.260x40+0.074x41+0.519x42+0.426x43+0.464x44+0.072x45+0.696x46+0.669x47+ \\ 0.241x48+0.025x49+0.446x50+0.502x51+0.500x52+0.005x53+0.292x54+0.695x55+0.722x56 \\ +0.213x57+0.416x58+0.692x59+0.198x60+0.134x61+0.524x62+0.470x63+0.393x64+ \\ 0.450x65+0.699x66+0.264x67+0.036x68+0.017x69+0.116x70+0.322x71+0.502x72+ \\ 0.640x73+0.498x74+0.310x75+0.005x76+0.500x77+0.598x78+0.470x79+0.655x80+ \\ 0.310x81+0.159x82+0.257x83+0.640x84+0.709x85+0.667x86+0.666x87+0.609x88+ \\ 0.308x89+0.029x90+0.381x91+0.633x92+0.569x93+0.657x94+0.716x95+0.100x96+ \\ 0.618x97+0.616x98+0.712x99+0.186x100 \geq 4$$

THEA+20

0.180x1+0.428x2+0.131x3+0.029x4+0.028x5+0.024x6+0.654x7+0.269x8+0.006x9+0.002x10+
 0.500x11+0.118x12+0.080x13+0.519x15+0.616x16+0.651x17+0.067x18+0.002x19+0.256x20+
 0.314x21+0.133x22+0.095x23+0.008x24+0.722x25+0.723x26+0.603x27+0.016x28+0.155x29+
 0.096x30+0.006x31+0.001x32+0.426x33+0.709x34+0.005x35+0.687x37+0.680x38+0.130x39+
 0.078x40+0.020x41+0.195x42+0.146x43+0.164x44+0.019x45+0.365x46+0.323x47+0.071x48+
 0.006x49+0.156x50+0.186x51+0.184x52+0.001x53+0.643x54+0.578x55+0.486x56
 +0.062x57+0.716x58+0.583x59+0.057x60+0.037x61+0.199x62+0.168x63+0.131x64+0.157x65+
 0.370x66+0.079x67+0.009x68+0.005x69+0.032x70+0.668x71+0.186x72+0.289x73+0.183x74+
 0.096x75+0.001x76+0.184x77+0.251x78+0.168x79+0.635x80+0.096x81+0.045x82+0.077x83+
 0.650x84+0.546x85+0.320x86+0.319x87+0.260x88+0.095x89+0.008x90+0.703x91+0.657x92+
 0.699x93+0.633x94+0.416x95+0.027x96+0.669x97+0.671x98+0.403x99+0.053x100 >=1

END:

ANALYSIS SECTION - Tuesday March 17, 1998 19:52:30

Page: 4

ScanSoft(tm) LP v2.61/REGISTERED COPY/LINEAR PROGRAMMING SOLUTION: P11_20.LP

CONSTRAINT SUMMARY

CONSTRAINT CURRENT TYPE NAME OF RHS	UNUSED CAPACITY/ UPPER RANGE EXCESS DEMAND VARIABLE	SHADOW EXITING PRICE	EXITING VARIABLE	LOWER RANGE OF RHS	RHS
LTE BX1 UNBOUNDED	1.0000	0.0000	-BX1	0.0000	1.0000
LTE BX2 UNBOUNDED	1.0000	0.0000	-BX2	0.0000	1.0000
LTE BX4 UNBOUNDED	1.0000	0.0000	-BX4	0.0000	1.0000
LTE BX5 UNBOUNDED	1.0000	0.0000	-BX5	0.0000	1.0000
LTE BX6 UNBOUNDED	1.0000	0.0000	-BX6	0.0000	1.0000
LTE BX7 UNBOUNDED	1.0000	0.0000	-BX7	0.0000	1.0000
LTE BX8 UNBOUNDED	1.0000	0.0000	-BX8	0.0000	1.0000
LTE BX9 UNBOUNDED	1.0000	0.0000	-BX9	0.0000	1.0000
LTE BX10 UNBOUNDED	1.0000	0.0000	-BX10	0.0000	1.0000
LTE BX11 UNBOUNDED	1.0000	0.0000	-BX11	0.0000	1.0000
GTE THEA12 4.0000	1.1671 5.1671 +THEA12	0.0000		UNBOUNDED	
GTE THEO 12.0000	0.0000 12.0780 -BX22	1.4451	x22	11.3860	
GTE THE12 4.0000	0.9033 4.9033 +THE12	0.0000		UNBOUNDED	
GTE THE20 1.0000	0.5181 1.5181 +THE20	0.0000		UNBOUNDED	

SOLUTION SECTION - Tuesday March 17, 1998 19:52:39

Page: 6

ScanSoft(tm) LP v2.61/REGISTERED COPY/LINEAR PROGRAMMING SOLUTION: P11_20.LP

FINAL LINEAR SOLUTION COST SUMMARY

SOLUTION VARIABLE	ACTIVITY LEVEL	CURRENT INPUT COEFFICIENT	EXTENDED COST

FUNCTION	16.8873	0.0000	0.0000
-BX1	1.0000	0.0000	0.0000
-BX2	1.0000	0.0000	0.0000
x3	1.0000	1.0000	1.0000
-BX4	1.0000	0.0000	0.0000
-BX5	1.0000	0.0000	0.0000
-BX6	1.0000	0.0000	0.0000
-BX7	1.0000	0.0000	0.0000
-BX8	1.0000	0.0000	0.0000
-BX9	1.0000	0.0000	0.0000
-BX10	1.0000	0.0000	0.0000
-BX11	1.0000	0.0000	0.0000
x12	1.0000	1.0000	1.0000
x13	1.0000	1.0000	1.0000
-BX14	1.0000	0.0000	0.0000
-BX15	1.0000	0.0000	0.0000
-BX16	1.0000	0.0000	0.0000
-BX17	1.0000	0.0000	0.0000
x18	1.0000	1.0000	1.0000
-BX19	1.0000	0.0000	0.0000
-BX20	1.0000	0.0000	0.0000
-BX21	1.0000	0.0000	0.0000
-BX22	0.1127	0.0000	0.0000
x23	1.0000	1.0000	1.0000
-BX24	1.0000	0.0000	0.0000
-BX25	1.0000	0.0000	0.0000
-BX26	1.0000	0.0000	0.0000
-BX27	1.0000	0.0000	0.0000
-BX28	1.0000	0.0000	0.0000
-BX29	1.0000	0.0000	0.0000
x30	1.0000	1.0000	1.0000
-BX31	1.0000	0.0000	0.0000
-BX32	1.0000	0.0000	0.0000
-BX33	1.0000	0.0000	0.0000
-BX34	1.0000	0.0000	0.0000
-BX35	1.0000	0.0000	0.0000

- continued -

-BX36	1.0000	0.0000	0.0000
-BX37	1.0000	0.0000	0.0000
-BX38	1.0000	0.0000	0.0000
x39	1.0000	1.0000	1.0000
x40	1.0000	1.0000	1.0000
-BX41	1.0000	0.0000	0.0000
-BX42	1.0000	0.0000	0.0000
-BX43	1.0000	0.0000	0.0000
-BX44	1.0000	0.0000	0.0000
-BX45	1.0000	0.0000	0.0000
-BX46	1.0000	0.0000	0.0000
-BX47	1.0000	0.0000	0.0000
x48	1.0000	1.0000	1.0000
-BX49	1.0000	0.0000	0.0000
-BX50	1.0000	0.0000	0.0000
-BX51	1.0000	0.0000	0.0000
-BX52	1.0000	0.0000	0.0000
-BX53	1.0000	0.0000	0.0000
-BX54	1.0000	0.0000	0.0000
-BX55	1.0000	0.0000	0.0000
-BX56	1.0000	0.0000	0.0000
x57	1.0000	1.0000	1.0000
-BX58	1.0000	0.0000	0.0000
-BX59	1.0000	0.0000	0.0000
-BX60	1.0000	0.0000	0.0000
-BX61	1.0000	0.0000	0.0000
-BX62	1.0000	0.0000	0.0000
-BX63	1.0000	0.0000	0.0000
x64	1.0000	1.0000	1.0000
-BX65	1.0000	0.0000	0.0000
-BX66	1.0000	0.0000	0.0000
x67	1.0000	1.0000	1.0000
-BX68	1.0000	0.0000	0.0000
-BX69	1.0000	0.0000	0.0000
-BX70	1.0000	0.0000	0.0000
-BX71	1.0000	0.0000	0.0000
-BX72	1.0000	0.0000	0.0000
-BX73	1.0000	0.0000	0.0000
-BX74	1.0000	0.0000	0.0000
x75	1.0000	1.0000	1.0000
-BX76	1.0000	0.0000	0.0000
-BX77	1.0000	0.0000	0.0000
-BX78	1.0000	0.0000	0.0000
-BX79	1.0000	0.0000	0.0000
-BX80	1.0000	0.0000	0.0000
x81	1.0000	1.0000	1.0000

- continued -

-BX82	1.0000	0.0000	0.0000
x83	1.0000	1.0000	1.0000
-BX84	1.0000	0.0000	0.0000
-BX85	1.0000	0.0000	0.0000
-BX86	1.0000	0.0000	0.0000
-BX87	1.0000	0.0000	0.0000
-BX88	1.0000	0.0000	0.0000
x89	1.0000	1.0000	1.0000
-BX90	1.0000	0.0000	0.0000
-BX91	1.0000	0.0000	0.0000
-BX92	1.0000	0.0000	0.0000
-BX93	1.0000	0.0000	0.0000
-BX94	1.0000	0.0000	0.0000
-BX95	1.0000	0.0000	0.0000
-BX96	1.0000	0.0000	0.0000
-BX97	1.0000	0.0000	0.0000
-BX98	1.0000	0.0000	0.0000
-BX99	1.0000	0.0000	0.0000
-BX100	1.0000	0.0000	0.0000
+THEA20	0.6200	0.0000	0.0000
+THEA12	1.1671	0.0000	0.0000
x22	0.8873	1.0000	0.8873
+THE12	0.9033	0.0000	0.0000
+THE20	0.5181	0.0000	0.0000

ภาคผนวก ข

- **การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม**

SPSS for Windows Release 6.13

ผลการวิเคราะห์โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม : ความแม่นยำในการประมาณค่า

----- O N E W A Y -----

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	474.7544	237.3772	2413.8107	.0000
Within Groups	16058	1579.1639	.0983		
Total	16060	2053.9182			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
1pl	5266	.9728	.2938	.0040	.9648 TO .9807
2pl	5402	.6360	.1559	.0021	.6318 TO .6401
3pl	5393	1.0215	.4292	.0058	1.0101 TO 1.0330
Total	16061	.8759	.3576	.0028	.8703 TO .8814

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
2223.1290	2	16058	.000

Multiple Range Tests: Newman-Keuls test with significance level .050

The difference between two means is significant if

$MEAN(J)-MEAN(I) \geq .2217 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))$

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3
RANGE	2.81	3.33

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

	2	1	3
	p	p	p
Mean	VAR00001		
.6360	2pl		
.9728	1pl	*	
1.0215	3pl	**	

ผลการวิเคราะห์ขนาดคลังข้อสอบ : ความแม่นยำในการประมาณค่า

*** ANALYSIS OF VARIANCE ***

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	8.1488	4.0744	31.9816	.0000
Within Groups	16058	2045.7694	.1274		
Total	16060	2053.9182			

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean
bank100	5330	.8452	.3639	.0050	.8354 TO .8549
bank200	5362	.8834	.3896	.0053	.8730 TO .8938
bank300	5369	.8988	.3132	.0043	.8904 TO .9072
Total	16061	.8759	.3576	.0028	.8703 TO .8814

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
50.0108	2	16058	.000

Multiple Range Tests: Newman-Keuls test with significance level .050

The difference between two means is significant if

$$MEAN(J)-MEAN(I) \geq .2524 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))$$

with the following value(s) for RANGE:

Step 2 3

RANGE 2.81 3.33

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

b b b

1 2 3

Mean VAR00001

.8452 bank100

.8834 bank200 *

.8988 bank300 **

ผลการวิเคราะห์ผลของตำแหน่งความสามารถสำหรับการประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศ

แบบทดสอบ : ความแม่นยำในการประมาณค่า

----- O N E W A Y -----

Analysis of Variance

		Sum of	Mean	F	F
Source	D.F.	Squares	Square	Ratio	Prob.
Between Groups	2	7.1624	3.5812	28.3110	.0000
Within Groups	1605	2031.2728	.1265		
Total	16060	2038.4352			

		Standard	Standard			
Group	Count	Mean	Deviation	Error	95 Pct Conf Int for Mean	
rang22	5346	.8549	.3599	.0049	.8452 TO	.8645
rang20	5347	.8645	.3514	.0048	.8551 TO	.8740
rang18	5368	.9037	.3556	.0049	.8942 TO	.9132
Total	16061	.8744	.3563	.0028	.8689 TO	.8799

Levene Test for Homogeneity of Variances

Statistic	df1	df2	2-tail Sig.
1.6197	2	16058	.198

Multiple Range Tests: Newman-Keuls test with significance level .050

The difference between two means is significant if

$$MEAN(J)-MEAN(I) \geq .2515 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))$$

with the following value(s) for RANGE:

Step 2 3
RANGE 2.81 3.33

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

r r r		
2 0 1		
Mean	VAR00001	
.8549	rang22	
.8645	rang20	
.9037	rang18	**

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นายสมหวัง ชื่อสกุล บุญสิทธิ์
 เกิดวันที่ 13 เดือน กุมภาพันธ์ พุทธศักราช 2505
 สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน 196 หมู่ 4 ตำบลบ้านเป็ด
 อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
 ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน ศึกษานิเทศก์ 6
 สถานที่ทำงานในปัจจุบัน หน่วยศึกษานิเทศก์
 สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดขอนแก่น

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2523 มัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนอุดรพิทยานุกูล
 พ.ศ. 2526 ศษ.บ. (เกียรตินิยมอันดับ 2) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น
 พ.ศ. 2532 ศษ.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น
 พ.ศ. 2542 กศ.ด. (การทดสอบและวัดผลการศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการวัดของแบบทดสอบอัตโนมัติ
ที่สร้างโดยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming

บทคัดย่อ
ของ
สมหวัง บุญสิทธิ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาการทดสอบและวัดผลการศึกษา
มีนาคม 2542

การศึกษาครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบจำนวนข้อคำถามและความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ(θ) ของแบบทดสอบอัตโนมัติ ที่สร้างโดยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming เมื่อโมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ และขนาดคลังข้อสอบต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการศึกษาจังหวัดขอนแก่น ซึ่งได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน จำนวน 274 โรงเรียน นักเรียน 7,434 คน

เครื่องมือวิจัยคือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 วัดสมรรถภาพด้านความรู้ ความเข้าใจ ครอบคลุมเนื้อหาหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ลักษณะข้อคำถาม เป็นแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 397 ข้อ วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ประจำข้อด้วยทฤษฎีการตอบข้อคำถาม โมเดลโลจิสติก ชนิด 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ และปรับค่าพารามิเตอร์ข้อคำถามให้อยู่บนสเกลเดียวกัน ด้วยวิธีใช้แบบทดสอบร่วม จากนั้นจัดชุดแบบทดสอบ โดยการคัดเลือกข้อคำถามวิธี Binary Programming รวม 54 เงื่อนไข แต่ละเงื่อนไขกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดเฉลี่ย 0.50 พิจารณาชุดข้อคำถามที่เข้าเงื่อนไขมารวมกัน ได้แบบทดสอบจำนวน 8 ฉบับ แล้วนำไปทดสอบนักเรียนฉบับละ 300 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ความถี่ ร้อยละ การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Friedman Two Way Anova, Wilcoxon Matched - Pairs Signed - Ranks Test, t-test, F-test เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Dunn และ Newman Keuls ตามลำดับ ผลการศึกษา พบว่า

1. โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ และขนาดคลังข้อสอบ ส่งผลให้แบบทดสอบอัตโนมัติมีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณด้วยวิธีของ Dunn ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1 พารามิเตอร์ กับ 2 พารามิเตอร์, โมเดล 2 พารามิเตอร์ กับ 3 พารามิเตอร์, พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ กับ $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$, คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ กับ 200 ข้อ และคลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ กับ 300 ข้อ มีจำนวน

ข้อคำถามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนแบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1 พารามิเตอร์กับ 3 พารามิเตอร์, พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq 0 \leq 2.2$ กับ $-2.0 \leq 0 \leq 2.0$, $-2.0 \leq 0 \leq 2.0$ กับ $-1.8 \leq 0 \leq 1.8$ และคลังข้อสอบขนาด 200 ข้อ กับ 300 ข้อ มีจำนวนข้อคำถามแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. โมเดลที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อคำถาม ลักษณะการแจกแจงของฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ และขนาดคลังข้อสอบ ส่งผลให้แบบทดสอบอัตโนมัติมีความแม่นยำในการวัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบพิสัยเชิงพหุคูณด้วยวิธีของ Newman Keuls ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างจากข้อคำถามที่วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 1 พารามิเตอร์ กับ 2 พารามิเตอร์, 1 พารามิเตอร์ กับ 3 พารามิเตอร์, 2 พารามิเตอร์ กับ 3 พารามิเตอร์, พิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq 0 \leq 2.2$ กับ $-1.8 \leq 0 \leq 1.8$, $-2.0 \leq 0 \leq 2.0$ กับ $-1.8 \leq 0 \leq 1.8$, คลังข้อสอบขนาด 100 ข้อ กับ 200 ข้อ, 100 ข้อกับ 300 ข้อ และ 200 ข้อกับ 300 ข้อ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนแบบทดสอบที่สร้างโดยกำหนดพิสัยของตำแหน่งความสามารถสำหรับประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศแบบทดสอบ $-2.2 \leq 0 \leq 2.2$ กับ $-2.0 \leq 0 \leq 2.0$ ข้อ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ยังพบว่า แบบทดสอบส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสูงกว่าระดับที่กำหนดไว้ ยกเว้น 3 ฉบับที่มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดต่ำกว่า 0.50 คือเท่ากับ 0.44 ได้แก่ แบบทดสอบที่สร้างจากคลังข้อสอบขนาด 200 ข้อที่วิเคราะห์ข้อคำถามด้วย โมเดลโลจิสติก 2 พารามิเตอร์ การแจกแจงสารสนเทศแบบทดสอบเป้าหมาย แบบ Peak และกำหนดพิสัยการวัดตำแหน่งความสามารถ $-2.2 \leq 0 \leq 2.2$, $-2.0 \leq 0 \leq 2.0$, $-1.8 \leq 0 \leq 1.8$

**SOME FACTORS EFFECTING ON PRECISION OF THE MEASUREMENT
OF AUTOMATED TEST WITH ITEM SELECTION BY MEANS OF
BINARY PROGRAMMING**

ABSTRACT

BY

SOMWANG BOONSIT

**Presented in partial fulfillment of the requirements for
the Doctor of Education Degree in Testing and Educational Measurement
at Srinakharinwirot University**

March 1999

The purposes of this study were to compare the number of the items and the precision of estimating individual abilities who took the automated test selected the items by means of binary programming, which difference conditions: the number of parameters used to item calibration, the distribution of target test information function, the range of location on the ability scale and sizes of item banks.

The population of the study was fourth grade students of primary schools under the office of Khon Kaen Provincial Primary Education in the academic year 1997. Multistage random sampling was used to select the sample of 7,434 students from 274 schools.

The research instruments were achievement tests of the life experiences group for the fourth grade primary students, measuring ability of cognitive domain covering the 1978 primary education curriculum (revised edition 1989). There were 397 multiple-choices items, covering 20 content areas. The calibration of item parameters based on the logistic model item response theory; 1PL, 2PL and 3PL. The items parameters were adjusted on a common scale with anchor test design. The process of test assembly item selection to match a target test information function was binary programming. There were 54 subtests, which average standard errors of 0.50. Consider the overlapping of the items, assembled 8 tests. Each tests were given to the total of 300 students. The data analysis included frequency, percentage, Friedman Two Way Anova, Wilcoxon Matched-Pairs Signed-Rank Test, t-test, F-test and multiple range tests by Dunn and Newman Keuls. The results showed that:

1. The number of parameters used to item calibration, the distribution of target test information function, the range of location on the ability scale and sizes of item banks took effect on the number of items in the automated test significantly at 0.05 level. The multiple range test with Dunn's method, stated that each pair of tests from item parameter logistic models 1PL and 2PL, 2PL and 3PL; the range of location on the ability scale $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ and $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$; the size of item banks of 100 items and 200 items, and 200 items and 300 items, were statistical difference at 0.05 level. However, there were no significant differences between 1PL and 3PL; $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ and $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$, $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ and $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$; item bank 200 items and 300 items.

2. The number of parameters used to item calibration, the distribution of target test information function, the range of location on the ability scale and sizes of item bank took effect on the precision of the automated test significantly at 0.05 level. The multiple range test with Newman Keuls's method, stated that each pair of tests from item parameter logistic model 1PL and 2PL, 1PL and 3PL, 2PL and 3PL; the range of location on the ability scale $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ and $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$, $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$ and $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$; the size of item banks 100 items and 200 items, 100 items and 300 items and 200 and 300 items were statistical difference at 0.05 level. However, there were no significant difference between $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$ and $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$.

Further, most tests had the average standard errors of measurement above 0.50, more than expected. Only 3 subtests that had the average

standard errors of 0.44. They were: test from the item banks of 200 items, item calibrated 2PL, peak target test information function and the range of location on the ability scale $-2.2 \leq \theta \leq 2.2$, $-2.0 \leq \theta \leq 2.0$, $-1.8 \leq \theta \leq 1.8$.