

๗๑,๒๖๐๑๓

๙๙๖๗

๗,๖

การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ในการประมาณค่า
และความสามารถของผู้สอบ ในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีต่างกัน

๒๖ ส.ค. ๒๕๓๙

ปริญญานิพนธ์

ของ

ไอลดา คล้ายสำริด

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา

พฤษภาคม ๒๕๓๘

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

196028

การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ในการประมาณค่า
และความสามารถของผู้สอบ ในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีต่างกัน

บทคัดย่อ

ของ

ไอลดา คล้ายสาริต

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา

พฤษภาคม 2538

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ในการประมาณค่าและค่าความสามารถของผู้สอบความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้วิธีต่างกัน 4 วิธี ได้แก่ วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ โดยศึกษากับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดพิจิตร จำนวน 854 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง การประมาณค่าความยากของข้อสอบและค่าความสามารถของผู้สอบ ใช้โปรแกรม BICAL และ BIGSIEPS ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบราส์ชไมเดล

ผลการวิจัยสรุปดังนี้

1. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ และระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข กับวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก มีค่าเท่ากับ 1 ทุกระดับความสามารถ ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกและวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขและวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ มีค่าสูงกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก สูง และสูงมาก แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำและปานกลาง ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถระหว่างวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์มีค่าสูงกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มี

ความถาวรระดับต่ำมาก ต่ำ สูง และสูงมาก แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในกลุ่มผู้เฒ่าที่มีความสามารถระดับปานกลาง

3. ค่าความสามารถของผู้เฒ่า ที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ และวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

A COMPARATIVE OF STANDARD ERROR OF ESTIMATE, RELATIVE EFFICIENCY
OF ESTIMATE AND EXAMINEES' ABILITY IN MATHEMATICS
ACHIEVEMENT TEST USING DIFFERENT ESTIMATION

AN ABSTRACT
BY
ILADA KLYSUMRID

Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Educational Measurement
at Srinakharinwirot University

May 1995

The purpose of this research was to compare standard error of estimate, relative efficiency of estimate and examinee's ability in Mathematics achievement test using different types of estimation. Four types of estimations were the most difficulty of item answer correctly, average difficulty of all item answer correctly, uncondition maximum likelihood and Cohen's approximation procedure; PROX. A sample of 854 Pratommasuksa 6 students of the academic year 1993 in Pratumtanee was selected by simple random sampling technique. The research instruments used were Mathematics achievement test constructed by the researcher. The BICAL computer program and the BIGSTEPS computer program were used to estimate items difficulty and examinee's ability for the Rasch Model in Item Response Theory.

The results of the research were summarized as follows.

1. Standard error of estimation between the most difficulty of item answer correctly and average difficulty of all item answer correctly, uncondition maximum likelihood, Cohen's approximation procedure; PROX, for between average difficulty of all item answer correctly and uncondition maximum likelihood, Cohen's approximation procedure; PROX had statisitcally significant different at .01 level. For standard error of estimation between uncondition maximum likelihood and Cohen's approximation procedure; PROX had not statistically significant' different.

2. The relative efficeincy of estimation between the most difficulty of item answer correctly and average difficulty of all item answer correctly had equal 1 at every ability levels. For the relative efficiency of estimation between the most difficulty of item answer correctly, average difficulty of all item answer

correctly and uncondition maximum likelihood, Cohen's approximation procedure : PROX had higher than 1 at the very low, high and very high ability levels but lower than 1 at the low, the moderate ability level. For the relative efficiency of estimation between uncondition maximum Likelihood and Cohen's approximation procedure : PROX had higher than 1 at the very low, low, high and very high ability levels but lower than 1 at the moderate ability level.

3. The examinee's ability between the most difficulty of item answer correctly and average difficulty of all item answer correctly, uncondition maximum likelihood, Cohen's approximation procedure : PROX for between average difficulty of all item answer correctly and uncondition maximum likelihood, Cohen's approximation procedure : PROX had statistically significant different at .01 level. For the examinee's ability between uncondition maximum likelihood and Cohen's approximation procedure : PROX had not Statistically significant different.

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
วิชาเอกการวัดผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์อังคณา สายยศ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์อังคณา สายยศ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน์)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รองศาสตราจารย์ คร.ส.วาสนา ประวาสพฤกษ์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร. ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ ๘ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๘

ประกาศขอบคุณการ

ในการทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ อังคนา สายยศ และรองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตนะ กรรมการที่ปรึกษาปฏิญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการทำปฏิญานิพนธ์มาโดยตลอด ตั้งแต่ต้นจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ส.วาสนา ประवालพุกษ์ กรรมการสอบปฏิญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ชัมภลขิต อาจารย์อ่องอาจ นัยพันธ์ อาจารย์ประเสริฐ กวางทอง และอาจารย์รุ่งฤดี ทรัพย์นิธิ สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดบึงกาฬ และคณะครูของโรงเรียนในกลุ่มตัวอย่าง และขอขอบใจนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบถึงพระคุณของบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และครู อาจารย์ ที่ได้อบรมสั่งสอน ตลอดจนให้การสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยตลอดมา

ไอลดา คล้ายสำริด

สารบัญ

บทที่

หน้า

1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	4
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	4
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
	พื้นฐานความเข้าใจในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม	10
	ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม	13
	พิสัยของค่าพารามิเตอร์	14
	โมเดลของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม	15
	รหัสขโมยเดล	21
	ดัชนีแบ่งที่ประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์	13
	ฟังก์ชันอินเฟอร์เมชันของแบบทดสอบ	33
	ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	37
	สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า	42
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	44
	ประชากร	44
	กลุ่มตัวอย่าง	44
	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	46
	วิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	48

ลักษณะแบบทดสอบในการวิจัย	51
วิธีดำเนินการเก็บข้อมูล	52
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	52
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	57
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	57
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	57
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	58
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	83
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	83
กลุ่มตัวอย่าง	83
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	83
วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล	83
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	84
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล	85
อภิปรายผล	87
ข้อเสนอแนะ	92
บรรณานุกรม	93
ภาคผนวก	99
ประวัติย่อของผู้วิจัย	153

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่าความสามารถของคน และค่าความยากของข้อสอบ	24
2	ค่าคุณสมบัติของแบบทดสอบ 5 ข้อ	33
3	แสดงจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า จำนวนตาม โรงเรียน	45
4	ค่าสถิติพื้นฐานของวิธีการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ค่าความ คลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีประมาณค่าทั้ง 4 วิธี	58
5	การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยาก ของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธี ประมาณค่าตามวิธีพรีอิกซ์	60
6	การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยาก ของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธี ประมาณค่าตามวิธีพรีอิกซ์ เป็นรายคู่	61
7	ค่าประสิทธิภาพของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธี ประมาณค่าต่างกัน 4 วิธี ที่ระดับความสามารถตั้งแต่ -4.00 ถึง 4.00 จำนวน 81 ระดับความสามารถ	63
8	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความสามารถของผู้สอบที่มีวิธีประมาณค่า ความสามารถแตกต่างกัน จำนวน 4 วิธี	80

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่าความสามารถของคน และค่าความยากของข้อสอบ	24
2	ค่าคุณสมบัติของแบบทดสอบ 5 ข้อ	33
3	แสดงจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า จำแนกตาม โรงเรียน	45
4	ค่าสถิติพื้นฐานของวิธีการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ค่าความ คลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีประมาณค่าทั้ง 4 วิธี	58
5	การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยาก ของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธี ประมาณค่าตามวิธีพรีอิกซ์	60
6	การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยาก ของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธี ประมาณค่าตามวิธีพรีอิกซ์ เป็นรายคู่	61
7	ค่าประสิทธิภาพของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธี ประมาณค่าต่างกัน 4 วิธี ที่ระดับความสามารถตั้งแต่ -4.00 ถึง 4.00 จำนวน 81 ระดับความสามารถ	63
8	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความสามารถของผู้สอบที่มีวิธีประมาณค่า ความสามารถแตกต่างกัน จำนวน 4 วิธี	80

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ไค้งลักษณะการตอบรายข้อ	11
2 ความหมายของพารามิเตอร์รายข้อ	12
3 โมเดลไค้งปกติสะสมที่มีพารามิเตอร์ตัวเดียว	15
4 โมเดลไค้งปกติสะสมที่มีพารามิเตอร์สองตัว	16
5 โมเดลไค้งปกติสะสมที่มีพารามิเตอร์สามตัว	16
6 ความหมายของค่า Item Parameter ของ One - parameter Logistic Model	18
7 ความหมายของค่า Item Parameter ของ Two - parameter Logistic Model	19
8 ความหมายของค่า Item Parameter ของ Three - parameter Logistic Model	20
9 มโนทัศน์เกี่ยวกับราสีชโมเดล	21
10 ความแตกต่างระหว่างความสามารถของคนกับความยากของข้อสอบ	23
11 แสดง Information Curve ของแบบทดสอบความถนัด ด้านภาษาของสถาบัน ETS	34
12 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์	47
13 ไค้งประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบระหว่างวิธี ประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าตาม ค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก	69
14 ไค้งประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบระหว่างวิธี ประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าโดย ใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข	70
15 ไค้งประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบระหว่างวิธี ประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามวิธี พรีอิกซ์	72

16	โค้งประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบระหว่างวิธี ประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ท้าทายกับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธี ความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข	74
17	โค้งประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบระหว่างวิธี ประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ท้าทายกับ วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์	
18	โค้งประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบระหว่างวิธี ประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขกับวิธีประมาณค่า ตามวิธีพรีออกซ์	76
19	โค้งอินฟอร์เมชัน ของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธี ประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ท้าทาย	141
20	โค้งอินฟอร์เมชัน ของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธี ประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยของความยากของข้อที่ท้าทาย	142
21	โค้งอินฟอร์เมชัน ของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธี ประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข	143
22	โค้งอินฟอร์เมชัน ของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธี ประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์	144
23	โค้งอินฟอร์เมชัน ของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธี ประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ท้าทาย วิธีประมาณค่า ตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ท้าทาย วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นได้ สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขและวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์	145

ภูมิหลัง

กระบวนการในการศึกษา การวัดผลประเมินผลเป็นจุดที่สำคัญจุดหนึ่งในการที่จะทราบว่าบุคคลเรียนรู้ไปได้มากน้อยเพียงใด แต่การวัดในลักษณะนี้เป็นการวัดคุณลักษณะภายในของมนุษย์ (Latent Trait) ไม่สามารถที่จะวัดได้โดยตรง และในการวัดจำเป็นต้องใช้สิ่งเร้า ไปกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมออกมา ในด้านการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิยมใช้แบบทดสอบเป็น สิ่งเร้า ซึ่งแบบทดสอบที่ใช้จะเป็น เครื่องมือ เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างของพฤติกรรมที่กระทำให้เป็น ปริมาณเพื่อให้ได้คะแนนเป็นตัวเลข แล้วจะนำไปเป็นแนวทางสรุปคุณลักษณะบางประการภายใน ของบุคคลนั้นภายใต้ทฤษฎีทางการวัดผล (นภา กาญจนกิจโสภณ. 2533 : 1)

ทฤษฎีทางการวัดผลที่เคยใช้กันมาในระยะหนึ่งที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน เป็นการประมาณค่า คะแนนจริงหรือความสามารถที่แท้จริงโดยเปรียบเทียบกับคะแนนของกลุ่มผู้สอบเป็นสำคัญ ซึ่งเรียก กันว่า ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Theory) ทฤษฎีนี้ถูกมองว่ามีจุดอ่อนหลาย ประการ ประการแรก ค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถาม คือ ความยากและอำนาจจำแนกของข้อ คำถามแปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มของผู้สอบที่แตกต่างกันในด้านของความสามารถ (Ability) หมายความว่า ค่าสถิติของข้อคำถามดังกล่าวมีประโยชน์ในการสร้างข้อสอบกับกลุ่มประชากรผู้สอบ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างผู้สอบที่ใช้ในการหาค่าสถิติเหล่านั้น ในหลาย ๆ สถานการณ์ ของการทดสอบ เราต้องการพารามิเตอร์ของข้อคำถามที่ไม่แปรเปลี่ยน ประการที่สองคือ การเปรียบเทียบผู้สอบในเรื่องของความสามารถที่ระดับหนึ่งซึ่งวัดจากข้อสอบ จำกัดวงอยู่กับ สถานการณ์ที่ผู้สอบถูกทดสอบด้วย นั่นคือ ใช้ข้อคำถามชุดเดียวกันหรือที่เป็นคู่ขนาน ส่วนใหญ่ของ ข้อสอบมาตรฐานวัดผลสัมฤทธิ์และความถนัดเหมาะกับนักเรียนที่มีความสามารถปานกลาง ข้อสอบ เหล่านี้ไม่ได้ให้การประมาณค่าความสามารถที่แน่นอนสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถสูงหรือต่ำ (ผจงจิต อินทสุวรรณ. 2525 : 51) จึงกล่าวได้ว่าทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมเป็นทฤษฎีที่มี ข้อตกลงคะแนนจริงที่อ่อน (Weak True-Score) และเป็นทฤษฎีที่ไม่เพียงพอต่อการประมาณค่า ความสามารถจริง ดังนั้นในวงการวัดผลจึงได้พยายามเสนอแนวความคิด และทฤษฎีใหม่ ๆ เพื่อ แก้ไขปัญหาจากทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นมาในระยะปัจจุบันนี้ คือ ทฤษฎีการ

ตอบข้อคำถาม (Item Response Theory) เป็นทฤษฎีที่อธิบายลักษณะข้อสอบแต่ละข้อด้วย พารามิเตอร์ของข้อสอบ และอธิบายความสามารถของผู้สอบด้วยพารามิเตอร์ของผู้สอบ โดยค่า พารามิเตอร์เหล่านั้นพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถจริงกับลักษณะการตอบสนอง ข้อสอบ และได้มีการพัฒนาทฤษฎีการตอบข้อคำถามแตกออกเป็นหลายโมเดล โดยแต่ละโมเดลมี ความแตกต่างกันตามฟังก์ชันคณิตศาสตร์ และจำนวนพารามิเตอร์ที่ใช้ในอธิบาย (วิรัช วรรณรัตน์, 2533 : 2) ทฤษฎีนี้สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในการทดสอบที่สำคัญ ๆ หลายประการ ที่ไม่ สามารถทำได้โดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม (Item Response Theory) จะกำจัดอิทธิพลของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกไป (โกวิท ประวาลพุกษ์, 2525 : 63) กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ผลการวิเคราะห์จะคงที่เสมอหรือเปลี่ยนแปลงไปตามข้อสอบ ที่ใช้

จากความแตกต่างทางด้านแนวคิดของนักวัดผลที่เกี่ยวข้องกับโมเดลทางคณิตศาสตร์ เพื่อ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ (Ability) กับพฤติกรรมการตอบสนองต่อข้อ คำถาม เป็นผลให้ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม (Item Response Theory) มีโมเดลที่มีจำนวน พารามิเตอร์ต่างกัน แต่โมเดลที่นิยมใช้กันมาในปัจจุบันได้แก่ ราสช์โมเดล (Rasch Model) เพราะโมเดลนี้มีจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าน้อยกว่าโมเดลอื่น ๆ ทำให้การวิเคราะห์ ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน (Hambleten, 1989 : 157) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้ากลุ่มตัวอย่างที่ ใช้ในการวิเคราะห์ไม่มากนัก สามารถใช้เครื่องคิดเลขคำนวณด้วยมือ (Wright and Stone, 1979 : 28 - 45) และจากงานวิจัยหลายท่านได้ให้ความเห็นว่า การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยทฤษฎี การตอบข้อคำถามที่มี 1 พารามิเตอร์หรือราสช์โมเดลกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มี 3 พารามิเตอร์ ได้ผลไม่แตกต่างกัน และราสช์โมเดลยังสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ค่าที่ถูกต้องมากกว่า โมเดลแบบอื่นเมื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (Lord, 1980 : 190) จะเห็นได้ว่า ราสช์โมเดลเป็นโมเดลที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังไม่ยุ่งยาก ประหยัด เวลา และค่าใช้จ่ายด้วย

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม (Item Response Theory) นอกจากการเลือกโมเดลของทฤษฎีแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงวิธีการประมาณค่า ความสามารถประกอบด้วย วิธีการประมาณค่าความสามารถที่เมื่อพิจารณาแล้วมีความสะดวกใน การนำไปใช้ และใช้กันอย่างแพร่หลายนั้นเมื่ออยู่ 4 วิธี ได้แก่

1. วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (The Most Difficulty of Item Answer Correctly) ซึ่งวิธีการยึดหลักการเกี่ยวกับการกระโดดสูง กล่าวคือ ความสูงที่สุดที่สามารถกระโดดข้ามได้ตามความสามารถในการกระโดดสูงของผู้นั้น การประมาณค่าความสามารถวิธีนี้จะประมาณค่าความสามารถสูงกว่าความสามารถจริง (ต่าย เชียงฉิน. 2534 : 64) แต่เป็นวิธีที่ให้คะแนน และประมาณค่าความสามารถได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการประมาณค่าพารามิเตอร์หรือความสามารถของผู้สอบ

2. วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก (Average Difficulty of All Item Answer Correctly) การให้คะแนนเพื่อประมาณค่าความสามารถวิธีนี้ใช้ค่ากลาง ๆ นั่นคือ ค่าเฉลี่ย (Mean)

3. วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (Uncondition Maximum Likelihood) เป็นวิธีการประมาณค่าที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ให้ความถูกต้องแม่นยำสูง ใช้สถิติค่อนข้างซับซ้อน และใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการดำเนินการสอบ จุดเด่นของการประมาณค่าวิธีนี้คือ สามารถใช้ได้กับแบบทดสอบทุกขนาดความยาว โดยไม่เกิดความคลาดเคลื่อน กล่าวคือประมาณค่าได้ตรงกันแม้ว่าแบบทดสอบแต่ละฉบับจะมีจำนวนข้อต่างกัน

4. วิธีประมาณค่าความสามารถตามวิธีพรีอกซ์ (Cohen's Approximation Procedure : PROX) เป็นวิธีการประมาณค่าแบบง่าย ๆ สามารถแยกวิเคราะห์หาคุณลักษณะประจำข้อและคุณลักษณะของผู้สอบได้ และถึงแม้จะใช้สถิติค่อนข้างซับซ้อนแต่ถ้ามีข้อมูลไม่มากนักก็สามารถคำนวณได้โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์ ผลที่ได้ก็คงที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามแบบทดสอบ และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้

วิธีการทั้ง 4 วิธี พบว่า วิธีการประมาณค่าความสามารถ 2 วิธีแรกเป็นวิธีที่ง่ายต่อการปฏิบัติ ไม่มีสถิติที่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถคิดคำนวณได้โดยไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ วิธีการประมาณค่าความสามารถวิธีที่ 3 มีจุดเด่นตรงที่ การนำวิธีแมกซิมัมไลค์ลิฮูด ร่วมกับวิธีนิวตัน-ราฟตัน มาใช้ร่วมกันในการประมาณค่าความสามารถ จึงทำให้ค่าประมาณได้มีความคลาดเคลื่อนน้อย แต่ใช้สถิติซับซ้อน ต้องใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ส่วนวิธีที่ 4 มีจุดเด่นตรงที่มีขั้นตอนการคำนวณไม่ยาก และยังแสดงให้เห็นหลักการสำคัญต่าง ๆ ของการวิเคราะห์ความสามารถของผู้สอบและค่าความยากของข้อคำถามด้วยรหัส โมเดลได้เป็นอย่างดี จากความแตกต่างของการประมาณค่าทั้ง 4 วิธี นี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาว่าวิธีการ

ประมาณค่าความสามารถวิธีใดที่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์หรือความสามารถของผู้สอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าน้อยและมีประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงที่สุด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพิจารณาเลือกวิธีการประมาณค่าความสามารถมาใช้ที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะประหยัดทั้งเวลา และค่าใช้จ่ายด้วย

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีต่างกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีต่างกัน
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีต่างกัน

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

ผลการวิจัยครั้งนี้จะช่วยให้ทราบว่า วิธีการประมาณค่าความสามารถแบบใดที่มีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าความสามารถน้อยและมีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถสูงสุดอันเป็นประโยชน์ในการนำไปประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในการทดสอบแต่ละครั้ง ได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดปทุมธานี จำนวน 178 โรงเรียน จำนวนห้องเรียน 287 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 7,944 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดปทุมธานี ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) มีโรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) ได้จำนวนโรงเรียน 23 โรงเรียน จำนวนห้องเรียน 47 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 1,355 คน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ วิธีการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบมี 4 วิธีคือ

3.1.1 วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่

ทำถูก

3.1.2 วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก

3.1.3 วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบ

ไม่มีเงื่อนไข

3.1.4 วิธีประมาณค่าความสามารถตามวิธีพริกซ์

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ตัวแปรดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ

2. ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ

3. ค่าความสามารถของผู้สอบ

4. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นในเรื่องสมการ และการแก้สมการ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ค่าความสามารถของผู้สอบ (Examinee's Ability : θ) หมายถึง ระดับความสามารถของผู้สอบแต่ละคน ซึ่งวัดในหน่วย θ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 สำหรับค่าความสามารถมีค่าเป็นไปได้ตั้งแต่ $-\infty$ ถึง $+\infty$ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ค่าความสามารถในช่วง -4.00 ถึง 4.00 โดยแบ่งระดับความสามารถออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1.1 ระดับต่ำมาก $-4.00 < \theta < -3.00$

1.2 ระดับต่ำ $-3.00 < \theta < -1.00$

1.3 ระดับปานกลาง $-1.00 < \theta < 1.00$

1.4 ระดับสูง $1.00 < \theta < 3.00$

1.5 ระดับสูงมาก $3.00 < \theta < 4.00$

2. ความสามารถจริง หมายถึง ความสามารถของผู้สอบที่ประมาณค่าได้อย่างไม่มีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า

3. การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ หมายถึง การคาดคะเนค่าความสามารถ การทำแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการ และการแก้สมการ โดยการนำพฤติกรรมคำตอบข้อสอบของผู้สอบไปประมาณค่าด้วยวิธีต่างกัน 4 วิธี ดังนี้

3.1 วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (The Most Difficulty of Item Answer Correctly) หมายถึง วิธีการประมาณค่าความสามารถที่พิจารณาจากค่าความยากของแบบทดสอบข้อที่มีความยากสูงสุดที่ตอบถูก เป็นความสามารถของผู้สอบ

3.2 วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก (Average Difficulty of All Item Answer Correctly) หมายถึง วิธีการประมาณค่าความสามารถที่พิจารณาจากค่าความยากของแบบทดสอบข้อที่ทำถูก โดยนำค่าความยากนั้นมาหาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าความยากเฉลี่ยที่ได้เป็นค่าความสามารถของผู้สอบ

3.3 วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (Uncondition Maximum Likelihood) หมายถึง วิธีการประมาณค่าความสามารถที่อาศัยวิธีแมกซิมัมไลค์ลิฮูด ร่วมกับวิธีนิวตัน-ราฟตัน มาใช้ในการประมาณค่า ซึ่งการประมาณค่าวิธีดังกล่าวนี้สามารถวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป BIGSTEPS

3.4 วิธีประมาณค่าความสามารถตามวิธีพรีอกซ์ (Cohen's Approximation Procedure : PROX) หมายถึง การประมาณค่าความสามารถโดยอาศัยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโคเฮน ซึ่งการประมาณค่าวิธีดังกล่าวนี้สามารถวิเคราะห์ผลได้ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป BIGSTEPS

4. ประสิทธิภาพของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ หมายถึง การประมาณค่าที่มีความแม่นยำ และถูกต้องมากที่สุด โดยพิจารณาจากข้อต่อไปนี้

4.1 ความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า หมายถึง ดัชนีที่บ่งชี้ค่าการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบที่มีค่าคลาดเคลื่อนไปจากความสามารถจริง ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้หาค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าจากค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) โดยใช้สูตรดังนี้ (Wright and Masters. 1982)

4.1.1 ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^I (X_{ni} - E_{ni})^2}{L} \right]^{1/2}$$

เมื่อ RMSE แทน	ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ
X_{ni} แทน	คะแนนผลการตอบของผู้สอบ คนที่ n จากการตอบข้อที่ i ในระดับที่ได้คะแนน X_i
N แทน	จำนวนของผู้ตอบทั้งหมดที่สอดคล้องกับโมเดล
L แทน	จำนวนข้อคำถามทั้งหมดที่สอดคล้องกับโมเดล
E_{ni} แทน	ค่าคาดหวัง (Expected Value) ของผลการตอบ คนที่ n จากการตอบข้อที่ i ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีต่าง ๆ

4.2 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่า (Relative Efficiency of Estimator) หมายถึง ดัชนีที่บ่งชี้ประสิทธิภาพของวิธีประมาณค่าความสามารถ ซึ่งคำนวณได้จากการหาอัตราส่วนระหว่างค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าของแต่ละวิธีที่นำมาเปรียบเทียบกัน ณ ระดับความสามารถเดียวกัน โดยใช้สูตรดังนี้ (Lord and Novick. 1968 : 472 ; Allen and Yen. 1979 : 266)

$$RE(\theta, X_1, X_2) = \frac{I(\theta, X_1)}{I(\theta, X_2)}$$

เมื่อ $RE(\theta, X_1, X_2)$ แทน ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าจากการประมาณค่าด้วยวิธี X_1 เทียบกับการประมาณค่าด้วยวิธี X_2

$I(\theta, X_1)$	แทน	ค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่ ประมาณค่าด้วยวิธี X_1 ณ ระดับ ความสามารถ θ
$I(\theta, X_2)$	แทน	ค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่ ประมาณค่าด้วยวิธี X_2 ณ ระดับ ความสามารถ θ

สำหรับค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ที่นำมาเปรียบเทียบแล้วนั้น สามารถนำมาทดสอบเพื่อแปลผล ดังนี้ (Warm. 1987 : 76 ; Crocker and Algina. 1986 : 369 - 370 ; Lord and Stocking. 1988 : 270)

เมื่อ $RE(\theta, X_1, X_2)$	1	แสดงว่าการประมาณค่าด้วยวิธี X_1 มี ประสิทธิภาพดีกว่าวิธี X_2 ณ ระดับ ความสามารถ θ
$RE(\theta, X_1, X_2)$	1	แสดงว่าการประมาณค่าด้วยวิธี X_1 มี ประสิทธิภาพพอ ๆ กับวิธี X_2 ณ ระดับ ความสามารถ θ
$RE(\theta, X_1, X_2)$	1	แสดงว่าการประมาณค่าด้วยวิธี X_1 มี ประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธี X_2 ณ ระดับ ความสามารถ θ

5. ราสช์โมเดล (Rasch Model) หมายถึง รูปแบบการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของราสช์ ที่ใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์คำนวณหาค่าความสามารถของผู้สอบ (θ) กับความยากของข้อสอบ (b) การวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม BICAL วิเคราะห์ข้อมูล

6. ค่าความยากของข้อสอบ (Item difficulty : b) หมายถึง ค่าความสามารถตรงจุดเปลี่ยนโค้งลักษณะข้อคำถาม (Item Characteristic Curve) ซึ่งเป็นระดับความสามารถที่จะตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้องด้วยความน่าจะเป็น .50 เมื่อไม่มีการเดา (พจนจิต อินทสุวรรณ. 2528 : 16) ค่าความยากของข้อสอบ มีค่าเป็นไปได้ตั้งแต่ $-\infty$ ถึง $+\infty$ แต่ในทางปฏิบัติ จะมีค่าระหว่าง -3 ถึง 3 ค่า -3 แสดงว่า ข้อสอบข้อนั้นง่ายมาก ค่า 3 แสดงว่า ข้อสอบข้อนั้นยากมาก (Warm. 1978 : 52 ; Lord. 1980 : 12)

7. โค้งลักษณะข้อคำถาม (Item Characteristic Curve) หมายถึง กราฟของ ฟังก์ชันการตอบข้อคำถาม ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถของผู้สอบกับความน่าจะเป็นที่ผู้สอบซึ่งมีความสามารถระดับนั้นจะตอบข้อคำถามข้อหนึ่ง ๆ ได้ถูกต้อง

8. ค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบ (Item Information Function) หมายถึง ฟังก์ชันที่แสดงถึงรายละเอียดของข้อสอบในการประมาณค่าความสามารถจากผลการตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของกำลังสองของความชัน โค้งลักษณะข้อคำถามต่อค่าความแปรปรวนของข้อสอบข้อนั้น ซึ่งใช้สูตรในการคำนวณดังนี้ (ผจจจิต อินทสุวรรณ. 2528 : 16 ; อ้างอิงมาจาก Birnbaum. 1968)

$$I(\theta, U_g) = (P'_g)^2 / [P_g q_g]$$

เมื่อ	$I(\theta, U_g)$	แทน	ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบแต่ละข้อ
	P_g	แทน	ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีระดับความสามารถ θ จะตอบข้อสอบข้อที่ g ได้ถูกต้อง
	q_g	แทน	$(1 - P_g)$
	P_g	แทน	ความชันของ โค้งลักษณะข้อสอบที่ระดับความสามารถ θ

9. ค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ (Test Information function : $I(\theta)$) หมายถึง ผลรวมของค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบทุก ๆ ข้อในแบบทดสอบนั้น ซึ่งเขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

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

เมื่อ $I(\theta)$ แทน ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

10. แบบทดสอบที่มีมิติเดียว (Unidimension Test) หมายถึง แบบทดสอบ ที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถหรือคุณลักษณะเดียว หรือมีความเป็นเอกพันธ์กันสูงระหว่างข้อสอบในแบบทดสอบนั้น การวิจัยครั้งนี้ทำโดยการสร้างข้อสอบในเนื้อหาเรื่องการสมการและการแก้สมการ เพียงเรื่องเดียว

บทที่ 2

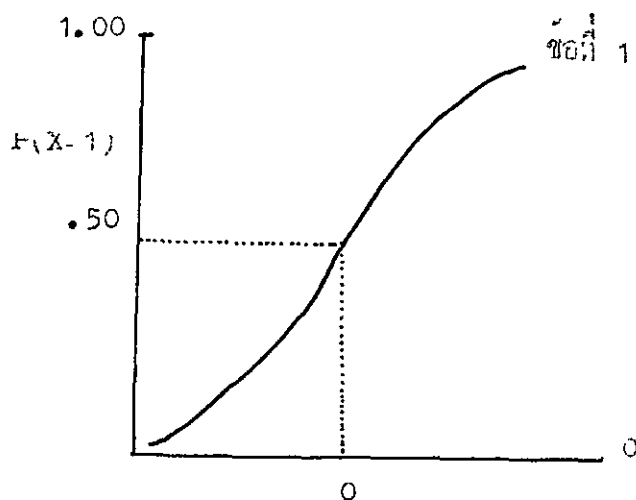
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาในเรื่องต่าง ๆ
ดังนี้

1. ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
 - 1.1 พื้นฐานความเข้าใจในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
 - 1.2 ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
 - 1.3 พิสัยของค่าพารามิเตอร์
 - 1.4 โมเดลของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม
2. ราชสีขโมเดล
3. วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์
4. ดัชนีที่บ่งชี้ประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พื้นฐานความเข้าใจในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

ทฤษฎีการตอบข้อคำถามเป็นการวิเคราะห์ข้อสอบ โดยอาศัยข้อมูลจากตัวข้อสอบเอง ข้อสอบที่นำมาวิเคราะห์ในทฤษฎีการตอบข้อคำถามต้องเป็นข้อสอบที่มีใช้ทุกคนตอบผิดหรือทุกคนตอบถูกหมด ข้อสอบทั้งสองแบบเป็นข้อสอบที่ไม่ขึ้นกับระดับโอกาสของการตอบถูกของบุคคลที่มีความสามารถแตกต่างกันอย่างไร การวิเคราะห์ข้อทดสอบที่ใช้ค่าความสามารถจริงของบุคคลนี้ อาศัยข้อมูลที่เรียกว่า ลักษณะการตอบรายข้อเป็นสำคัญ โค้งลักษณะการตอบรายข้อนี้คือภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถของผู้สอบกับโอกาสที่จะตอบถูก



ภาพประกอบ 1 แสดงโค้งลักษณะการตอบรายข้อ

จากภาพกำหนดให้แกนตั้งแทนค่าโอกาสตอบถูก และแกนนอนแทนความสามารถของผู้ตอบ ถ้าข้อสอบเป็นข้อที่มีคุณลักษณะที่ดีโอกาสของการตอบถูกของผู้ที่มีความสามารถต่ำกว่าย่อมมีค่าน้อยกว่าเสมอ บนโค้งนี้ถ้าลากเส้นจากแกนตั้งที่จุดค่า P เท่ากับ 0.50 ออกไปตัดโค้งลักษณะการตอบรายข้อ แล้วจากจุดตัดลากตั้งฉากมาตัดแกนนอน ค่าที่ได้ก็จะเป็นค่าความยากง่ายของข้อทดสอบ (โกวิท ประวาลพุกษ์. 2525 : 58 - 59) จากโค้งรายข้อนี้สามารถบ่งบอกถึงค่าพารามิเตอร์รายข้อ ซึ่งได้แก่ ค่าดังนี้

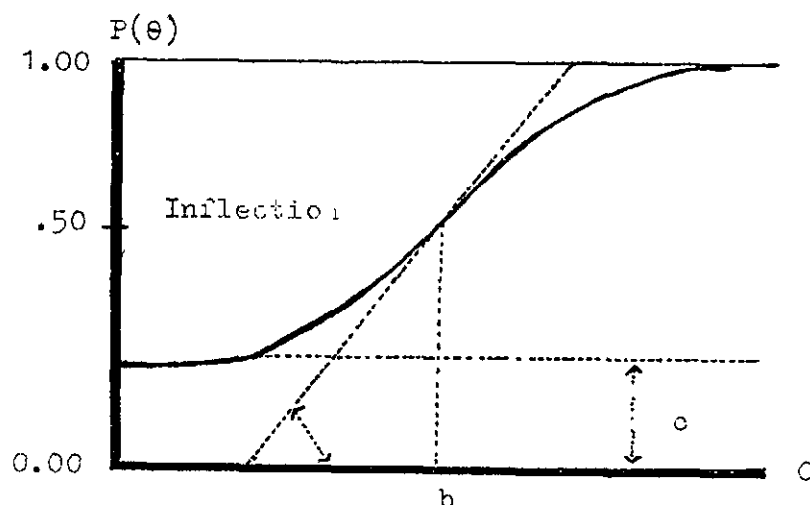
1. พารามิเตอร์ c เป็นความน่าจะเป็นที่บุคคลหนึ่งซึ่งปราศจากความสามารถโดยสิ้นเชิง จะตอบข้อนั้นได้ถูก พารามิเตอร์ตัวนี้มีชื่อเรียกว่า พารามิเตอร์ของการเดา ข้อใดที่ไม่สามารถตอบถูกได้ด้วยการเดา ข้อนี้ไม่มีพารามิเตอร์ของการเดาเป็นศูนย์ ($c = 0$)

2. พารามิเตอร์ b เป็นพารามิเตอร์บอกตำแหน่งของโค้งตามมาตรฐานความสามารถ พารามิเตอร์นี้มีชื่อเรียกว่า ความยากของข้อ (Item Difficulty) ข้อคำถามยิ่งยากโค้งยิ่งเลื่อนไปทางขวามากขึ้น โค้งโลจิสติกมีจุดเปลี่ยนโค้งอยู่ที่ $0 = b$ เมื่อไม่มีการเดา b จะเป็นระดับความสามารถของบุคคลที่มีความน่าจะเป็นของการตอบข้อนั้นถูกเป็น .5

3. พารามิเตอร์ a เป็นสัดส่วนกับความชันของโค้ง (ความชันนี้มีค่าเป็น $.425 a (1 - c)$) ดังนั้น a จึงแทนอำนาจจำแนก (Discriminating Power) ซึ่งจะบอกว่าฟังก์ชันการตอบข้อคำถามแปรไปตามระดับความสามารถมากน้อยเพียงใด (ผจงจิต อินทสุวรรณ. 2528 : 16)

4. ค่าความรอบคอบ (γ) เป็นค่าที่แสดงถึงความรอบคอบในการตอบข้อสอบข้อหนึ่ง ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1

5. ระดับความสามารถของผู้สอบ (θ) มีค่าอยู่ระหว่าง -3.0 ถึง 3.0 ค่าที่เป็นลบ แสดงว่ามีความสามารถต่ำ และค่าที่เป็นบวกแสดงว่ามีความสามารถสูง



ภาพประกอบ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์รายข้อ

ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม (Item Response Theory : IRT) มีความเชื่อว่า ค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ต่าง ๆ ของข้อสอบไม่ว่าจะเป็นค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก หรือค่าการเดาของข้อสอบแต่ละข้อเป็นคุณลักษณะที่มีอยู่ประจำ และคงที่พอสมควรในตัวข้อสอบนั้นจริง แต่เนื่องจากความสามารถของผู้สอบ (Ability) เป็นคุณลักษณะแฝง (Latent trait) ซึ่งไม่สามารถที่จะวัดหรือสังเกตได้โดยตรง แต่จะเป็นตัวพยากรณ์ผลการสอบหรือคะแนน ซึ่งเป็นสิ่งที่เราสามารถสังเกตหรือวัดได้ (สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. 2527 : 98) นักวัดผลการศึกษา จึงได้พยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกระทำข้อสอบหรือคะแนนกับปริมาณความสามารถ โดยสามารถเขียนในรูปความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (Lord. 1982 : 141)

$$P = f(u_1/\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_k; B_j)$$

เมื่อ	P	แทน	ผลการสอบ
	f	แทน	ฟังก์ชัน
	ui	แทน	ผลการตอบข้อสอบ ตอบถูกให้ 1 ตอบผิดให้ 0
	$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_k$	แทน	ความสามารถ (Ability) ที่ 1,2,3,k
	B_j	แทน	ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบข้อที่ j

ความสามารถดังกล่าวยังต้องอาศัยข้อตกลงเบื้องต้นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

ข้อตกลงเบื้องต้นทั่ว ๆ ไปของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ได้แก่

1. ความเป็นมิติเดียว (Unidimension) หมายความว่า ความสามารถของคนที่อยู่ทั้งหมด k อย่าง ซึ่งความสามารถแต่ละอย่าง ต่างก็ส่งผลต่อการตอบข้อสอบต่าง ๆ ที่รวมกันเป็นแบบทดสอบ ถ้าผลการตอบข้อสอบหรือคะแนนของผู้สอบนั้น สามารถอธิบายได้เพียงความสามารถเดียวก็เพียงพอแล้ว เรียกเงื่อนไขข้อนี้ว่ามีความเป็นมิติเดียว (สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. 2527 : 99) ในการปฏิบัติจริงนี้สามารถกระทำโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) แล้วสังเกตค่าไอเก้น (Eigen Value) ค่าสูงสุดว่าแตกต่างจากค่าอื่นอย่างชัดเจนหรือไม่ (Hambleten and Thumb. 1973 : 195)

2. ความเป็นอิสระในการตอบข้อสอบ (Local Independence) หมายถึง การตอบข้อสอบข้อใด ข้อหนึ่งก็จะไม่มีผลต่อการตอบข้อสอบนั้น แมกโดนาลด์ (McDonald. 1982 : 379 - 396) ได้มีความเห็นว่า ถ้าข้อสอบชุดนี้มีความเป็นมิติเดียว (Unidimension) แล้วความเป็นอิสระในการตอบข้อสอบ (Local Independence) ก็จะมีเอง ส่วนการทดสอบว่าข้อสอบแต่ละข้อเป็นไปตามข้อตกลงของ Local Independence หรือไม่นั้น ลอร์ด ได้เสนอแนะว่า ให้ตรวจสอบดูแบบแผนการตอบข้อคำถามของผู้สอบที่มีความสามารถปาน ๆ กันว่า ข้อสอบแต่ละข้อ เช่น ข้อ 1 และ ข้อ 2, ข้อ 2 และ ข้อ 3 นั้น ลักษณะการตอบแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการคำนวณค่าไคสแคว์ เพื่อทดสอบความเป็นอิสระของการตอบคำถามเหล่านั้นได้

3. โค้งแสดงลักษณะข้อสอบ (Item characteristic Curve : ICC) โค้งแสดงลักษณะข้อสอบ เป็นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$f(x/\theta) = \sum_{g=1}^n \frac{P_g}{U_g} \frac{\theta^1}{U_g} - U_g$$

แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสในการตอบข้อสอบข้อนั้นถูกต้องกับระดับความสามารถที่วัดได้ โดยใช้ชุดของข้อสอบ โดยที่โอกาสที่ผู้สอบตอบข้อสอบถูก จะขึ้นอยู่กับโค้งแสดงลักษณะข้อสอบ (ICC) ในแต่ละ โมเดลที่ใช้ ด้วยเหตุนี้โอกาสของการตอบถูกข้อสอบข้อนั้นจะไม่ขึ้นอยู่กับการ แจกแจงความสามารถของกลุ่มประชากร (Hambleten and Swaminathan. 1985 : 25) นั่นคือ รูปร่างของเส้นโค้งข้อคำถามไม่ได้ขึ้นอยู่กับ การกระจายความสามารถของกลุ่มผู้สอบ จึง เห็นได้ว่า ลักษณะข้อคำถาม และคุณสมบัติของคำถามนี้ไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะของกลุ่มผู้สอบ จึงเป็น ข้อคำถามที่มีคุณสมบัติคงที่ตลอดเวลา ซึ่งนับได้ว่าแก้ไขปัญหาของการวัดผลที่ยึดถือทฤษฎีดั้งเดิมได้ อย่างดียิ่ง (สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. 2527 : 39)

พิสัยของค่าพารามิเตอร์

ค่าพารามิเตอร์ในทฤษฎีการตอบข้อคำถามแบ่งออกเป็นค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ (Item Parameter) ได้แก่ ค่าความยาก (b_g) ค่าอำนาจจำแนก (a_g) ค่าสัมประสิทธิ์ การเดา (c_g) และค่าพารามิเตอร์ของผู้สอบ (Examinee Parameter) ได้แก่ ระดับ ความสามารถของผู้สอบ (θ) พิสัยของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ มีดังนี้ (Hambleten and Cook. 1977 : 81)

b_g มีค่าตั้งแต่ $-\infty$ ถึง $+\infty$ แต่ในทางปฏิบัติจะมีค่าอยู่ระหว่าง -3 ถึง +3 ค่า -3 แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่ายมาก และค่า +3 แสดงว่า ข้อสอบนั้นยากมาก

a_g มีค่าตั้งแต่ $-\infty$ ถึง $+\infty$ แต่ในทางปฏิบัติ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง +2 เพราะค่า a_g ที่เป็นลบแสดงว่า ข้อสอบไม่ดีใช้ไม่ได้จึงตัดข้อสอบข้อนั้นทิ้งไป ค่า 0 แสดงว่าข้อสอบไม่มีอำนาจ จำแนกหรือมีค่าอำนาจจำแนกต่ำ ค่า +2 แสดงว่าข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกสูง

θ มีค่าอยู่ระหว่าง -3 ถึง +3 ค่า -3 แสดงว่ามีความสามารถต่ำ

โมเดลของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

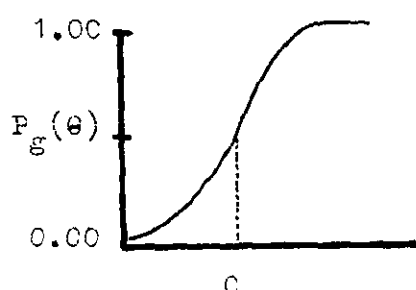
โมเดลของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม เป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวถึงกันมากมีอยู่ 2 โมเดล คือ (Warm. 1978 : 23 - 25 ; Hambleton and Cook. 1977 : 81 - 82)

1. โมเดลโค้งปกติสะสม (Normal Ogive Model) มี 3 รูปแบบ คือ

1.1 แบบ 1 - พารามิเตอร์ (One-Parameter) เป็นรูปแบบที่มีค่าพารามิเตอร์ตัวเดียว คือ ค่า b ที่แสดงลักษณะข้อสอบ เมื่อ θ คือความสามารถของผู้สอบ แสดงได้ด้วยฟังก์ชันดังนี้

$$P_g(\theta) = \int_{-\infty}^{(\theta-b_g)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

และแสดงโค้งลักษณะข้อสอบดังนี้

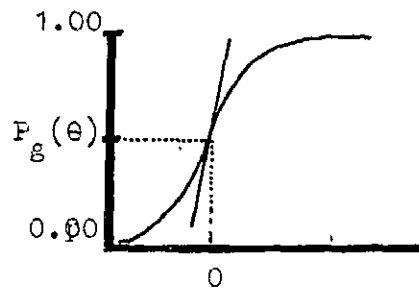


ภาพประกอบ 3, แสดงโมเดลโค้งปกติสะสมที่มีพารามิเตอร์ ตัวเดียว

1.2 แบบ 2 - พารามิเตอร์ (Two - Parameter) เป็นรูปแบบที่ประกอบด้วย 2 พารามิเตอร์ คือ a และ b ที่แสดงลักษณะข้อสอบ เมื่อ θ คือความสามารถของผู้สอบ มีฟังก์ชันดังนี้

$$P_g(\theta) = \int_{-\infty}^{a(\theta-b_g)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

และแสดงโค้งลักษณะข้อสอบดังนี้

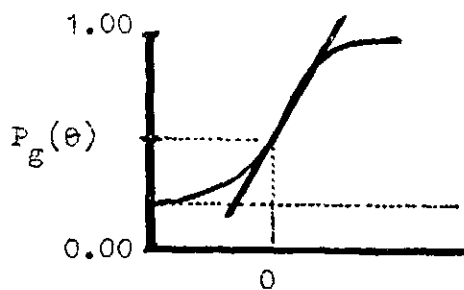


ภาพประกอบ 4 แสดงโมเดลโค้งปกติสะสมที่มีพารามิเตอร์ สองตัว

1.3 แบบ 3 - พารามิเตอร์ (Three - Parameter) เป็นรูปแบบที่มีค่าพารามิเตอร์ลักษณะข้อสอบ 3 ค่า คือ a , b และ c เมื่อ θ คือความสามารถของผู้สอบ มีฟังก์ชันดังนี้

$$P_g(\theta) = c_g + (1-c_g) \int_{-\infty}^{\frac{a_g(\theta-b_g)}{\sqrt{2}a_g}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt$$

และแสดง โค้งลักษณะข้อสอบดังนี้



ภาพประกอบ 5 แสดงโมเดลโค้งปกติสะสมที่มีพารามิเตอร์ สามตัว

- เมื่อ
- a เป็นค่าอำนาจจำแนกหรือสัดส่วนของความชัน ณ จุดเปลี่ยนโค้ง
 - b เป็นค่าความยากของข้อสอบหรือตำแหน่งของข้อสอบบนเส้นความสามารถ
 - c เป็นค่าโอกาสการเดาถูก

2. โมเดลโลจิสติก (Logistic Model) เป็นโมเดลที่พัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์การทดสอบในกรณีที่ตอบโดยการเดาได้ ซึ่งจะทำให้ส่วนปลายที่สุดของโค้ง (Lower Asymptote) ของ $P_i(\theta)$ ไม่เป็นศูนย์ ดังนั้น พารามิเตอร์ของการเดา จึงจำเป็นต้องพิจารณาด้วย นอกจากนี้หากผู้สอบทำข้อสอบด้วยความสุ่มเพรา โมเดลนี้จะเพิ่มความรอบคอบขึ้นอีกค่าหนึ่ง ซึ่งจะได้จากปลายสูงสุดของโค้ง ICC มีค่าน้อยกว่า 1 โมเดลโค้งปกติสะสมกับโมเดลโลจิสติก จึงมีลักษณะโค้งใกล้เคียงกันแต่โมเดลโลจิสติกมีความง่ายในการประมาณค่ามากกว่า จึงทำให้แพร่หลายมากกว่า รูปแบบโมเดลโลจิสติก มี 4 รูปแบบ คือ

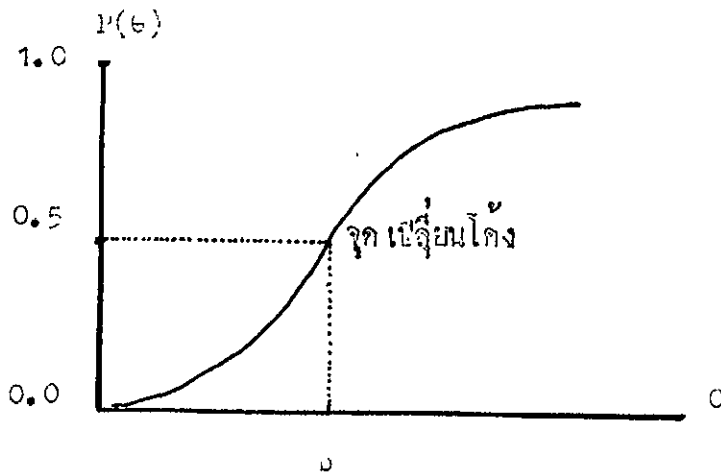
2.1 แบบ 1 - พารามิเตอร์ (One - Parameter) หรือรูปแบบของราล์ฟโมเดล ราล์ฟได้พัฒนาโมเดลนี้ โดยถือว่าข้อสอบทุกข้อมีค่าอำนาจจำแนกเท่ากันหมด และไม่มีการเดาได้ถูกต้อง จึงมีค่าพารามิเตอร์แสดงลักษณะข้อสอบเพียงตัวเดียว คือ ค่าความยาก เขียนเป็นฟังก์ชันได้ดังนี้

$$P_i(\theta) = \frac{e^{Da(\theta - b_i)}}{1 + e^{Da(\theta - b_i)}} ; i = 1, 2, 3, \dots, n$$

หรือ

$$P_i(\theta) = \frac{e^{D(\theta - b_i)}}{1 + e^{D(\theta - b_i)}} ; i = 1, 2, 3, \dots, n$$

- เมื่อ $P_i(\theta)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้สอบคนหนึ่งซึ่งมีระดับความสามารถจะตอบข้อสอบข้อ i ได้ถูกต้อง
- a คือ ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบทดสอบ
 - b_i คือ ระดับความยากของข้อสอบข้อ
 - θ คือ ระดับความสามารถของผู้สอบ
 - D คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1.702
 - e คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 2.7182818



ภาพประกอบ 6 แสดงความหมายของค่า Item Parameter ของ One - Parameter Logistic Model

2.2 แบบ 2 - พารามิเตอร์ (Two - Parameter) เป็นรูปแบบที่เบิร์นบอม (Birnbbaum) ได้พัฒนาขึ้นในปี 1968 มีค่าพารามิเตอร์แสดงลักษณะข้อสอง 2 ค่า คือ ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยาก แสดงได้โดยฟังก์ชันนี้

$$P_i(\theta) = \frac{e^{Da_i(\theta - b_i)}}{1 + e^{Da_i(\theta - b_i)}} ; i = 1, 2, 3, \dots, n$$

หรือ

$$P_i(\theta) = \left[1 + e^{-Da_i(\theta - b_i)} \right]^{-1} ; i = 1, 2, 3, \dots, n$$

เมื่อ $P_i(\theta)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้สอบคนหนึ่งซึ่งมีระดับ

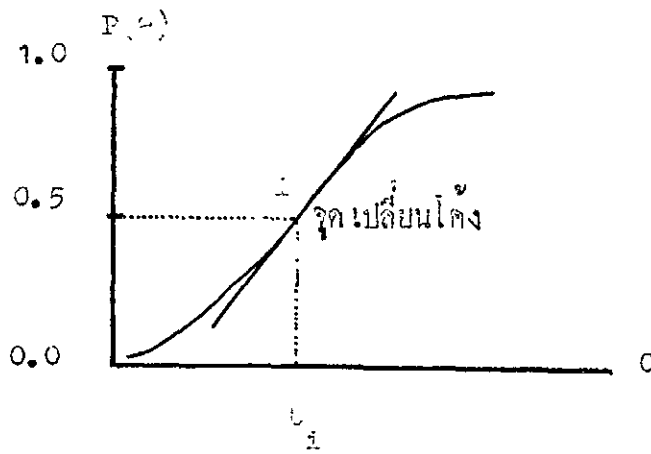
ความสามารถจะตอบข้อสอบข้อ i ได้ถูกต้อง

b_i คือ ค่าความยากที่แสดงระดับความสามารถที่แท้จริง
ที่จุดโค้งชันที่สุด

a_i คือ ค่าอำนาจจำแนกข้อสอบข้อ i ที่เป็นสัดส่วนกับ
ความชันของ $P_i(\theta)$ ณ ตำแหน่ง $\theta = b_i$

D คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1.702

e คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 2.7182818



ภาพประกอบ 7 แสดงความหมายของค่า Item Parameter ของ Two - Parameter Logistic Model

2.3 แบบ 3 - พารามิเตอร์ (Three - Parameter) เป็นรูปแบบที่เบิร์นบอม (Birnbbaum) ได้พัฒนา โดยมีค่าพารามิเตอร์แสดงคุณลักษณะข้อสอบ 3 ค่า โดยเพิ่มค่าการเดา (c) ใน 2 - พารามิเตอร์ เขียนเป็นฟังก์ชันได้ดังนี้

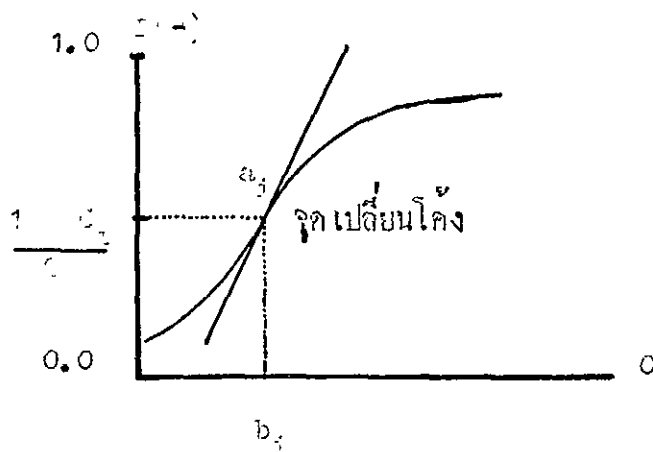
$$P_i(\theta) = c_i + (1 - c_i) \frac{e^{Da_i(\theta - b_i)}}{1 + e^{Da_i(\theta - b_i)}} ; i = 1, 2, 3, \dots, n$$

เมื่อ $P_i(\theta)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ผู้สอบคนหนึ่ง ซึ่งมีระดับความสามารถ θ จะตอบข้อสอบข้อ i ได้ถูกต้อง

c_i คือ ค่าความน่าจะเป็นของผู้สอบที่มีความสามารถต่ำมาก มีโอกาสจะทำข้อสอบข้อนี้ได้ถูกต้องหรือค่าการเดา

b_i คือ ค่าความยากที่แสดงระดับความสามารถที่แท้จริง ที่จุดโค้งชันที่สุด คือ θ ณ จุดความน่าจะเป็น $(1+c)/2$

- a_i คือ ค่าอำนาจจำแนกข้อสอบข้อ i ที่เป็นสัดส่วนกับ
ความชันของ $p_i(\theta)$ ณ ตำแหน่ง $\theta = b_i$
- D คือ ค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.702
- e คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 2.7182818



ภาพประกอบ 8 แสดงความหมายของค่า Item Parameter ของ Three - Parameter Logistic Model

2.4 แบบ 4 - พารามิเตอร์ (Four - Parameter) โมเดลนี้เสนอโดย แม็คโดแนลด์ (McDonald) ในปี ค.ศ. 1967 ซึ่งลอร์ด (Lord) และบาร์ตัน (Barton) ได้พัฒนาในปี ค.ศ. 1981 โดยเพิ่มพารามิเตอร์ ค่าความรอบคอบ (Careless) ในโมเดลที่ใช้พารามิเตอร์ 3 ตัว เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงกรณีที่ผู้สอบมีความสามารถสูงมักตอบข้อสอบผิด อาจจะเป็นเพราะความไม่รอบคอบทำให้ผู้สอบนั้นไม่เลือกคำตอบที่ถูก จะเห็นได้จากปลายสูงสุดของโค้ง ICC ต่ำกว่า 1 เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (Hambleton and Swaminathan. 1985 : 48)

$$p_i(\theta) = c_i + (r_i - c_i) \frac{e^{Da_i(\theta - b_i)}}{1 + e^{Da_i(\theta - b_i)}}$$

โดยที่ $i = 1, 2, 3 \dots, n$

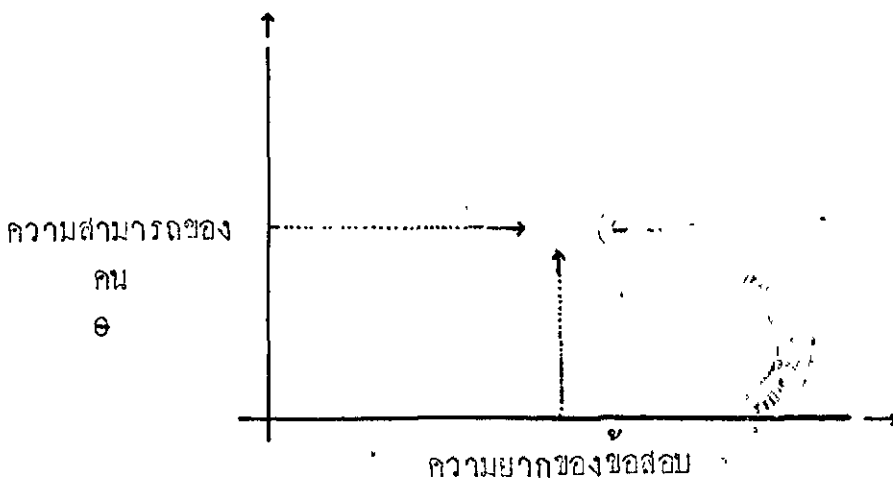
เมื่อ r_i คือ ค่าความรอบคอบของข้อสอบข้อ i ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1

ราส์ซไมเคิล

ราส์ซไมเคิล เป็นโมเดลหนึ่งในโมเดลของทฤษฎีการตอบข้อคำถามที่ใช้พารามิเตอร์ตัวเดียว กล่าวคือ พิจารณาค่าความยากตัวเดียว โดยถือว่าข้อสอบทุกข้อมีค่าอำนาจจำแนกเท่ากันหมด และไม่มีการเดาได้ถูกต้อง

ในการสรุปมโนทัศน์เกี่ยวกับราส์ซไมเคิล อาจกล่าวได้ว่า เมื่อคน ๆ หนึ่งทำข้อสอบข้อหนึ่ง เหตุการณ์ขณะนั้นก็คือ คนพยายามใช้ความสามารถที่มีการเอาชนะข้อสอบด้วยการแก้ปัญหา โจทย์ปัญหาข้อนั้น ถ้าคนนั้นมีความสามารถมากกว่าความยากของข้อสอบข้อนั้น โอกาสที่คนจะทำข้อสอบถูกก็มีมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าคน ๆ นั้น มีความสามารถน้อยกว่าความยากของข้อสอบ โอกาสที่จะถูกก็มีน้อยไปด้วยหรืออาจพูดอีกอย่างว่า โอกาสจะทำได้ก็มีมาก และถ้าความสามารถของคนมีพอ ๆ กันกับความยากของข้อสอบโอกาสของการทำข้อสอบก็จะมีอยู่ครึ่งต่อครึ่ง คือ อาจจะทำถูกก็ได้หรืออาจจะทำได้ก็ได้เช่นเดียวกัน

เหตุการณ์ขณะที่บุคคลใช้ความสามารถแก้ปัญหา โจทย์ข้อหนึ่ง ๆ อาจเขียนเป็นรูปได้ดังนี้



ภาพประกอบ 9 แสดงมโนทัศน์เกี่ยวกับราส์ซไมเคิล

เมื่อกำหนดให้ θ คือ ความสามารถของคน และ b คือ ความยากของข้อสอบ

การเปรียบเทียบความสามารถกับความยากของข้อสอบผลลัพธ์ อาจเขียนออกมาในเชิงคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ถ้า $\theta > b$ และ $(\theta - b) > 0$, $P > .5$

อธิบายได้ว่า เมื่อความสามารถของคน มีมากกว่าความยากของข้อสอบคือ b และถ้า นำเอาความสามารถของคนลบด้วยความยากของข้อสอบแล้ว ผลลัพธ์จะได้มากกว่าศูนย์ โอกาสที่คน ๆ นั้นจะทำข้อสอบข้อนั้นถูกก็จะมีค่ามากกว่า 0.50

ถ้า $\theta < b$ และ $(\theta - b) < 0$, $P < .5$

อธิบายได้ว่า เมื่อความสามารถของคนลบด้วยความยากของข้อสอบได้ผลลัพธ์น้อยกว่าศูนย์ โอกาสที่คน ๆ นั้นจะทำข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้องก็จะมีค่าน้อยกว่า 0.50

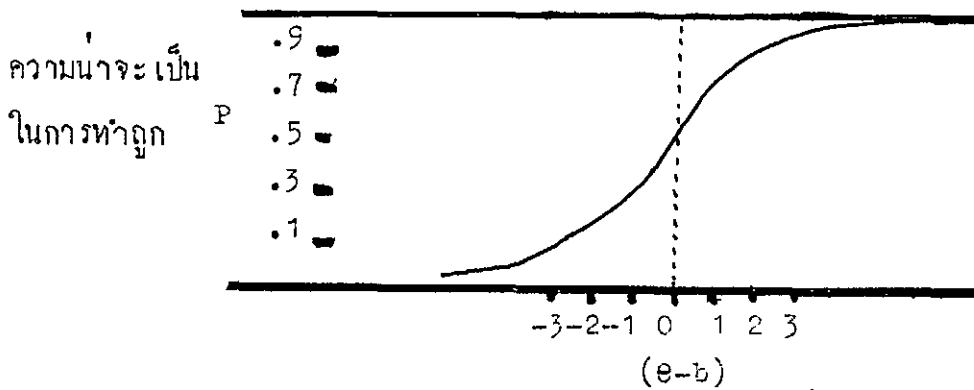
ถ้า $\theta = b$ และ $(\theta - b) = 0$, $P = .5$

อธิบายได้ว่า เมื่อความสามารถของคนลบด้วยความยากของข้อสอบได้เท่ากับศูนย์พอดี แล้ว โอกาสที่คน ๆ นั้นจะทำข้อสอบข้อนั้นได้ ก็จะมีค่าเท่ากับ .50 พอดี ซึ่งอาจจะทำถูกหรือผิดก็ได้

จะเห็นได้ว่า เมื่อคน ๆ หนึ่งทำข้อสอบข้อหนึ่ง บุคคลนั้นต้องใช้ความสามารถต่อสู้กับความยากของข้อสอบ ผลของการทำข้อสอบจึงเท่ากับความแตกต่างระหว่างความสามารถของคนกับความยากของข้อสอบ ซึ่งก็คือความแตกต่างระหว่าง θ กับ b หรือ $(\theta - b)$ นั้นเอง แต่ค่า $\theta - b$ นี้อาจจะให้ผลลัพธ์ได้ตั้งแต่ $-\infty$ จนถึง $+\infty$ จึงต้องคิดแปลงให้เป็นค่าความน่าจะเป็น ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง .00 ถึง .99 หรือจาก 0 ถึง 1 เท่านั้น และเพื่อให้ค่าเปลี่ยนแปลงแต่น้อยจึงใช้ความน่าจะเป็นค่าอัตราส่วนของลอการิทึม (Natural log) ของค่าคงที่ตัวหนึ่งคือค่า $e^{(\theta - b)}$ และค่าอัตราส่วนนั้นก็คือ

$$P_x = \frac{e^{(\theta - b)}}{1 + e^{(\theta - b)}}$$

ซึ่งจะทำให้ได้เส้นความถึสะสมปกติหรือ Normal Ogive ที่ราล์ชเรียก Logistic ที่อาจแสดงได้ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 10 แสดงความแตกต่างระหว่างความสามารถของคนกับความยากของข้อสอบ

เพื่อให้เห็นจริงมากยิ่งขึ้น ตารางต่อไปนี้จะแสดงให้เห็นว่า เมื่อความยากของข้อสอบคงที่ แต่ความสามารถของคนเปลี่ยนไปเป็นหลายระดับ โอกาสที่จะทำข้อสอบนั้นถูกก็จะเปลี่ยนไปทางหนึ่งเดียวกันถ้าความสามารถของคนคงที่แต่ความยากของข้อสอบมีระดับแตกต่างกันหลายระดับ โอกาสที่จะทำถูกจะเปลี่ยนไปด้วยดังนี้

ตาราง 1 ความแตกต่างระหว่างความสามารถของคนกับความยากของข้อสอบ

ความสามารถของคน	ความยากของข้อสอบ	ความแตกต่าง	โอกาสทำถูก
θ	b	$e^{(\theta - b)}$	p
5	0	148.00	.99
4	0	54.60	.98
3	0	20.10	.95
2	0	7.39	.88
1	0	2.72	.73
0	0	1.00	.50
0	1	.368	.27
0	2	.135	.12
0	3	.050	.05
0	4	.018	.02
0	5	.007	.01

จากตารางข้างบนถ้ากำหนดให้บุคคล v ทำข้อสอบข้อ i ได้คะแนน $X_{vi} = 1$ เมื่อทำถูก และ $X_{vi} = 0$ เมื่อทำผิดแล้ว สมการของราส์ชเมื่ออาศัยค่าวิเคราะห์ความสามารถของคนกับความยากของข้อสอบจะเป็นดังนี้

$$P_r \{X_{vi} | B_v, \delta_i\} = e^{X_{vi}(B_v - \delta_i)} / 1 + e^{(B_v - \delta_i)}$$

จะเห็นได้ว่ามาตราที่ใช้วัดความสามารถของคนก็ยังใช้ข้อสอบที่นำมาใช้ทดสอบนั่นเอง และมาตราที่ใช้ประเมินความยากของข้อสอบก็คือ กลุ่มคนที่ถูกทดสอบนั่นเอง แต่โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ทำให้เราได้หน่วยที่เหมาะสมที่จะใช้วัดมากกว่าเดิม หน่วยนี้เรียกว่า logit หน่วยลึกลับของบุคคลก็คือ ค่าลึกลับของความสำเร็ที่คน ๆ นั้น จะทำข้อสอบถูกเมื่อข้อสอบกำหนดค่าความยากคงที่ คือ $\theta = 0$ นั่นคือโอกาสที่คน ๆ หนึ่งซึ่งมีความสามารถเท่ากับ θ ทำข้อสอบที่มีความยาก $\theta = 0$ ได้ถูกต้อง คือ $e^{\theta} / (1 + e^{\theta})$ ความได้เปรียบของเขา คือ $e^{\theta} = P / (1 - P)$ และค่าลึกลับก็คือ θ

ถ้าจะพิจารณาที่ตัวข้อสอบจะพบว่า หน่วยความยากของข้อสอบในรูปลึกลับ logit ก็คือ ค่าลึกลับของความได้เปรียบที่ข้อสอบมีอยู่เหนือคน เมื่อความสามารถของคนถูกกำหนดให้คงที่ ที่ $B = 0$ นั่นคือ โอกาสที่คนซึ่งมีความสามารถ $B = 0$ จะทำข้อสอบที่มีความยาก 0 ได้สำเร็จคือ $e^{-0} / (1 + e^0)$ เมื่อความได้เปรียบของข้อสอบ $e^0 = (1 - P) / P$ และค่าลึกลับของข้อสอบคือ b

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า สามารถแยกคะแนนของคนออกจากคะแนนของข้อสอบ ทำให้สามารถวิเคราะห์ค่าความสามารถของคนโดยไม่ขึ้นกับข้อสอบได้ ในทางหนึ่งเดียวกันก็อาจวิเคราะห์ค่าของข้อคำถามโดยไม่ต้องขึ้นอยู่กับคนได้ (Item) ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของการวิเคราะห์แบบ Rasch model ที่ทำให้สามารถหาค่าวิเคราะห์ของคน และข้อสอบได้เป็นอิสระจากกัน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้โลจิสติกโมเดล แบบ 1 - พารามิเตอร์หรือ Rasch model ที่มีจุดเด่น 3 ประการ คือ (Hambleton. 1989 : 157)

1. โมเดลนี้มีจำนวนพารามิเตอร์ในข้อคำถามน้อยกว่าโมเดลอื่น ๆ จึงทำให้ง่ายต่อการนำมาใช้งาน
2. มีปัญหาอันเกิดจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามน้อยกว่าใช้โมเดลอื่น ๆ
3. คุณสมบัติในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถาม (Item Parameter) และค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้ตอบ (Person Parameter) แยกเป็นอิสระจากกันอย่างสมบูรณ์

และจากผลงานวิจัยหลายชิ้นด้วยกันสนับสนุนว่า การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบโดยใช้ Rasch model หรือแบบ 1 - พารามิเตอร์ มีคุณภาพดีเท่าเทียมกับการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ แบบ 3 - พารามิเตอร์ (Henly and others. 1989 : 367)

ในทฤษฎีการตอบข้อคำถามเมื่อมีการนำไปประยุกต์ใช้ นอกจากการที่จะเลือกโมเดลต่าง ๆ ให้เหมาะสมแล้ว วิธีการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบก็เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่เป็นขั้นตอนสำคัญ ที่ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพแต่ละครั้ง เพื่อผลการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจะได้มีประสิทธิภาพสูงสุด วิธีการประมาณค่าในทฤษฎีการตอบข้อคำถาม แบบที่มีการให้คะแนนเป็น 2 ค่า คือถูกให้ 1 และผิดให้ 0 มีอยู่หลายวิธี พอสรุปได้ดังนี้ (ต่าย เขียงฉี, 2534 : 49 - 50 ; อ้างอิงมาจาก Hambleton and Swaminathan, 1985 : 300)

1. วิธีประมาณค่าความสามารถของผู้สอบตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (The Most Difficulty of Item Answered) เป็นการให้คะแนน โดยดูจากข้อสอบการทดสอบ ที่ผู้สอบทำมาทั้งหมด ข้อใดที่มีค่าความยากสูงสุดที่ผู้สอบทำถูก ถือว่าเป็นค่าความสามารถของผู้สอบคนนั้น ค่าความยากที่เวลานี้ ควรจะเป็นค่าความยากที่วิเคราะห์มาจากทฤษฎีการตอบข้อคำถาม

2. วิธีประมาณค่าความสามารถของผู้สอบตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก (Average Difficulty of All Item Answered) การประมาณค่าตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบข้อที่ตอบถูกเป็นวิธีที่ช่วยจัดข้อบกพร่องของการประมาณค่าตามค่าความยากเฉลี่ย โดยนำเอาเฉพาะข้อสอบที่ผู้สอบตอบถูกต้องเท่านั้น มาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะทำให้ความหมายของคะแนนเพื่อวัดระดับความสามารถของผู้สอบได้มากขึ้น คะแนนที่ให้โดยการประมาณค่าวิธีนี้จะมากพอ ๆ กับการประมาณค่าตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้ายหรือพอ ๆ กับการประมาณค่าตามค่าความยากของข้อสอบที่ยากที่สุด แต่คะแนนจะมีค่าน้อยกว่า เมื่อใช้วิธีประมาณค่าตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้ายได้รวมเอาค่าความยากของข้อสอบที่ใช้ในการแยกทางไว้ด้วย วิธีการประมาณค่าตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกจะมีความคงที่ของคะแนน และให้รายละเอียดของคะแนนมากกว่าวิธีการประมาณค่าตามผลการตอบข้อสอบข้อสุดท้าย อย่างไรก็ตามวิธีการประมาณค่าตามค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่ตอบถูกจะมีความไวต่อการเดาตอบของผู้สอบมากกว่าวิธีการประมาณค่าตามค่าความยากเฉลี่ยอาจจะส่งผลทำให้มีค่าความเชื่อมั่นต่ำลง

3. วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของทุกข้อที่ทำ (Average Difficulty) วิธีการประมาณค่าแบบนี้เสนอโดย ลอร์ด (Weiss, 1975 : 33 ; citing Lord, 1972) วิธีการคือ นำค่าความยากของข้อสอบทุกข้อที่ผู้สอบได้ทำ โดยไม่คำนึงว่าจะตอบถูกหรือไม่ มาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยนี้จะถือเป็นความสามารถของผู้สอบผู้นั้น

4. วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อสุดท้ายที่ทำได้ (Difficulty of the Final Item) การประมาณค่าความสามารถวิธีนี้มักนำมาใช้ในการทดสอบ เทเลอร์ โดยใช้ข้อสุดท้ายที่ทำได้ ซึ่งมีค่าความยากสูงสุด โดยไม่คำนึงว่าจะตอบถูกหรือไม่ก็ตาม จะถือว่าค่าความยากของการทดสอบเทเลอร์ข้อสุดท้ายที่ผู้สอบได้ทำคือ ค่าความสามารถของผู้สอบผู้นั้น

5. วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อสอบที่ต่อจากข้อสุดท้ายที่ทำได้ (Difficulty of $(N+1)^{th}$ Item) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับวิธีที่ 4 แต่เป็นการตรวจสอบต่อไปอีกขั้นหนึ่ง กล่าวคือ ถ้าข้อสุดท้ายที่ทำได้ คะแนนในขั้นต่อไปก็จะเพิ่มขึ้น และถ้าข้อสุดท้ายที่ทำได้ ผิด ขั้นต่อไปคะแนนก็จะลดลง

6. วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้หลักการของเบส์ (Bayesian Strategies) การให้หลักการของเบส์นี้มีวิธีการย่อยหลายวิธี วิธีที่ใช้กัน คือ วิธีที่นักสถิติ โอเวน และทอร์นไคส์ (Owen, 1975 ; citing Owen, 1969, 1975 : 351 - 356 ; Thorndike, 1972 : 303) เป็นผู้เสนอขึ้น เพื่อใช้ในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในการทดสอบที่ให้ชื่อว่า เบส์เชียน อัปเดตติง (Bayesian Updating) ซึ่งสามารถประมาณค่าความสามารถของผู้สอบได้ค่อนข้างคงที่ แต่ใช้สถิติในการวิเคราะห์ยุ่งยากซับซ้อนมาก

7. วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้หลักการความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood) การประมาณค่าพารามิเตอร์วิธีนี้ มีการพัฒนาปรับปรุงเพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของราล์ฟโมเดลในแบบทดสอบที่ตอบถูกให้ 1 ตอบผิดให้ 0 (0,1) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย ไรท์ และปันจาปากีสัน (Wright and Panchapakesan, 1969 : 23 - 48) เป็นผู้พัฒนาการประมาณค่าพารามิเตอร์วิธีนี้ขึ้น ต่อมาไรท์ และดักลาส ได้ปรับความลำเอียง (Bias) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์ ค่าความยากของข้อคำถาม (b) สำหรับโมเดลที่ใช้คะแนนแบบสองค่า เพื่อลดอิทธิพลอันเนื่องมาจากความยากของข้อคำถามทั้งหมดในแบบทดสอบ

แนวความคิดของวิธีแมกซิมัมไลค์ลีสติูด มีอยู่ว่า การประมาณค่าความสามารถทำได้โดยอาศัยการสังเกตค่าที่วัดได้จากตัวอย่างสุ่มที่เลือกมาจากการแจกแจงที่ทราบรูปแบบของฟังก์ชัน ความหนาแน่นแต่ไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ จึงน่าจะใช้โอกาสที่เราเลือกตัวอย่าง และวัดค่าของหน่วยตัวอย่างต่าง ๆ ได้ $X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_n = x_n$ มาพิจารณาหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ (0) การให้คะแนนเพื่อประมาณค่าความสามารถโดยวิธีนี้มีวิธีย่อยอยู่หลายวิธี

แต่วิธีที่นิยมคือ วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (Unconditional Maximum Likelihood)

8. วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้วิธีพรีออกซ์ (Cohen's Approximation Procedure : PROX) เป็นวิธีที่แสดงให้เห็นถึงหลักการสำคัญต่าง ๆ ภายใต้การวิเคราะห์หาค่าคุณลักษณะประจำข้อ และค่าคุณลักษณะของผู้ตอบจากราส์โมเดล โดยค่าทั้งสองที่ประมาณได้จากวิธีการนี้ถูกกำหนดให้อยู่บนมาตรวัดเชิงเส้นเดียวกัน และเป็นอิสระจากกลุ่มตัวอย่าง และความยาวของแบบทดสอบที่ใช้ โดยที่วิธีการประมาณค่าความสามารถวิธีนี้มีข้อดกลงเบื้องต้นอยู่ในแบบทดสอบต้องมีการกระจายในลักษณะเบ้หรือมีแนวโน้มเป็นโค้งปกติ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการประมาณค่าความสามารถ 4 วิธี ซึ่งทั้ง 4 วิธีนี้สามารถนำมาใช้กับข้อสอบปรนัยเลือกตอบแบบธรรมดา ซึ่งไม่ใช่แบบทดสอบเทเลอร์ ที่หาคุณภาพตามวิธีของราส์โมเดล กล่าวคือ ในวิธีประมาณค่าความสามารถตามวิธีที่ 1 ถึงวิธีที่ 5 เป็นการให้คะแนนเพื่อประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจากการทดสอบเทเลอร์ ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ ในวิธีการประมาณค่าความสามารถวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 นั้น สามารถนำมาใช้กับแบบทดสอบแบบธรรมดาได้ อีกทั้งยังมีวิธีการประมาณค่าที่ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และเลือกวิธีประมาณค่าความสามารถวิธีที่ 7 และวิธีที่ 8 เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความคงที่ในการประมาณค่ามาก ถึงแม้จะใช้ค่าสถิติที่ซับซ้อน แต่ค่าที่ประมาณค่าออกมาได้ผลมีประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้คือ

1. วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำได้ถูกต้อง (Average Difficulty of Item Answered Correctly)
2. วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำได้ถูกต้อง (The most Difficulty of Item Answered Correctly)
3. วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้หลักการเป็นไปได้อย่างสูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (Unconditional Maximum Likelihood)
4. วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้วิธีพรีออกซ์ (Cohen's Approximation Procedure ; PROX)

ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก (Average Difficulty of Item Answered Correctly) เป็นวิธีการประมาณค่าความสามารถที่ใช้ในแบบทดสอบเทเลอร์ แต่ก็สามารถนำมาใช้ประมาณค่าความสามารถผู้สอบจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบธรรมดาที่หาคุณภาพตามทฤษฎีการตอบข้อคำถามได้ ซึ่งในที่นี้ใช้ทฤษฎีการตอบข้อคำถามในโมเดลโลจิสติก ที่ใช้พารามิเตอร์ 1 ตัวหรือราส์โมเดล ซึ่งในแต่ละข้อคำถามของแบบทดสอบจะมีค่าความยากประจำข้ออยู่ การประมาณค่าตามวิธีนี้ นำเอาความยากของข้อสอบข้อที่ตอบถูกมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลของการประมาณค่าตามวิธีนี้เป็นวิธีง่ายต่อการปฏิบัติ ไม่ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการประมาณค่าความสามารถ อีกทั้งค่าที่ได้จะให้ค่าที่คงที่ และให้รายละเอียดได้ดี

2. วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (The Most Difficulty of Item Answered Correctly) วิธีการประมาณค่าความสามารถตามวิธีนี้ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในแบบทดสอบเทเลอร์ แต่ก็สามารถนำมาใช้ประมาณความสามารถของผู้สอบจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบธรรมดาได้ ที่หาคุณภาพตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม (IRT) วิธีการประมาณค่านี้สามารถกระทำได้ง่าย ไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ช่วยประมาณค่า การประมาณค่านี้พิจารณาจากข้อสอบข้อใดในแบบทดสอบที่ทั้งหมด ข้อใดที่มีค่าความยากสูงสุดที่ผู้สอบทำถูกต้องว่าเป็นความสามารถของผู้สอบคนนั้น

3. วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้หลักการเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (Unconditional Maximum Likelihood) การประมาณค่าโดยวิธีนี้อาศัยหลักการอนุมานเชิงสถิติ (Statistical Inference) ซึ่งมีแนวคิดสำคัญอยู่ว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์ทำได้โดยการสังเกตค่าที่วัดได้จากตัวอย่างสุ่ม ที่เลือกมาจากการแจกแจงของประชากรฟังก์ชันความหนาแน่น (Density Function) ที่ทราบรูปแบบแต่ไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ แล้วจึงใช้โอกาสที่ได้จากการวัดหน่วยตัวอย่างต่าง ๆ ที่สุ่มมาได้ซึ่งแสดงในรูปของฟังก์ชันไลค์ลิฮูด (Likelihood Function) มาพิจารณาหาค่าประมาณพารามิเตอร์ของข้อสอบและความสามารถของผู้สอบ โดยพิจารณาเฉพาะค่าที่ทำให้ลอการิทึม (Logarithms) ของฟังก์ชันไลค์ลิฮูดมีค่าสูงที่สุด (Maximum) (สุชาดา กิระนันท์. 2530 : 77) ซึ่งหลักการของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวนี้ ในปี ค.ศ. 1975 - 1976 ไรท์ และมีด (Wright and Mead) ได้นำมาทำการตรวจสอบ และปรับปรุงใหม่โดยนำมาสร้างเป็นโปรแกรม BICAL ซึ่ง (Wright and Stone : 1979 : 56) ทำให้การวิเคราะห์สามารถกระทำได้โดยสะดวกรวดเร็วมากขึ้น

4. วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้วิธีพรีอ็อกซ์ (Cohen's Approximation Procedure : PROX) เป็นวิธีประมาณค่าที่เริ่มจากการแปลงคะแนนรวม (Total Scores) ของผู้ตอบแต่ละคน และของข้อคำถามในเมตริกซ์ข้อมูล ผลการตอบของกลุ่มตัวอย่างให้อยู่ในรูปคะแนนโลจิต (Logit Scores) ทั้งนี้เพื่อให้คะแนนของบุคคล และของข้อคำถามอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) เป็นหน่วยเดียวกับแบบมาตราเชิงเส้น (Linear Scale) จากนั้นจึงคำนวณหาค่าเฉลี่ยคะแนนโลจิตของแต่ละรายการ เพื่อแยกอิทธิพลของผู้ตอบออกมา และปรับขยายค่าที่คำนวณได้อีกครั้งหนึ่ง เพื่อลดผลที่เกิดจากการกระจายของคะแนนข้อคำถาม และของผู้ตอบ ซึ่งหลักการของการประมาณค่าพารามิเตอร์นี้เป็นของโคเฮ็น แล้วมีการนำมาปรับปรุงโดยไรท์ และมาสเตอร์ สามารถที่จะวิเคราะห์ผลได้ด้วยการใช้โปรแกรม BIGSTEP (Wright and Linacre, 1991) ดังมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ผลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ย่อ ๆ ดังนี้

1. จัดเตรียมเมตริกซ์ข้อมูลของบุคคลต่อการตอบรายข้อ ซึ่งไม่มีบุคคลใดได้ 0 คะแนน หรือได้คะแนนเต็ม และไม่มีข้อใดที่ผู้สอบตอบถูกหมดหรือไม่มีผู้ใดตอบถูกเลย สิ่งที่น่าสังเกตออกมาภายหลังคือ ค่าเวกเตอร์ของคะแนนของข้อความ (s_1) มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง L และเวกเตอร์ ช่วงความถี่คะแนนของบุคคล (n_r) ซึ่ง r มีค่าจาก 1 ถึง L - 1

2.

$$X_1 = \ln [(N - s_1)/s_1] \quad 4.1$$

$$x_1 = \sum_{i=1}^L x_1/L \quad 4.2$$

$$Y_r = \ln [r/(L - r)] \quad 4.3$$

$$Y_1 = \sum_{r=1}^{L-1} n_r y_r / N \quad 4.4$$

$$D = \sum_{i=1}^L (x_1 - x_1)^2 / 2.89(1 - 1) \quad 4.5$$

$$B = \sum_{r=1}^{L-1} n_r (y_r - y_1)^2 / 2.89(N-1) \quad 4.6$$

$$G = 3D \quad 4.7$$

3. คำนวณเพื่อขยาย แพคเตอร์

$$x = [(1 + D)/(1 - G)]^{\frac{1}{2}} \quad 4.8$$

$$Y = [(1 + B)/(1 - G)]^{\frac{1}{2}} \quad 4.9$$

4. ประมาณค่าความยากของข้อคำถาม

$$d_i = Y(x_i - x_0) \quad ; \quad i = 1, 1 \quad 4.10$$

5. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

$$SE(d_i) = Y(N/s_1(N - s_1))^{\frac{1}{2}} \quad 4.11$$

6. ประมาณค่าความสามารถ

$$b_r = XY_r \quad \text{สำหรับ } r = 1, L - 1 \quad 4.12$$

7. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

$$SE(b_r) = x(L/r(L - 1))^{\frac{1}{2}} \quad 4.13$$

ดัชนีชี้ประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์

ในการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์นั้นต้องอาศัยดัชนีที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพได้เป็นอย่างดี ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ดัชนีที่เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ 2 ค่า คือ

1. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่า (Relative Efficiency of Estimators) ซึ่งค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่านั้น เป็นการนำค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแต่ละวิธีการนำมาเปรียบเทียบกัน

ในการวัดหรือการประมาณค่าความสามารถทางด้านการศึกษา และจิตวิทยา มักจะมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง ถ้าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่ามีค่าสูง ก็จะส่งผลให้ความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่ามีค่าต่ำ ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่านี้มักนิยามมาแสดงในรูปของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือที่เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า (Standard Error of Estimate ; $SE(\theta)$) ซึ่งสามารถนำค่านี้ไปใช้ประโยชน์ในลักษณะคล้ายกับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement: SE_{meas}) ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่ามีความสัมพันธ์กับค่าอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ (Test Information Function, $I(\theta)$) ดังนี้ (Warm. 1978 : 77 ; Hambleton. 1989 : 164)

$$SE(\theta) = \frac{1}{I(\theta)}$$

ตามทฤษฎีการตอบข้อคำถาม การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบหรือการพิจารณาความแน่นอนของการประมาณค่าความสามารถที่แท้จริงนั้น ใช้วิธีการพิจารณาจากฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ (Test Information Function) ซึ่งได้จากผลรวมของฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบแต่ละข้อ (Item Information Function) (Lord. 1980 : 72)

ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบ แต่ละข้อกำหนดได้ดังนี้

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

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

P_g คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบ ข้อที่ g ถูก

Q_g คือ $(1 - P_g)$

P_g คือ ความชันของโค้งลักษณะข้อสอบที่ระดับความสามารถ θ

จากสมการ จะเห็นได้ว่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบแต่ละข้อขึ้นอยู่กับความชันของโค้งลักษณะข้อสอบ ถ้าโค้งลักษณะข้อสอบชันมากขึ้นในขณะที่ความแปรปรวนของการตอบข้อสอบ

ถูกยิ่งน้อยลง ได้ังอินฟอร์เมชันของข้อสอบที่ระดับความสามารถนั้นก็จะยิ่งสูงขึ้น ซึ่งความสูงของ
ได้ังอินฟอร์เมชันของข้อสอบอยู่ที่ระดับความสามารถใดแสดงว่า สามารถจำแนกระดับ
ความสามารถของผู้สอบได้ดี ณ ระดับความสามารถนั้น (ผจงจิต อินทสุวรรณ, 2525 : 64)

ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ เป็นสัดส่วนกลับกับกำลังสองของความยาวของช่วง
ความเชื่อมั่นที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจากการทำข้อสอบของเขา
ได้ังอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบจึงเป็นเครื่องแสดงถึงความถูกต้องแน่นอนของค่าความสามารถที่
ประมาณได้ ซึ่งแสดงในรูปสมการได้ดังนี้

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

$$= \sum_{g=1}^n \frac{(P_g)^2}{P_g Q_g}$$

เมื่อ $I(\theta)$ คือ ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

ค่า I นี้ใช้เป็นดัชนีชี้ให้เป็นคุณภาพของการวัดของแบบทดสอบ ถ้า Information
Curve หรือ Test Information Curve สูงที่ระดับความสามารถใดก็แสดงว่า แบบทดสอบ
หรือข้อสอบที่คุณภาพดีมากสำหรับวัดความสามารถของบุคคลที่มีระดับความสามารถนั้น ๆ

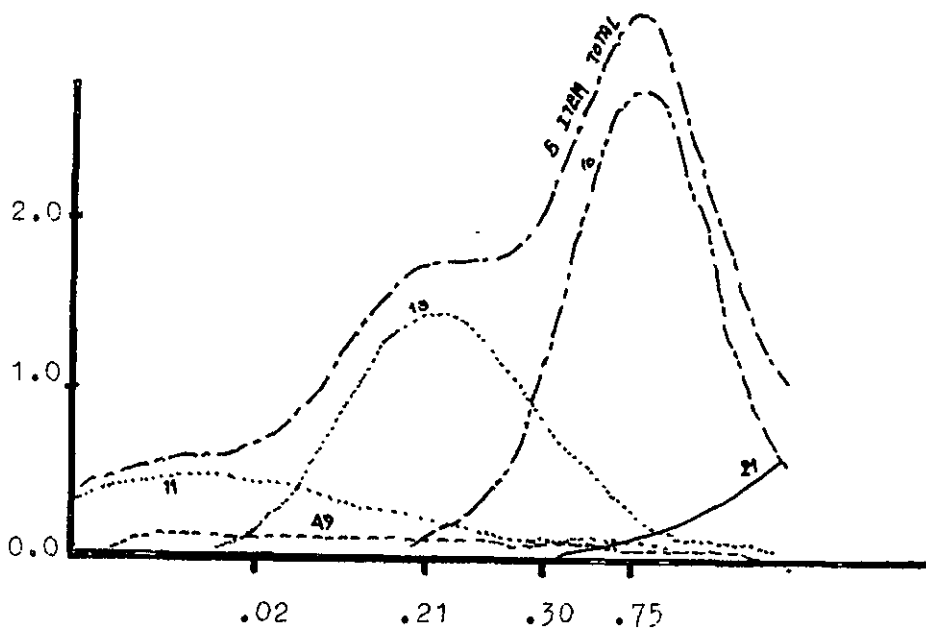
ตาราง 2 แสดงค่าคุณสมบัติของแบบทดสอบ 5 ข้อ

ข้อสอบที่	b_g	a_g	c_g
10	1.1	2.0	.05
11	-1.5	.9	.20
13	0.1	1.6	.16
30	2.4	1.1	.09
47	-0.4	.4	.20

ค่าต่าง ๆ ในตารางนี้เป็นคุณสมบัติของข้อสอบความถนัดทางการเรียนด้านภาษา

(Lord. 1968) 5 ข้อ

เมื่อนำมาคำนวณค่า I ของแต่ละข้อ และคำนวณค่า I รวมทั้ง 5 ข้อแล้วก็สามารถเขียนกราฟได้ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แสดง Information Curve ของแบบทดสอบความถนัดด้านภาษาของสถาบัน ETS

จากกราฟให้ความหมายว่า แบบทดสอบทั้ง 5 ข้อ เหมาะกับการทดสอบกับนักเรียนที่มีความสามารถสูง ๆ

อนึ่งค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบนอกจากจะเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของการประมาณค่า ยังสามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่าจากแบบทดสอบต่างฉบับที่วัดความสามารถหรือคุณลักษณะอย่างเดียวกัน โดยการนำค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบแต่ละฉบับมาเปรียบเทียบกันทีละคู่ ณ ระดับความสามารถหรือคุณลักษณะเดียวกัน โดยแสดงในรูปของอัตราส่วน ซึ่งค่าอัตราส่วนของฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบสองฉบับที่นำมา

เปรียบเทียบ ๗ ระดับความสามารถเดียวกันนี้เรียกว่า ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของแบบทดสอบหรือประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่า (Relative Efficiencies of Various Test Design, Estimators อ้างอิงมาจาก Lord and Novick. 1986 : 471 - 472 ; Allen and Yen. 1979 : 266)

$$RE(\theta, x_1, x_2) = \frac{I(\theta, x_1)}{I(\theta, x_2)}$$

เมื่อ $RE(\theta, x_1, x_2)$ แทน ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของคะแนนแบบทดสอบ x_1 กับคะแนนแบบทดสอบ x_2 ๗ ระดับความสามารถระดับ θ

โดยที่ x_1 และ x_2 เป็นคะแนนจากแบบทดสอบที่แตกต่างกัน 2 ฉบับ ที่วัดความสามารถอย่างเดียวกัน ถ้าผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของแบบทดสอบมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าแบบทดสอบ x_1 มีคุณภาพสูงกว่าแบบทดสอบ x_2 ๗ ความสามารถระดับนั้น แต่ถ้าค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของแบบทดสอบมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า แบบทดสอบ x_2 มีคุณภาพต่ำกว่าแบบทดสอบ ๗ ระดับความสามารถนั้น แต่ถ้าค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 1 แล้ว แสดงว่าคุณภาพของแบบทดสอบทั้งสองฉบับมีค่าพอกัน ๗ ระดับความสามารถนั้น (Warm. 1978 : 75 - 76 ; Crocker and Algina. 1986 : 369 - 370 ; Lord and Stocking. 1988 : 270) และถ้าพิจารณาในแง่ของค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าแล้ว (Relative Efficiency of Estimator) x_1 และ x_2 จะแทนวิธีการประมาณค่าที่แตกต่างกัน 2 วิธีของแบบทดสอบฉบับเดียวกัน ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ในการประมาณค่าความสามารถนำมาเปรียบเทียบได้ โดยการใช้อัตราส่วนของค่าความแปรปรวน วิธีประมาณค่าวิธีการหนึ่งเทียบกับวิธีการประมาณค่าอีกวิธีหนึ่ง

$$RE(\theta, x_1, x_2) = \frac{I(\theta, x_1)}{I(\theta, x_2)} = \frac{V(x_2)}{V(x_1)} = \text{Eff}(\theta, x_1, x_2)$$

จากสมการดังกล่าวนี้ จะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสัมพัทธ์ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ระหว่าง 2 วิธีใด ๆ สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของค่าอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าแต่ละวิธีในแบบทดสอบฉบับเดียวกัน ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวนี้มีค่าเท่ากับประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าที่คำนวณจากการใช้อัตราส่วนของค่าความแปรปรวน

2. ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (Standard Error of Estimate : E) ก็คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ($\hat{\theta}$) คลาดเคลื่อนไปจากความสามารถจริง (θ) ($E = \hat{\theta} - \theta$) แต่เนื่องจากการประมาณค่านั้น ไม่สามารถหาความสามารถจริงได้ จึงใช้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เป็นดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์

ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error ; RMSE) เป็นดัชนีในการเปรียบเทียบความไม่เอนเอียง (Unbiasedness) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์ของผู้สอบแต่ละวิธี

ความไม่เอนเอียง (Unbiasedness) เป็นคุณสมบัติสำคัญอีกประการหนึ่งของตัวประมาณค่าที่ดี นอกเหนือไปจากควมมีประสิทธิภาพ (Efficiency) ดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งในที่นี้ความไม่เอนเอียงหมายถึง ความสอดคล้อง (Consistency) ระหว่างคะแนนผลการตอบ (Observed Score) ของข้อสอบในแบบทดสอบของผู้ตอบแต่ละคนกับคะแนนค่าคาดหวัง (Expected Value) ถ้าความสอดคล้องระหว่างค่าทั้งสองมีมาก ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์ก็จะมีคุณสมบัติของความไม่เอนเอียง แต่ถ้าความสอดคล้องระหว่างค่าทั้งสองมีน้อย ตัวประมาณค่าก็ขาดคุณสมบัติของความไม่เอนเอียงนี้ไป ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยนี้พิจารณาจากค่าสมการต่อไปนี้ (Wright and Masters. 1982 : 97)

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{ni} - E_{ni})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ	RMSE	แทน	ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย
	x_{ni}	แทน	ผลการตอบของผู้ตอบคนที่ n
	N	แทน	จำนวนของผู้ตอบที่สอดคล้องกับโมเดล

E_{ni} แทน ค่าคาดหวังของคะแนนผลการตอบของผู้ตอบคนที่ n
 ในข้อคำถามข้อที่ i ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่า
 ด้วยวิธีต่าง ๆ

L แทน จำนวนของคำถามที่สอดคล้องกับโมเดล

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ด้วยราส์ชโมเดล มีผู้ทำการวิจัยในประเทศไทย
 หลายคน ดังนี้

บันดดา วิยวัธนะ (บันดดา วิยวัธนะ, 2528 : 71) ได้ศึกษาผลการวิเคราะห์
 ข้อสอบโดยใช้วิธีแบบดั้งเดิมกับวิธีโลจิสติก โมเดลทั้ง 3 พารามิเตอร์ คือ พารามิเตอร์ตัวเดียว
 พารามิเตอร์ 2 ตัว และพารามิเตอร์ 3 ตัว สอบแบบทดสอบคณิตศาสตร์ (ค 101) ชนิดเลือก
 ตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ซีไอเอ โปรแกรม BICAL
 โปรแกรม LOGIST แล้วนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกันได้ว่า จำนวนข้อที่ได้รับการ
 คัดเลือกไว้จากวิธีวิเคราะห์แบบดั้งเดิมกับวิธีโลจิสติกโมเดลทั้ง 3 โมเดลนั้น ผลปรากฏว่า
 จำนวนข้อที่วิเคราะห์จากพารามิเตอร์ 1 ตัว, 2 ตัว และ 3 ตัว ไม่แตกต่างกัน ค่าความเชื่อมั่น
 ของพารามิเตอร์ 1 ตัว, 2 ตัว และ 3 ตัว เมื่อปรับจำนวนข้อให้เท่ากันแล้วมีค่าไม่แตกต่างกัน
 และเมื่อปรับจำนวนข้อให้เท่ากัน ค่าความเชื่อมั่นของการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมกับวิธีโลจิสติก
 ไม่ต่างกัน ถ้าพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบพบว่า การคัดเลือกจากการวิเคราะห์
 พารามิเตอร์ตัวเดียวจะมีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยวิธีอื่น อย่าง ไม่มีนัยสำคัญทาง
 สถิติที่ระดับ .05

สมจิตร ทรัพย์ประโมย (2531 : 62 - 64) ได้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์
 แบบทดสอบวัดเจตคติแบบลิเคิร์ท และแบบออสกูด โดยใช้วิธีการแบบดั้งเดิม (Classical
 Model) กับราส์ชโมเดล (Rasch Model) ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
 ปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2530 จำนวน 1,307 คน ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวัด
 เจตคติที่สร้างตามวิธีของลิเคิร์ท และวิธีของออสกูด ได้รับการคัดเลือกไว้ด้วยราส์ชโมเดล
 (ในที่นี้คือ เรทติง สเกล โมเดล) มีจำนวนข้อความน้อยกว่าที่วิเคราะห์ด้วยวิธีแบบดั้งเดิม
 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (สัมประสิทธิ์แอลฟา)

ที่สร้างตามวิธีลิเคิร์ท และวิเคราะห์ด้วยราล์ชโมเดลมีค่าน้อยกว่าวิธีที่วิเคราะห์ตามแบบดั้งเดิม แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่าความเชื่อมั่นที่วิเคราะห์ด้วยราล์ชโมเดลมีค่าอยู่ในระดับสูง (0.9433) ในขณะที่มีจำนวนของข้อความน้อยกว่าวิธีที่วิเคราะห์แบบดั้งเดิมถึงสองเท่า ส่วนแบบทดสอบที่สร้างตามวิธีของฮอสกูด พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกันเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีทั้งสอง

สำหรับในต่างประเทศมีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับราล์ชโมเดลหลายคนเช่นกัน ดังเช่น

ดูเกลส (Douglass. 1981 : 4000-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้รูปแบบใดลักษณะข้อคำถามกับการสอนในระบบห้องเรียน โดยใช้รูปแบบทั้ง 3 รูปแบบของทฤษฎีการตอบข้อคำถาม ใช้ข้อสอบ 100 ข้อ จากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับวิทยาลัย จำนวน 1,082 คน สร้างข้อสอบ 4 ฉบับ ๗ ละ 43 - 53 ข้อ โดยสุ่มมาจากข้อสอบ 100 ข้อ แล้วสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมา กลุ่มละ 200, 600 และ 800 คน ตามลำดับ ปรากฏว่า การวิเคราะห์ข้อสอบด้วยราล์ชโมเดลมีความคงที่ของค่าพารามิเตอร์ดีกว่ารูปแบบ 2 และ 3 พารามิเตอร์ นอกจากนี้ ฮัทเทน (Hutten. 1982 : 4799-A) ได้ศึกษาความเหมาะสมของข้อมูลจริงกับรูปแบบของทฤษฎีการตอบข้อคำถามในการประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถ และความยากโดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 1,000 คน และ 250 คน ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบของราล์ชโมเดล และรูปแบบ 3 พารามิเตอร์ มีความเหมาะสมกับข้อมูล 80 เปอร์เซ็นต์ทั้งสองรูปแบบ ส่วนกลุ่มตัวอย่าง 250 คน มีความเหมาะสมสำหรับราล์ชโมเดลมากกว่ารูปแบบ 3 พารามิเตอร์ ผลการศึกษานี้สนับสนุนให้ใช้รูปแบบ 3 พารามิเตอร์ กับกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 1,000 คนขึ้นไป จะทำให้มีความแม่นยำในการประมาณค่าสูง

ทินส์เลย์ และเดวิส (Tinsley and Dawis. 1975 : 325 - 339) ได้ศึกษาความคงที่ของความยากของข้อสอบด้วยราล์ชโมเดล โดยใช้แบบทดสอบ 4 ฉบับ คือ Word Analogy, Number Analogy, Picture Analogy, Symbol Analogy มีจำนวนข้อ 66, 60, 50 และ 40 ข้อตามลำดับ นำไปทดสอบกับนักศึกษาในมหาวิทยาลัย และนักเรียนระดับมัธยมศึกษา วิเคราะห์ค่าความยากด้วยราล์ชโมเดล 10 ครั้ง แล้วนำค่าความยากของแต่ละครั้งมาหาความสัมพันธ์ ผลปรากฏว่า แบบทดสอบทั้ง 4 ฉบับ ที่มีจำนวนข้อมากกว่า 30 ข้อขึ้นไป มีค่าความยากสัมพันธ์กันสูงมาก และถ้าตัดข้อที่ไม่เหมาะสม (Misfit) กับโมเดลออกจะทำให้ค่าความยากมีความสัมพันธ์กันสูงมากขึ้น

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเทียบคะแนนโดยใช้รหัสโมเดลกับกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน และใช้แบบทดสอบเป็นข้อคู่ - ข้อคี่ ง่าย - ยาก หลายครั้ง เช่น การศึกษาของ เคอร์รี่ บาสชอร์ และ เรนทซ์ (Curry, Bashaw and Rentz : 1978) ไวทเลย์ และดาวิส (Whilelay and Dawis : 1974) และ ไรท์ (Wright : 1968) ได้สรุปว่า พารามิเตอร์ความสามารถที่ ไม่แปรปรวนกับข้อสอบชุดย่อย ๆ (Kolen. 1981 : 2)

จากการศึกษาเอกสารทางทฤษฎีที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของค่าประมาณค่าพารามิเตอร์สรุปได้ว่า แบบ 1 พารามิเตอร์ และ 2 พารามิเตอร์ มีไค้ลักษณะข้อสอบดีกว่าแบบ 3 พารามิเตอร์ นอกจากนั้นทั้งทางด้านทฤษฎี และข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานนั้น แบบ 1 พารามิเตอร์ และ 2 พารามิเตอร์ มีค่าน้อยกว่า แบบ 3 พารามิเตอร์

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมาณค่าความสามารถได้มีผู้ทำการวิจัยหลายคนทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังนี้

จิราพร ไกรสรศิริเวท (2529) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบบางประการของการทดสอบเทเลอรัปรีมิติกับความสามารถทางการเรียน โดยใช้การทดสอบเทเลอรัปรีมิติ ที่มี 8 ขั้น 3 แบบ คือ แบบที่ใช้ขนาดขั้นคงที่ ขนาดขั้นแปรผันและแบบข้างตัด และใช้วิธีการให้คะแนน 3 วิธี คือ ให้คะแนนตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ได้ทำให้คะแนนตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก และให้คะแนนทุกข้อโดยทำการศึกษาเกี่ยวกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 348 คน ผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทดสอบเทเลอรัปรีมิติทั้ง 3 แบบ โดยให้คะแนนทั้ง 3 วิธี กับคะแนนจากการทดสอบแบบดั้งเดิม มีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทดสอบเทเลอรัปรีมิติทั้ง 3 แบบ โดยให้คะแนนทั้ง 3 วิธี ปรากฏว่า มีค่าสหสัมพันธ์เป็นบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า

เกรียงศักดิ์ สุวรรณภาค (2532 : 61) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของแบบทดสอบแยกกลุ่มกับความสามารถทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ โดยทำการศึกษาในตัวแปร 2 ตัว คือ ตัวแปรแรก รูปแบบของแบบทดสอบแยกกลุ่มซึ่งมี 3 แบบ คือ แบบที่มีค่าความยากของข้อสอบใกล้เคียงกัน แบบที่มีค่าความยากของข้อสอบกระจายจากน้อยที่สุดถึงมากที่สุด และแบบที่มีการแยกกลุ่มสองครั้ง และตัวแปรที่สอง คือ วิธีการให้คะแนน ซึ่งมี 2 วิธี คือ ให้คะแนนตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก และให้คะแนนตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2,455 คน ผลการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ใช้แบบทดสอบแยกกลุ่มแต่ละฉบับ ซึ่งตรวจให้คะแนนในแต่ละวิธี กับความสามารถทางการเรียน มีค่าเป็นบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า และผลการทดสอบ ความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์ดังกล่าว เป็นรายคู่ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกคู่ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้ จากการตรวจให้คะแนน ทั้ง 2 วิธี ดังกล่าว โดย แยกวิเคราะห์ตามแบบทดสอบแยกกลุ่มแต่ละแบบมีค่าเป็นบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า และ ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังกล่าว พบว่า เมื่อพิจารณาในแบบทดสอบแยกกลุ่ม แต่ละแบบ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากการตรวจให้คะแนนทั้ง 2 วิธี มีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกคู่ ส่วนต่าย เชียงฉี (2534 : 178) ได้ใช้เทคนิคใน วิธีมอนติคาร์โล ศึกษาเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และ ค่าความเที่ยงตรงในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจากการทดสอบเทเลอรูปิรามิด ที่รูปแบบ จำนวนชั้น และวิธีการให้คะแนนที่แตกต่างกัน ในเรื่องของวิธีการให้คะแนนนั้น พบว่า การให้คะแนนโดยให้ค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำได้ จะประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ สูงกว่าความสามารถจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การให้คะแนนตามค่าเฉลี่ยความยากข้อที่ทำได้ จะประมาณค่าความสามารถของข้อสอบต่ำกว่าความสามารถจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การให้ คะแนนโดยใช้วิธีของเบส์ และวิธีความเป็นไปได้สูงสุดในแต่ละกลุ่มการทดลอง ได้ความสามารถ จริงกับความสามารถที่ได้จากการประมาณค่าไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็น รายคู่ พบว่า การทดสอบเทเลอรูปิรามิดแบบขนาดชั้นคงที่ ที่มี 16 ชั้น ให้คะแนนโดยวิธี ของเบส์จะให้ประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบสูงสุด

องอาจ นัยพันธ์ (2535 : 205) ได้ศึกษาประสิทธิภาพ ผลการประมาณค่า พารามิเตอร์ของ พาเชียล เครดิต โมเดล ระหว่างวิธีพริกซ์ และวิธียูคอน ในแบบทดสอบ วัดเจตคติแบบลิเคิร์ทสเกล โดยทำการศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าเจตคติของ ผู้ตอบด้วยวิธียูคอนมีค่าต่ำกว่าวิธีพริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่ารากที่สองของความคลาด เคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความยากประจำชั้นของข้อความ ระหว่าง วิธีทั้งสอง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โคเฮน (Cohen. 1979 : 113 - 119) ได้ศึกษาผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์ ความสามารถของผู้สอบ (Ability Parameter) และค่าความยากของข้อคำถาม (Item

Difficulty) ของ راشส์ โมเดล ระหว่างวิธีพรีออกซ์และวิธียูคอน ในแบบทดสอบวิชาฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 50 ข้อ กลุ่มผู้ตอบจำนวน 703 คน ผลการศึกษาพบว่า ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้จากวิธีพรีออกซ์ มีค่าแตกต่างจากวิธียูคอนไม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความยากของข้อคำถามที่ประมาณค่าได้จากวิธีทั้งสอง โดยทั่วไปมีค่าใกล้เคียงกันมาก นอกจากนี้ โคเฮนยังได้เสนอแนะเพิ่มเติมว่า การประมาณค่าด้วยวิธีพรีออกซ์จะมีความแม่นยำ (Accuracy) สูงขึ้น ถ้านำไปใช้ประมาณค่ากับแบบทดสอบที่มีจำนวนข้อไม่น้อยจนเกินไป (น้อยกว่า 20 ข้อ) และมีการแจกแจงของค่าพารามิเตอร์ความยากเป็นแบบเบ้ (Skewed) จะมีผลทำให้ค่าประมาณที่ได้มีค่าสูงกว่าค่าพารามิเตอร์ความยากที่แท้จริง (Overestimates)

ไรท์และสโตน (Wright and Stone. 1979 : 60 - 61, 143) ได้เปรียบเทียบค่าประมาณพารามิเตอร์ของข้อคำถาม (Item Calibrations) และคุณลักษณะของผู้ตอบ (Person Measures) ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ راشส์ โมเดล (Rasch Model) ด้วยวิธีพรีออกซ์และวิธียูคอน พบว่าค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากวิธีทั้งสองมีค่าแตกต่างกันไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของการวัด แม้ว่าจะไม่ได้พิจารณาด้วยค่านัยสำคัญทางสถิติก็ตามและเมื่อข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีขนาดใหญ่ รวมทั้งการแจกแจงค่าความยากของข้อคำถามเป็นแบบปกติ (Normal Distribution) แล้วผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยทั้งสองวิธีดังนี้ ก็จะไม่แตกต่างกัน

เจเซน และคนอื่น ๆ (Jesen and others. 1988 : 307 - 313) ได้ศึกษาความคงเส้นคงวา (Consistency) ของการประมาณค่าพารามิเตอร์วิธียูคอน ใน راشส์ โมเดล โดยศึกษาด้วยวิธีการสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation Study) ผลการวิจัยพบว่าการประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยวิธียูคอนมีค่าไม่คงที่ แม้ว่าจะได้มีการแก้ความลำเอียง (Bias) ของการประมาณค่าด้วยค่าปรับแล้ว $(K-1)/K$ (เมื่อ K หมายถึง จำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ) แล้วก็ตาม และยังได้อธิบายว่าความลำเอียงที่เกิดขึ้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อคำถาม แต่เพียงประการเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับ การแจกแจงข้อคำถามพารามิเตอร์ของข้อคำถามอีกด้วย ดังนั้น การปรับแก้ความลำเอียงในทางปฏิบัติจริงจึงเป็นสิ่งที่ไม่สามารถกระทำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อการแจกแจงค่าพารามิเตอร์ของข้อคำถามที่มีลักษณะเบ้ (Skewness) และมีพิสัย (Range) กว้าง จะพบว่า ไม่สามารถลดความลำเอียงได้ด้วยค่าปรับแก้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา เดอ กรูจเตอร์ (Jensen and others. 1988A : 305 ; citing De Gruijter. 1986)

กว้าง จะพบว่า ไม่สามารถลดความลำเอียงได้ด้วยค่าปรับแก้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา เดอ กรุงเจอร์ (Jensen and others. 1988A : 305 ; citing De Gruijter. 1986)

โฮ (Ho. 1989 : 421-A) ได้ใช้โมเดลคอมพิวเตอร์ศึกษาเปรียบเทียบยุทธวิธีการ ๓ ข้อแบบดีฟ เทสต์ติ้ง (Adaptive Testing) 3 วิธี คือ ยุทธวิธีของเบส์ (Bayesian) โมดัลเบส์ (Modal Bayesian) และวิธีแมกซิมัม ไคล์ลี่ยูต (Maximum Likelihood) ยุทธวิธีทั้ง 3 นี้ ได้เปรียบเทียบ โดยใช้น้ำหนักของคลังข้อสอบ (Bank Size) 3 ขนาด คือ ขนาด 86 ข้อ 71 ข้อ และ 56 ข้อ ชนิดของคลังข้อสอบ (Bank Type) 3 แบบ คือ แบบที่มีข้อสอบแบบสุ่ม มีเฉพาะข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกสูง และแบบที่มีเฉพาะข้อสอบข้อง่าย ๆ ส่วนระดับความสามารถของผู้สอบมี 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง และต่ำ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 ทาง (Three ways ANOVA with repeated measures) ผลการศึกษาในด้านวิธีการให้คะแนนพบว่า ยุทธวิธีของโมดัลเบส์ (Modal Bayesian) จะมีประสิทธิภาพสูงสุด ยุทธวิธีของเบส์ (Bayesian) จะให้ค่าความเชื่อมั่นสูงสุด และยุทธวิธีแมกซิมัม ไคล์ลี่ยูต (Maximum Likelihood) จะให้ค่าไม่คงที่ (Inconsistent) ภายใต้งานทดสอบในสถานการณ์ต่าง ๆ

จากผลรายงานการวิจัยข้างต้น ได้สรุปให้เห็นว่าการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยทฤษฎีการตอบข้อคำถาม แบบ 1 - พารามิเตอร์ กับ 3 - พารามิเตอร์ ได้ผลไม่แตกต่างกัน และพบว่าความถูกต้องของการประมาณค่าขึ้นอยู่กับวิธีประมาณค่าเป็นสำคัญ

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า .

1. ความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีต่างกันมีค่าแตกต่างกัน

2. ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ของวิธีที่นำมาเปรียบเทียบกับวิธีค่าตั้งต่อไป้

2.1 วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ไม่เท่ากับ 1

2.๒ วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าความสามารถตามวิธีพริกซ์มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ไม่เท่ากับ 1

2.๓ วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ไม่เท่ากับ 1

2.๔ วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าความสามารถตามวิธีพริกซ์มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ไม่เท่ากับ 1

2.๕ วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขกับวิธีประมาณค่าความสามารถตามวิธีพริกซ์มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ไม่เท่ากับ 1

3. ความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีต่างกันมีค่าแตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษา จังหวัดปทุมธานี ซึ่งมีทั้งหมด 23 กลุ่มโรงเรียน จำนวนโรงเรียน 178 โรงเรียน จำนวนห้องเรียน 287 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 7,944 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษา จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) มีโรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) โดยทำการสุ่มตามกลุ่มโรงเรียน กลุ่มโรงเรียนละ 1 โรงเรียน ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวนโรงเรียน 14 โรงเรียน จำนวนห้องเรียน 29 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 854 คน ดังรายละเอียดในตาราง 3

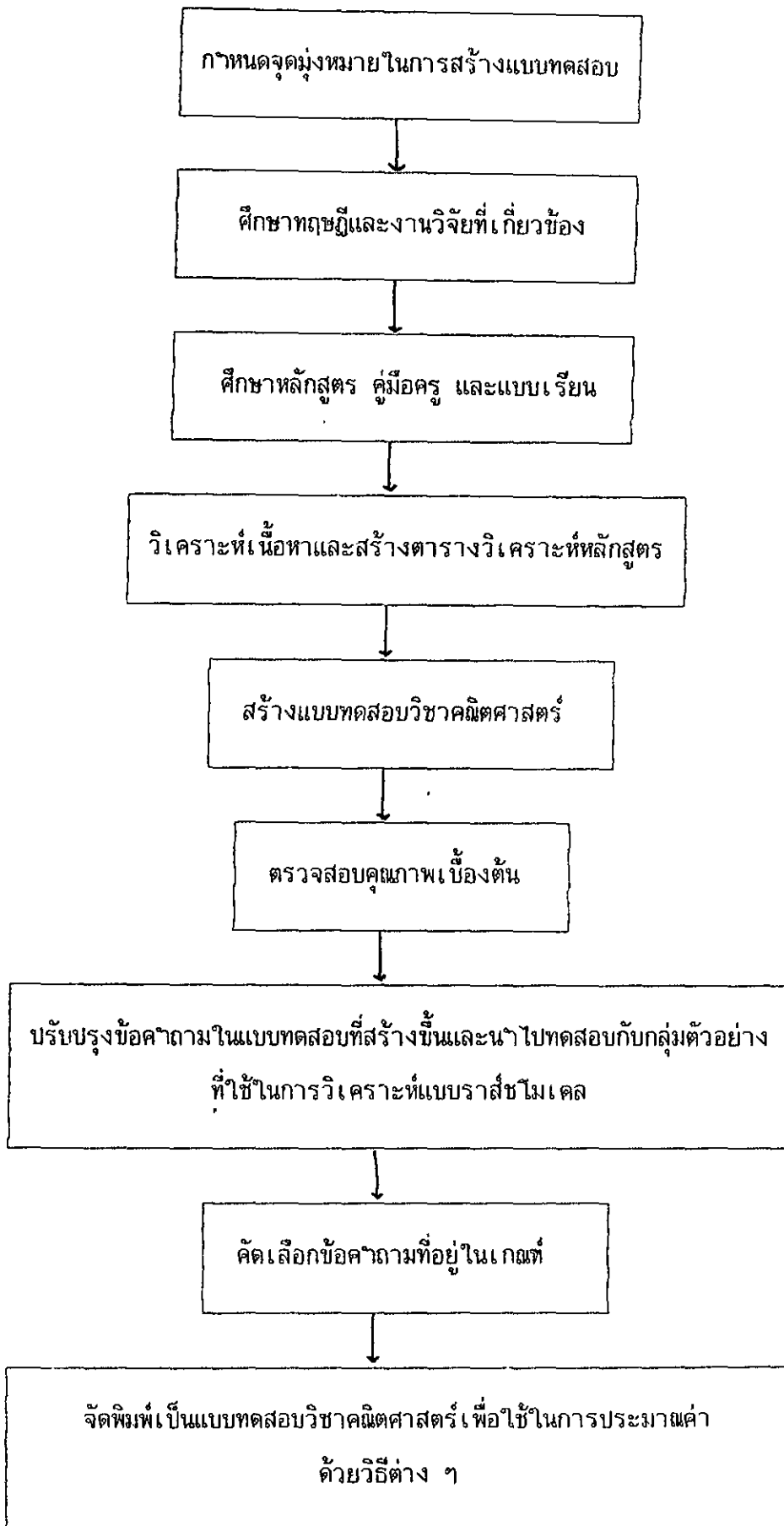
ตาราง 3 แสดงจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า จำแนกตามโรงเรียน

โรงเรียน	จำนวนนักเรียนที่ใช้ในการ ประมาณค่าความสามารถ
1. โรงเรียนชุมชนวัดเสด็จ	2(70)
2. โรงเรียนอนุบาลปทุมธานี	2(70)
3. โรงเรียนประถมศึกษาธรรมศาสตร์	2(65)
4. โรงเรียนวัดกล้าย่อม	2(61)
5. โรงเรียนวัดแสงสรรค์	2(75)
6. โรงเรียนชุมชนวัดบัวแก้วเกษร	2(60)
7. โรงเรียนวัดสุวรรณจินดาราม	2(62)
8. โรงเรียนวัดเจริญติ์วิทยา	2(59)
9. โรงเรียนวัดทศทิศ	3(57)
10. โรงเรียนสามัคคีอาราม	2(47)
11. โรงเรียนชุมชนวัดจันทน์กะพ้อ	2(65)
12. โรงเรียนวัดสะแก	2(43)
13. โรงเรียนชุมชนบึงบา	2(63)
14. โรงเรียนวัดศรีสโมสร	2(54)
รวม	29(854)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบของวิชาคณิตศาสตร์
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นในเรื่องสมการและกราฟแก้สมการ มีจำนวนข้อ 50 ข้อ

การดำเนินการสร้างแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการตาม
แผนผังดังนี้



ภาพประกอบ 12 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์

วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ เพื่อสร้างแบบทดสอบเลือกตอบเรื่อง สมการและการแก้สมการ วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
 2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบเลือกตอบจากหนังสือของ กรอนลัน (Gronlund. 1982 : 132) ฮาลาไดนาและรอยด์ (Haladyna and Roid. 1982 : 287) และ พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530 : 382) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบเลือกตอบ
 3. ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู และแบบเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 พร้อมทั้งกำหนดเนื้อหา เรื่องสมการเท่านี้ที่ใช้ในการวิจัยเพื่อความเป็นมิติเดียวของแบบทดสอบ
 4. สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร ในเนื้อหาเรื่องสมการ โดยครูผู้มีประสบการณ์ทางการสอนและวัดผลในวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 6 คน ผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 13 ดังนี้ ในภาคผนวก
 5. เขียนแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 80 ข้อ ตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร
 6. นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้น 80 ข้อ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีความรู้ในเนื้อหาและการเขียนข้อสอบ จำนวน 5 คน เป็นผู้ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม รายชื่อผู้เชี่ยวชาญมีดังต่อไปนี้

6.1 นายประเสริฐ	กวางทอง
6.2 นายอรินทร์	น่วมถนอม
6.3 นายอรรณพ	ตะนะดุลย์
6.4 นางสาววลีมาศ	แซ่ฮ้าง
6.5 นางสาวสมสว่าง	ธนะพานิชย์สกุล
- ข้อสอบที่ถือว่าวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้เชี่ยวชาญ ไม่น้อยกว่า 3 คน สำหรับแบบประเมินความสอดคล้องมีลักษณะดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าข้อสอบต่อไปนี้วัดได้ตรงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องแสดงความคิดเห็น ซึ่งพิจารณาให้คะแนนตามเกณฑ์ดังนี้

ให้คะแนน 1 เมื่อท่านแน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
พฤติกรรม

ให้คะแนน 0 เมื่อท่านไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
พฤติกรรม

ให้คะแนน-1 เมื่อท่านแน่ใจว่าข้อสอบไม่ได้วัดตรงตามจุดประสงค์
พฤติกรรม

เนื้อหา	พฤติกรรม - ข้อสอบ	คะแนนการพิจารณา		
		1	0	-1
การแก้สมการโดย ใช้สมบัติเท่ากัน เกี่ยวกับการคูณ และการหาร	วัดความเข้าใจ 0. จำนวนในข้อใดเป็นคำตอบของ สมการ $n \times 15 = 270$ ก. 18 ข. 255 ค. 285 ง. 4,860	/		
การแก้โจทย์ปัญหา ด้วยสมการ	วัดความจำ 00. จำนวนในข้อใดเป็นคำตอบ ของสมการ $62 \times n =$ $434 - n$ ก. $n = 3$, $n = 178$ ข. $n = 4$, $n = 169$ ค. $n = 6$, $n = 137$ ง. $n = 7$, $n = 112$			/

จากผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของผู้เชี่ยวชาญ ผลปรากฏว่าในข้อสอบ
จำนวน 80 ข้อ ได้รับการพิจารณาว่ามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจำนวน 77 ข้อ
ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) อยู่ระหว่าง
ซึ่ง 1.00 โดยมีค่าเท่ากับ 0.4 อยู่ 3 ข้อ และมีค่าระหว่าง 0.6 - 1.00 อยู่ 77 ข้อ
แสดงว่ามีข้อสอบที่มีค่าดัชนี IOC ต่ำกว่าเกณฑ์อยู่ 3 ข้อ จึงมีข้อสอบที่ต้องแก้ไข 3 ข้อ

7. ปรับปรุงข้อสอบตามที่ยุเชี่ยวชาญพิจารณาไว้ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา
อีกครั้งหนึ่ง ผลปรากฏว่าได้รับความเห็นชอบทั้งหมด จึงได้ข้อสอบครบ 80 ข้อ แล้วนำไปทดสอบ
กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบราสส์โมเดล จำนวน 501 คน

8. นำผลการตอบข้อสอบไปวิเคราะห์ด้วยวิธีราส์ชโมเดล คัดเลือกข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์คือ ข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความยาก (b) มีค่าตั้งแต่ -3 ถึง 3

9. นำข้อสอบที่คัดเลือกแล้วมาทำการจัดเป็นแบบทดสอบเลือกตอบ เรื่อง สมการ และการแก้สมการ จำนวน 50 ข้อ มีค่าอยู่ระหว่าง -2.114 ถึง 1.897 เพื่อนำไปใช้ในการวิจัยต่อไป

ลักษณะแบบทดสอบในการวิจัย

แบบทดสอบที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 50 ข้อ

1. สมการในข้อใดเป็นสมการที่เป็นจริง ?

ก. $15 + 17 = 17 + 15$

ข. $10 + 3 < 13$

ค. $3 \times + 3 = 0$

ง. $x + 4 = 10$

จ. $(2)(5) + 5 = 30$

เฉลย ข้อ ก

2. ข้อใดเป็นสมการที่มีตัวไม่ทราบค่า ?

ก. $\frac{1}{2} + \frac{1}{5} = \text{ม}$

ข. $39 - 9 = 30$

ค. $60 \times 4 = 240$

ง. $88 = 11 \times 80$

จ. $15 - 2 = 13$

เฉลย ข้อ ก

3. สองเท่าของจำนวน ๆ หนึ่ง มากกว่าสี่อยู่สิบ จำนวนนั้นคือ จำนวนใด
 โจทย์ปัญหานี้เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ที่เป็นสมการ ได้ดังข้อใด และมีจำนวนใน
 เครื่องหมายวงเล็บเป็นคำตอบของโจทย์สมการนั้นด้วย

$$ก. \quad 2x = 14 \quad (7)$$

$$ข. \quad 2x + 4 = 10 \quad (3)$$

$$ค. \quad 2x + 4 = 10 \quad (7)$$

$$ง. \quad 2x - 4 = 10 \quad (3)$$

$$จ. \quad 2x - 4 = 10 \quad (7)$$

เฉลย ข้อ จ

การตรวจให้คะแนน มีวิธีการให้ คือ ให้คะแนนข้อที่ตอบถูก 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิด
 หรือไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 คำตอบ ในข้อเดียวกัน ให้ 0 คะแนน

วิธีดำเนินการเก็บข้อมูล

1. วางแผนในการดำเนินการสอบโดยติดต่อขอความร่วมมือในการนำเครื่องมือหรือ
 แบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนของโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง ตลอดจนกำหนดวันและเวลาใน
 การสอบ
2. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้น จำนวน 80 ข้อ นำไปทดสอบ
 กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ร้อยละไม่เต็ม จำนวน 501 คน จำนวน 18 ห้องเรียน
3. นำผลการสอบในข้อ 2 มาวิเคราะห์ด้วยวิธีร้อยละไม่เต็ม คัดเลือกข้อสอบที่อยู่ใน
 ในเกณฑ์ จัดรวมเป็นแบบทดสอบ 1 ฉบับ จำนวน 50 ข้อ
4. นำแบบทดสอบ จำนวน 50 ข้อ ที่คัดเลือกแล้วไปสอบกับนักเรียนจำนวน 854 คน
 เพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีประมาณค่าต่างกัน 4 วิธี

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. หาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ตามวิธีวิเคราะห์แบบร้อยละไม่เต็มด้วยโปรแกรม

3. หาค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ใช้โปรแกรมภาษาเบสิก DEBASE โดยใช้สูตรในการคำนวณ ดังนี้ (Wright and Master. 1982)

3.1 หาค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ ของผู้สอบ

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^L (X_{ni} - E_{ni})^2}{L} \right]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ RMSE แทน ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ, ค่าความยากของข้อสอบ

X_{ni} แทน คะแนนผลการตอบของผู้สอบ คนที่ n จากการตอบข้อที่ i ในระดับที่ได้คะแนน X_i

N แทน จำนวนของผู้ตอบทั้งหมดที่สอดคล้องกับโมเดล

L แทน จำนวนข้อคำถามทั้งหมดที่สอดคล้องกับโมเดล

E_{ni} แทน ค่าคาดหวัง (Expected Value) ของผลการตอบของผู้สอบคนที่ n จากการตอบข้อที่ 1 ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีต่าง ๆ

4. ทดสอบความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (One - Way Anova) และถ้าพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะตรวจสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยวิธีเชฟเฟ้ (Scheffe's Test) (ลิวัน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2528 : 95 - 119)

5. หาค่าอินฟอร์เมชันของข้อสอบและค่าอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ ซึ่งใช้สูตรการคำนวณของเบียร์นบอม (ผจงจิต อินทสุวรรณ. 2528 : 16 ; อ้างอิงมาจาก Birnbaum. 1968)

สูตรอินเฟอร์เมชันของข้อสอบ

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

เมื่อ $I(\theta, U_g)$ แทน ฟังก์ชันอินเฟอร์เมชันของข้อสอบแต่ละข้อ

P_g แทน ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบข้อที่ g ถูก

Q_g แทน $(1 - P_g)$

P'_g แทน ความชันของโค้งลักษณะข้อสอบที่ระดับความสามารถ θ
สูตรอินเฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

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

เมื่อ $I(\theta)$ แทน ฟังก์ชันอินเฟอร์เมชันของแบบทดสอบ

6. หาค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่า (RE) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการประมาณค่าพารามิเตอร์เป็นรายคู่ (Lord and Novick. 1968 : 472 Allen and Yen. 1979 : 266).

$$RE(\theta, X_1, X_2) = \frac{I(\theta, X_1)}{I(\theta, X_2)}$$

เมื่อ $RE(\theta, X_1, X_2)$ แทน ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าพารามิเตอร์

$I(\theta, X_1)$ แทน ค่าอินเฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี X_1

$I(\theta, X_2)$ แทน ค่าอินเฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี X_2

7. นำค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าที่คำนวณได้จากข้อ 6 มาทดสอบเป็นรายคู่ ดังนี้ (Warm. 1978 : 76 ; Corcker and Algina. 1986 : 369 - 370 ; Lord and Stocking. 1988 : 270)

เมื่อ $RE(\theta, X_1, X_2) > 1$ หมายถึง ผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี X_1 มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธี X_2 ณ ความสามารถระดับ θ

$RE(\theta, X_1, X_2) = 1$ หมายถึง ผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี X_1 มีประสิทธิภาพพอ ๆ กับ X_2 ณ ความสามารถระดับ θ

$RE(\theta, X_1, X_2) < 1$ หมายถึง ผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี X_1 มีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธี X_2 ณ ความสามารถระดับ θ

8. หาค่าประมาณระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคนจากคะแนนการตอบแบบทดสอบ ตามวิธีการประมาณค่า 4 วิธี ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป BICAL (Wright and Linacre. 1991) และ BIGSTEPS

9. ทดสอบความแตกต่างของค่าประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (One - Way Anova) และถ้าพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะตรวจสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยวิธีเชฟเฟ่ (Scheffe's Test) (ลิวัน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2528 : 95 - 119)

$$F = \frac{MS_b}{MS_w}$$

$$S = \sqrt{(K - 1)F_{\alpha, df_1, df_2}} \cdot \sqrt{MS_E \sum_{j=1}^k \frac{C_j^2}{n_j}}$$

เมื่อ MS_b แทน ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

MS_w แทน ความแปรปรวนภายในกลุ่ม

F แทน การแจกแจงของ F ที่ α

S	แทน	ค่าวิกฤตของ Scheffe's
K	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่นำมาเปรียบเทียบกัน
$F(\alpha, df_1, df_2)$	แทน	ค่าจากตาราง F
MS_E	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวนในตารางวิเคราะห์ ความแปรปรวน
C_j	แทน	สัมประสิทธิ์ Contrast
n_j	แทน	จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการนำเสนอและแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

$\bar{X}$	แทน ค่าเฉลี่ย
N	แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
MOSTb	แทน วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก
MEANb	แทน วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก
UCON	แทน วิธีประมาณค่าความสามารถโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข
PROX	แทน วิธีประมาณค่าความสามารถตามวิธีพร็อกซ์
b	แทน ค่าความยากของข้อสอบ
θ	แทน ค่าความสามารถของผู้สอบ
RE	แทน ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถ
RMSE	แทน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความสามารถ
TIF	แทน ค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่ได้จากการประมาณค่าในแต่ละวิธี

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ คือ

1. ค่าสถิติพื้นฐานของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพร็อกซ์

2. ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์

3. ผลการศึกษาค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์

4. ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถของผู้สอบ ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์

จากการนำแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบของวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 50 ข้อ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 854 คน แล้วคัดเลือกแต่เฉพาะคะแนนของผู้ตอบจำนวน 720 คน ซึ่งผู้สอบดังกล่าวมีรูปแบบการตอบสอดคล้อง (Fit) กับโมเดล ต่อจากนั้นนำผลการตอบมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม BIGSTEPS และ BICAL โดยแยกตามการประมาณค่าความสามารถแต่ละวิธีปรากฏว่าได้ค่าประมาณความสามารถของผู้สอบ และค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าดังแสดงไว้ในตาราง 4

ตาราง 4 ค่าสถิติพื้นฐานของผลการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีประมาณค่าต่างกัน 4 วิธี

วิธีประมาณค่า	สถิติพื้นฐาน			
	$\bar{\theta}$	SD θ	RMSE	SD _{RMSE}
MOST b	1.524	0.361	0.222	0.040
MEAN b	-0.037	0.211	0.205	0.071
UCON	-0.716	0.670	0.185	0.008
PROX	-0.713	0.672	0.185	0.008

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 4 แสดงให้เห็นว่าค่าความสามารถของผู้สอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าทั้ง 4 วิธี มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ -0.716 ถึง 1.524 โดยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำได้ มีค่าความสามารถเฉลี่ยสูงสุด และวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข มีค่าความสามารถเฉลี่ยต่ำสุด โดยที่มีช่วงการกระจายของค่าความสามารถตั้งแต่ 0.211 ถึง 0.672 ซึ่งวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์มีช่วงการกระจายของค่าความสามารถสูงสุด และวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำได้ มีช่วงการกระจายของค่าความสามารถต่ำสุด ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ยในการประมาณค่า มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.185 ถึง 0.222 ซึ่งวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำได้ มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ยในการประมาณค่าสูงสุด วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขและวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ยในการประมาณค่าต่ำสุด โดยที่มีช่วงการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ยในการประมาณค่า ตั้งแต่ 0.008 ถึง 0.071 โดยวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำได้มีช่วงการกระจายของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ยในการประมาณค่าสูงสุด วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์มีช่วงการกระจายของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ยในการประมาณค่าต่ำสุด

2. ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลการตอบแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ ของวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 50 ข้อ ของกลุ่มตัวอย่าง 720 คน ซึ่งกลุ่มดังกล่าวนี้ มีรูปแบบของข้อมูลสอดคล้อง (Fit) กับโมเดล มาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ โดยแยกผลการวิเคราะห์ตามการประมาณค่าแต่ละวิธี แล้วนำมาเปรียบเทียบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (One-Way Anova) ดังแสดงไว้ในตาราง 5

ตาราง 5 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอิกซ์

Source of Variation	SS	df	MS	F
Between	0.686	3	0.229	
Within	16.672	720	0.006	39.425**
Total	17.358	723		

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบทั้ง 4 วิธีนั้น มีค่าแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นผู้วิจัยจึงทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยวิธีเชฟเฟ่ ปรากฏผลดังตาราง 6

ตาราง 6 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถ ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ เป็นรายคู่

วิธีประมาณค่า ความสามารถ	$\overline{RMSE}$	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
		0.222	0.205	0.185	0.185
MOSTb	0.222	-	0.017**	0.037**	0.037**
MEANb	0.205	-	-	0.0200**	0.0200**
UCON	0.185	-	-	-	0.0000
PROX	0.185	-	-	-	-

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 6 ปรากฏว่าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ และระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข กับวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการศึกษาค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์

ผู้วิจัยได้นำค่าความยากของข้อสอบซึ่งเป็นค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าที่ได้จากวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ มาหาค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่ประมาณค่าที่ได้จากวิธีดังกล่าว แล้วนำมาเปรียบเทียบเป็นรายคู่เพื่อหาค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency) ของการประมาณค่าความสามารถ ณ ระดับความสามารถระดับ ๐ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง ๗

ตาราง 7 ค่าประสิทธิภาพของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธีประมาณค่าต่างกัน 4 วิธี ที่ระดับความสามารถตั้งแต่ -4.00 ถึง 4.00 จำนวน 81 ระดับความสามารถ

θ	RE					
	MOSTb/ MEANb	MOSTb/UCON	MOSTb/PROX	MEANb/UCON	MEANb/PROX	UCON/PORX
$-4.00 \leq \theta \leq -3.00$	1.0000	1.0150 - 0.9975	1.0250 - 1.0051	1.0150 - 0.9975	1.0250 - 1.0051	1.0099 - 1.0076
$-3.00 \leq \theta \leq -1.00$	1.0000	0.9933 - 0.7562	1.0003 - 0.7561	0.9933 - 0.7562	1.0003 - 0.7561	1.0071 - 0.9999
$-1.00 \leq \theta \leq 1.00$	1.0000	0.7517 - 1.1335	0.7514 - 1.1335	0.7517 - 1.1335	0.7514 - 1.1335	0.9996 - 0.9995
$1.00 \leq \theta \leq 3.00$	1.0000	1.663 - 1.7627	1.662 - 1.7734	1.663 - 1.7627	1.662 - 1.7737	0.9999 - 1.0062
$3.00 \leq \theta \leq 4.00$	1.0000	1.7791 - 1.8619	1.7904 - 1.8751	1.7791 - 1.8619	1.7904 - 1.8751	1.0063 - 1.0071

จากตาราง 7 แสดงให้เห็นช่วงการกระจายของค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถระหว่างวิธีประมาณทั้ง 4 วิธี เมื่อนำมาเปรียบกับเกณฑ์คือ

1. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างวิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (MOSTb) เทียบกับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก (MEANb) มีค่าเท่ากับ 1 ทุกระดับความสามารถ จึงสามารถสรุปได้ว่า วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดทำถูกมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถพอ ๆ กับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก
2. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างวิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (MOSTb) เทียบกับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่เงื่อนไข (UCON) มีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถระดับสูง ($1.00 < \theta < 3.00$) และระดับสูงมาก ($\theta > 3.00$) ส่วนที่ระดับความสามารถระดับต่ำมาก ($\theta < -3.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่าและสูงกว่า 1 โดยมีค่าสูงกว่า 1 เพียงที่ระดับความสามารถเท่ากับ -3.10 ($\theta = -3.10$) เพียงระดับเดียวเท่านั้น นอกนั้นที่ความสามารถตั้งแต่ -4.00 ถึง -3.20 ($-4.00 < \theta < -3.20$) จะมีค่าสูงกว่า 1 แสดงว่าที่ความสามารถระดับต่ำมากนี้ส่วนมากมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงกว่า 1 สำหรับที่ระดับความสามารถปานกลาง ($-1.00 < \theta < 1.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 และสูงกว่า 1 โดยมีค่าสูงกว่า 1 อยู่ 5 ระดับความสามารถ คือ 0.50, 0.60, 0.70, 0.80 และ 0.90 ($0.50 < \theta < 0.90$) ส่วนที่เหลือที่ระดับความสามารถตั้งแต่ -1.00 ถึง 0.40 ($-1.00 < \theta < 0.40$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 แสดงว่าที่ความสามารถระดับปานกลางนี้ ส่วนมากมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 ในระดับความสามารถต่ำ ($3.00 < \theta < -1.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 0 ดังนั้นจึงสามารถสรุปรวมได้ว่า ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (MOSTb) เทียบกับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่เงื่อนไข (UCON) มีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถสูงขึ้นไปและระดับต่ำมาก นั่นคือ วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (MOSTb) มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถสูงกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้

สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (UCON) ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถสูง สูงมาก และระดับต่ำมาก แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถต่ำกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (UCON) ในกลุ่มผู้สอบที่มีระดับความสามารถระดับต่ำ และระดับปานกลาง

3. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์

ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (MOSTb) เทียบกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ (PROX) มีค่ามากกว่า 1 ที่ระดับความสามารถต่ำมาก ($\theta < -3.00$) ระดับสูง ($1.00 < \theta < 3.00$) และระดับสูงมาก ($\theta > 3.00$) ส่วนที่ระดับความสามารถต่ำ ($-3.00 < \theta < 1.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 และสูงกว่า 1 โดยมีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถเดียวเท่านั้น คือ -3.00 ($\theta = -3.00$) นอกนั้นที่ความสามารถตั้งแต่ -2.90 ถึง -1.10 ($-2.90 < \theta < -1.10$) จะมีค่าต่ำกว่า 1 แสดงว่าที่ความสามารถต่ำนี้ส่วนมากมีค่าต่ำกว่า 1 ที่ระดับความสามารถสูง สำหรับที่ระดับความสามารถปานกลาง ($-1.00 < \theta < 1.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ ต่ำกว่า 1 และ สูงกว่า 1 โดยมีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถ 0.50 ถึง 0.90 ($0.50 < \theta < 0.90$) เพียง 5 ระดับความสามารถ นอกนั้นที่ความสามารถตั้งแต่ -1.00 ถึง 0.40 ($-1.00 < \theta < 0.40$) จะมีค่าต่ำกว่า 1 แสดงว่าที่ความสามารถระดับปานกลางนี้ส่วนมากมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (MOSTb) เทียบกับ วิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ (PROX) มีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถต่ำมาก ($\theta < -3.00$) ระดับสูง ($1.00 < \theta < 3.00$) และระดับสูงมาก ($\theta > 3.00$) แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำ ($-3.00 < \theta < 1.00$) และระดับปานกลาง ($1.00 < \theta < 3.00$) นั่นคือ วิธีการประมาณค่าความสามารถตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (MOSTb) มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถสูงกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ (PROX) ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ระดับสูง และ ระดับสูงมาก แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าต่ำกว่าวิธีประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ (PROX) ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำและระดับปานกลาง

4. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก (MEANb) เทียบกับวิธีประมาณค่าโดยใช้

วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (UCON) มีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถระดับสูง ($1.00 < \theta < 3.00$) และระดับสูงมาก ($\theta > 3.00$) ส่วนที่ระดับความสามารถระดับต่ำมาก ($\theta < -3.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่าและสูงกว่า 1 โดยมีค่าสูงกว่า 1 เพียงที่ระดับความสามารถเท่ากับ -3.00 ($\theta = -3.10$) เพียงระดับเดียวเท่านั้น นอกนั้นที่ความสามารถตั้งแต่ -4.00 ถึง -3.20 ($-4.00 < \theta < -3.00$) จะมีค่าสูงกว่า 1 แสดงว่าที่ความสามารถระดับต่ำมากนี้ ส่วนมากมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงกว่า 1 สำหรับที่ระดับความสามารถปานกลาง ($-1.00 < \theta < 1.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 และ สูงกว่า 1 โดยมีค่าสูงกว่า 1 อยู่ 5 ระดับความสามารถคือ 0.50, 0.60, 0.70, 0.80 และ 0.90 ($0.50 < \theta < 0.90$) ส่วนที่เหลือที่ระดับความสามารถตั้งแต่ -1.00 ถึง 0.70 ($-1.00 < \theta < 0.40$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 แสดงว่าที่ความสามารถระดับปานกลางนี้ ส่วนมากมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 ในระดับความสามารถต่ำ ($-3.00 < \theta < -1.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 0 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีมีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก (MEANb) เทียบกับ วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (UCON) มีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถสูงขึ้นไป และระดับต่ำมาก นั่นคือ วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก (MEANb) มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถสูงกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (UCON) ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถสูง สูงมาก และระดับต่ำมาก แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถต่ำกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (UCON) ในกลุ่มผู้สอบที่มีระดับความสามารถระดับต่ำ และระดับปานกลาง

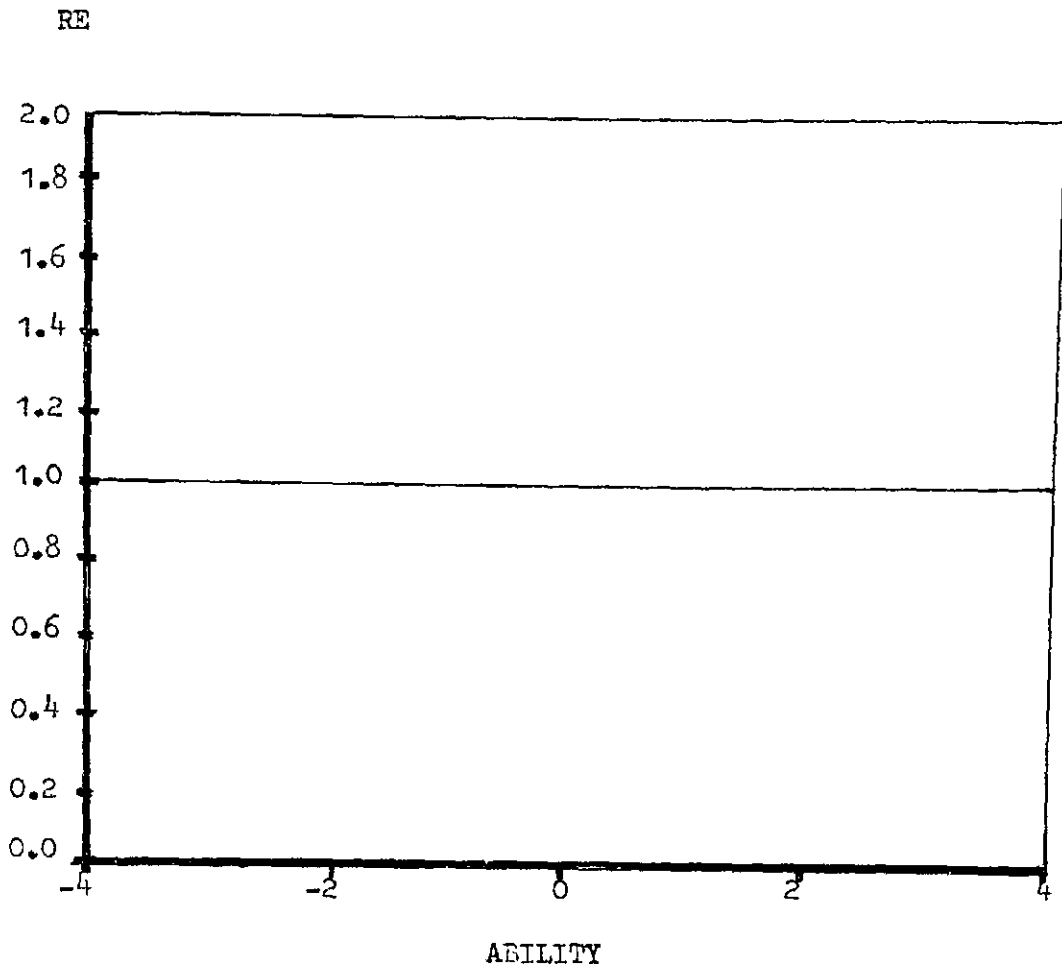
5. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก (MEANb) เทียบกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพร็อกซ์ (PROX) มีค่ามากกว่า 1 ที่ระดับความสามารถต่ำมาก ($\theta < -3.00$) ระดับสูง ($1.00 < \theta < 3.00$) และระดับสูงมาก ($\theta > 3.00$) ส่วนที่ระดับความสามารถต่ำ ($-3.00 < \theta < -1.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 และสูงกว่า 1 โดยมีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถเดียวเท่านั้น คือ -3.00 ($\theta = -3.00$) นอกนั้นที่ความสามารถตั้งแต่ -2.90 ถึง -1.00 ($-2.90 < \theta < -1.10$) จะมีค่าต่ำกว่า 1 แสดงว่าที่ความ

สามารถต้านส่วนมากมีค่าต่ำกว่า 1 ที่ระดับความสามารถสูง สำหรับที่ระดับความสามารถปานกลาง ($-1.00 < \theta < 1.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 และสูงกว่า 1 โดยมีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถ 0.50 ถึง 0.90 ($0.50 < \theta < 0.90$) เพียง 5 ระดับความสามารถ นอกนั้นที่ความสามารถตั้งแต่ -1.00 ถึง 0.40 ($-1.00 < \theta < 0.40$) จะมีค่าต่ำกว่า 1 แสดงว่าที่ความสามารถระดับปานกลางนี้ส่วนมากมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 ดังนั้นจึงสามารถสรุปรวมได้ว่า ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำได้ (MEANb) เทียบกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ (PROX) มีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถต่ำมาก ($\theta < -3.00$) ระดับสูง ($1.00 < \theta < 3.00$) และ ระดับสูงมาก ($\theta > 3.00$) แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำ ($-3.00 < \theta < -1.00$) และระดับปานกลาง ($1.00 < \theta < 3.00$) นั่นคือ วิธีประมาณค่าความสามารถตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำได้ (MEANb) มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถสูงกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ (PROX) ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ระดับสูง และระดับสูงมาก แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าต่ำกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ (PROX) ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำและระดับปานกลาง

6. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (UCON) เทียบกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ (PROX) มีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถต่ำมาก ($\theta < -3.00$) และที่ระดับสูงมาก ($\theta > 3.00$) ส่วนที่ระดับความสามารถต่ำ ($-3.00 < \theta < -1.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 และสูงกว่า 1 โดยมีค่าต่ำกว่า 1 ที่ระดับความสามารถเพียงระดับเดียว คือ -1.10 ($\theta = -1.10$) จะมีค่าที่ระดับความสามารถตั้งแต่ -3.00 ถึง -1.20 ($-3.00 < \theta < -1.20$) จะมีค่าสูงกว่า 1 แสดงว่าที่ความสามารถระดับต่ำนี้ส่วนมากมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงกว่า 1 สำหรับที่ระดับความสามารถสูง ($1.00 < \theta < 3.00$) มีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 และสูงกว่า 1 โดยมีค่าต่ำกว่า 1 เพียงระดับความสามารถเดียว คือ 1.00 ($\theta = 1.00$) นอกนั้นที่ระดับความสามารถตั้งแต่ 1.10 ถึง 2.90 ($1.10 < \theta < 2.90$) จะมีค่าสูงกว่า 1 แสดงว่าที่ความสามารถระดับสูงนี้ ส่วนมากมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงกว่า 1 และที่ระดับความสามารถปานกลาง ($-1.00 < \theta < 1.00$) มีค่าประสิทธิภาพ

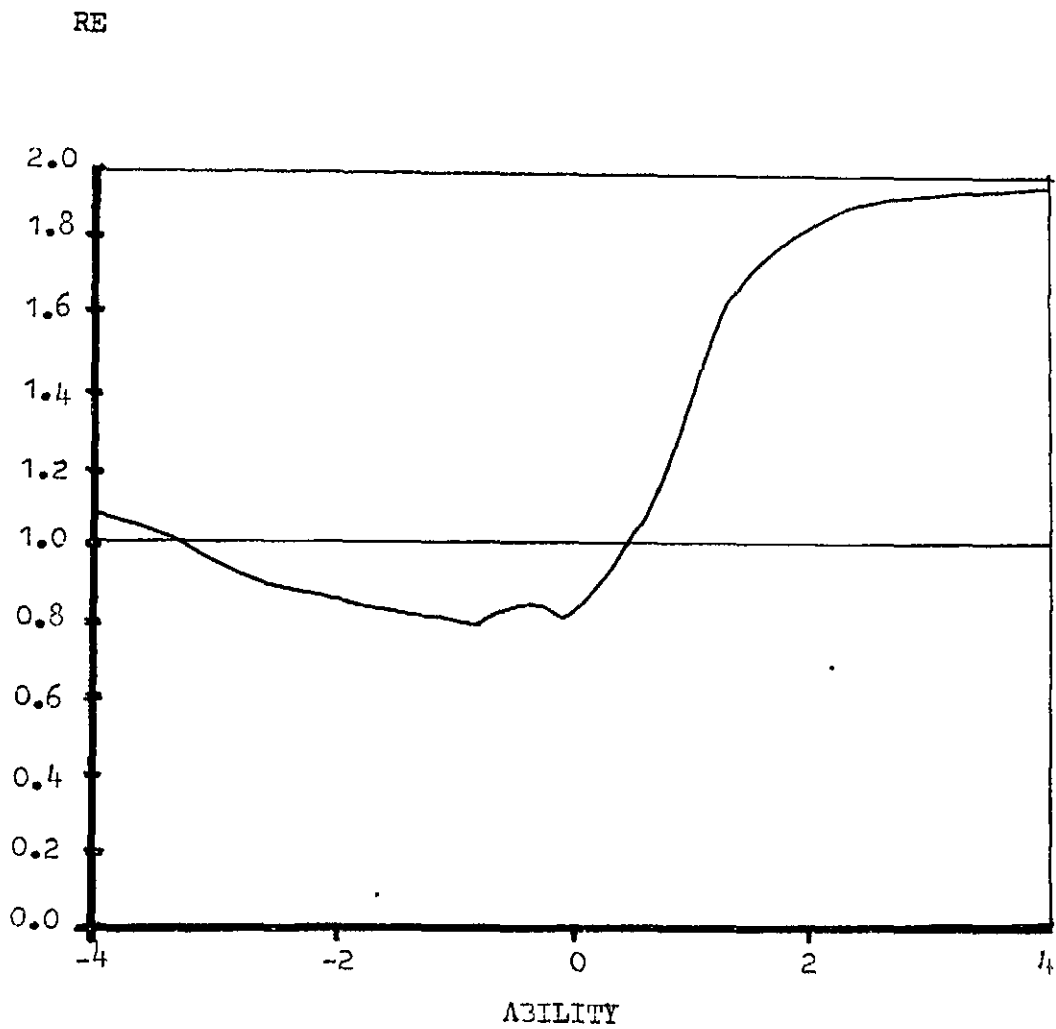
สัมพัทธ์ต่ำกว่า 1 ดังนั้นจึงสามารถสรุปรวมได้ว่า ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างวิธีประมาณค่าโดยวิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (UCON) เทียบกับ วิธีประมาณค่าความวิธีพรีออกซ์ (PROX) จะมีค่าสูงกว่า 1 ที่ระดับความสามารถสูงขึ้น และต่ำลงมาก นั่นคือ วิธีการประมาณค่าความสามารถโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข (UCON) มีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ในการประมาณค่าความสามารถสูงกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ (PROX) ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถสูงขึ้นและระดับต่ำลงมาก แต่จะมีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ในการประมาณค่าความสามารถต่ำกว่าวิธีประมาณค่าด้วยวิธีพรีออกซ์ (PROX) ในกลุ่มผู้สอบที่มีระดับความสามารถปานกลาง

เพื่อความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงนำค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธีประมาณค่าต่างกัน 4 วิธี มาเสนอในรูปของภาพดังภาพประกอบ 13, 14, 15, 16, 17 และ 18



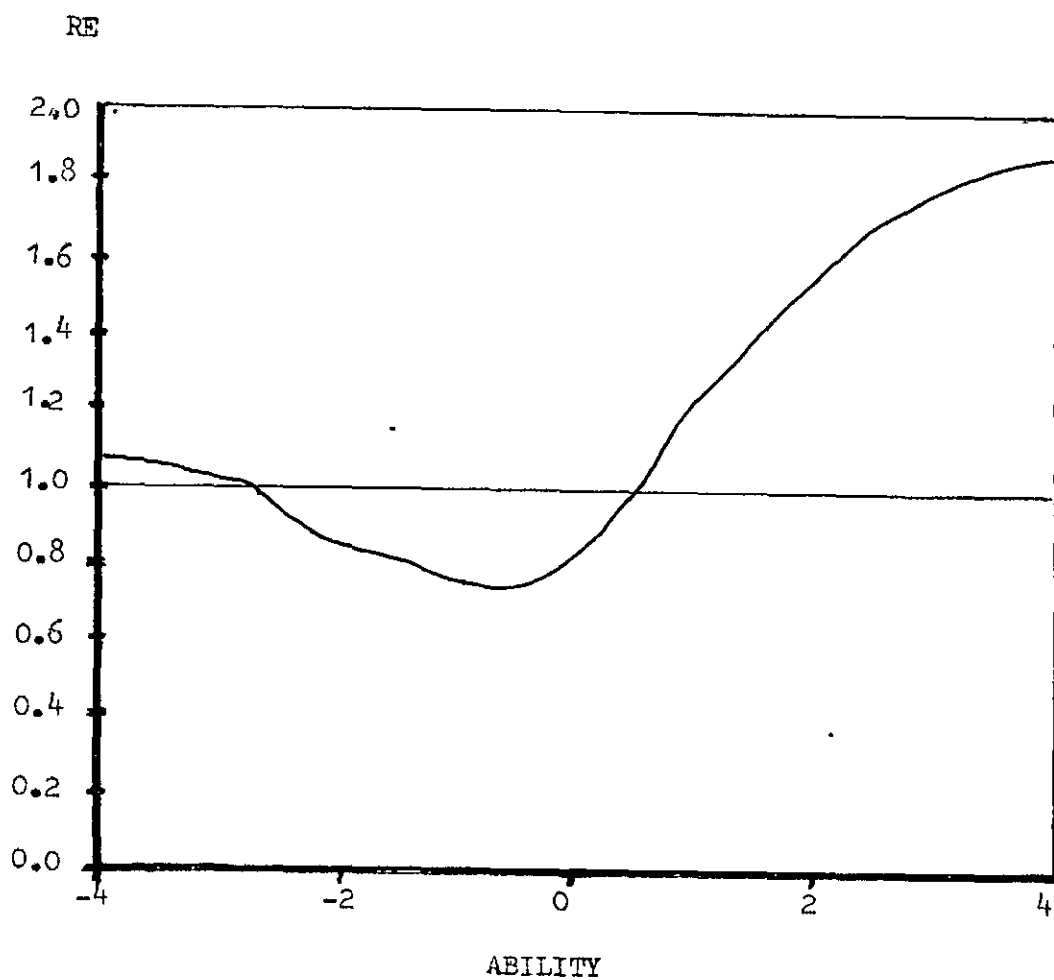
ภาพประกอบ 13 โค้งประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธีประมาณค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก

จากภาพประกอบ 13 แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก มีค่าเท่ากับ 1 ในทุกระดับความสามารถ นั่นคือ วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบพอ ๆ กับวิธีประมาณค่าความยากตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก



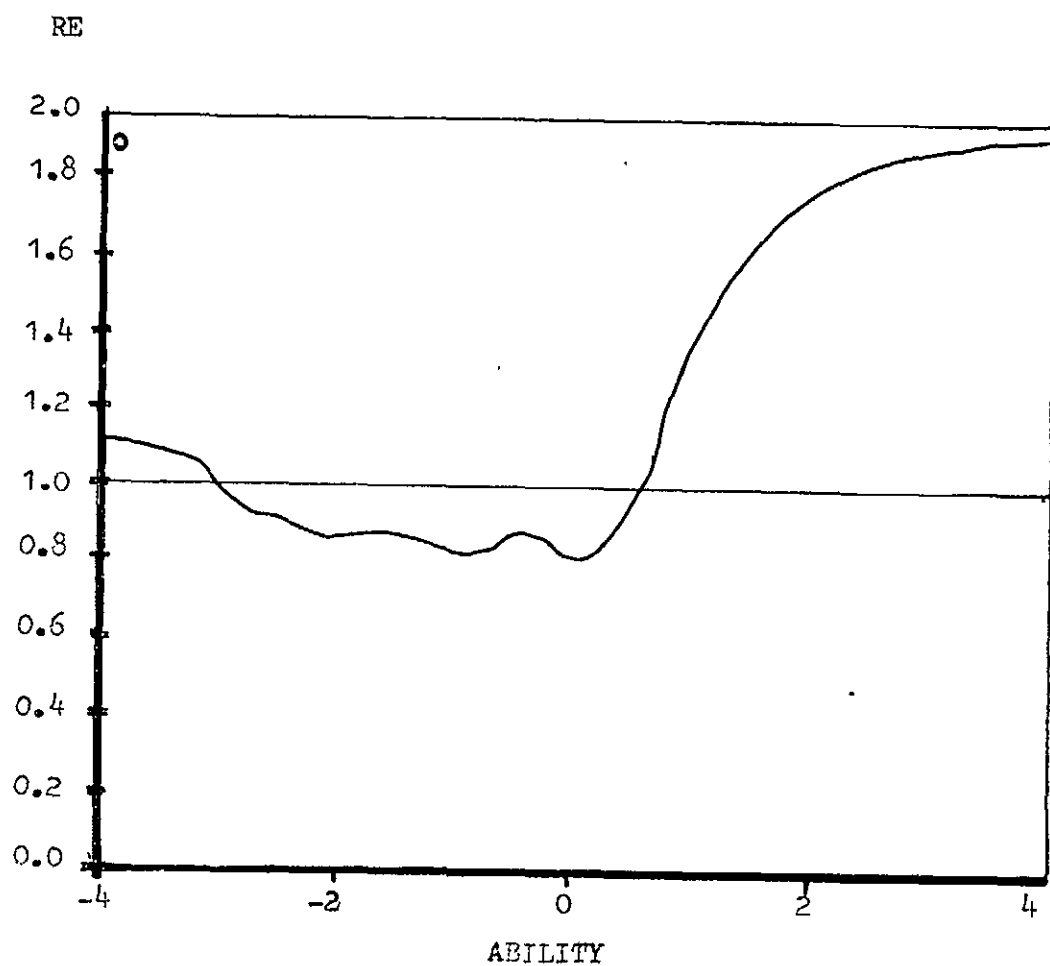
ภาพประกอบ 14 ได้ังประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ
ระหว่างวิธีประมาณค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าความสามารถ
โดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข

จากภาพประกอบ 14 แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข มีค่าสูงกว่า 1 ในช่วงระดับความสามารถตั้งแต่ -4.00 ถึง -3.20 และ 0.50 ถึง 4.00 แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในช่วง -3.10 ถึง 0.40 นั่นคือ วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกจะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถสูงกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ($-4.00 < \theta < -3.20$) ระดับสูง ($0.50 < \theta < 2.80$) และระดับสูงมาก ($3.00 < \theta < 4.00$) แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถต่ำกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำ ($-3.00 < \theta < -1.10$) และระดับปานกลาง ($-1.00 < \theta < 0.40$)



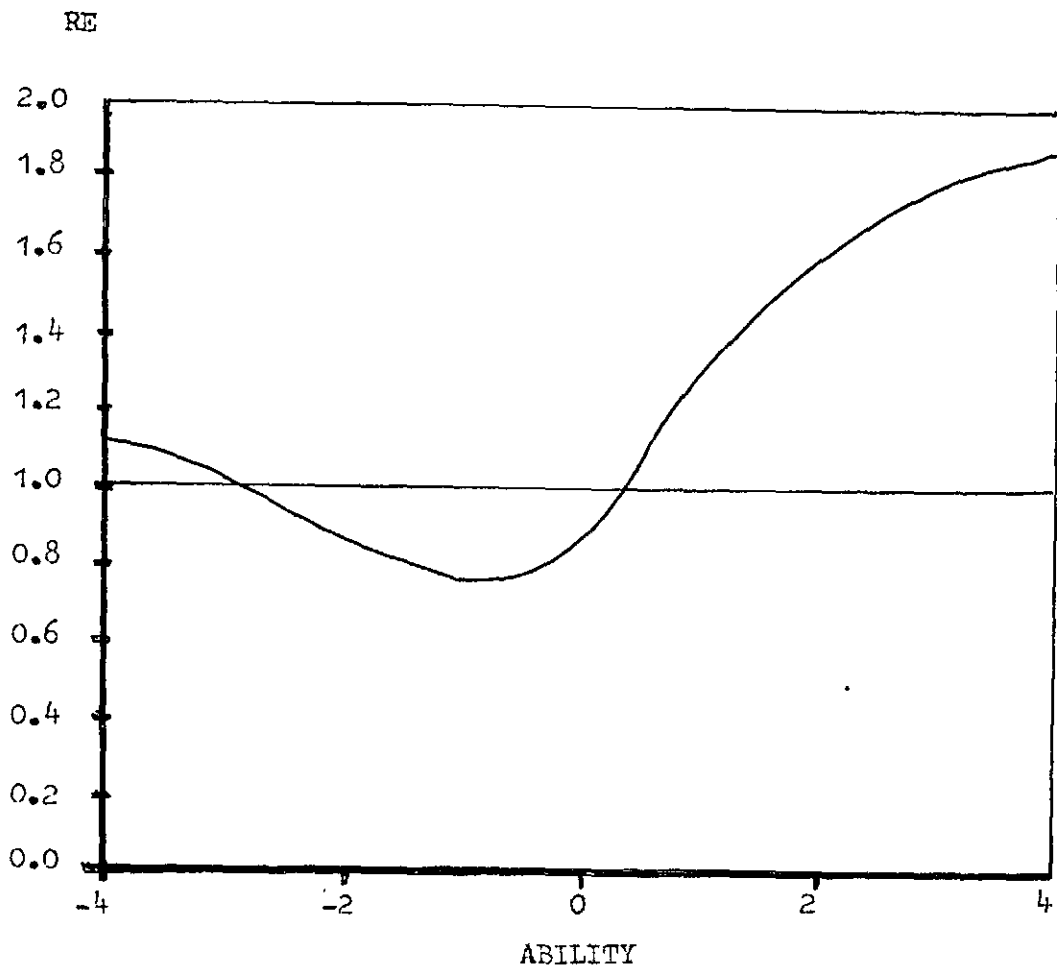
ภาพประกอบ 15 ไค้งประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบระหว่าง
วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์

จากภาพประกอบ 15 แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ มีค่าสูงกว่า 1 ในช่วงระดับความสามารถตั้งแต่ -4.00 ถึง -3.00 และ 0.50 ถึง 4.00 แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในช่วง -2.90 ถึง 0.40 นั่นคือ วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกมีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ในการประมาณค่าความสามารถสูงกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ($-4.00 < \theta < -3.00$) ระดับสูง ($0.50 < \theta < 2.90$) และระดับสูงมาก ($3.00 < \theta < 4.00$) แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถต่ำกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำ ($-2.00 < \theta < -1.10$) และระดับปานกลาง ($-1.00 < \theta < 0.96$)



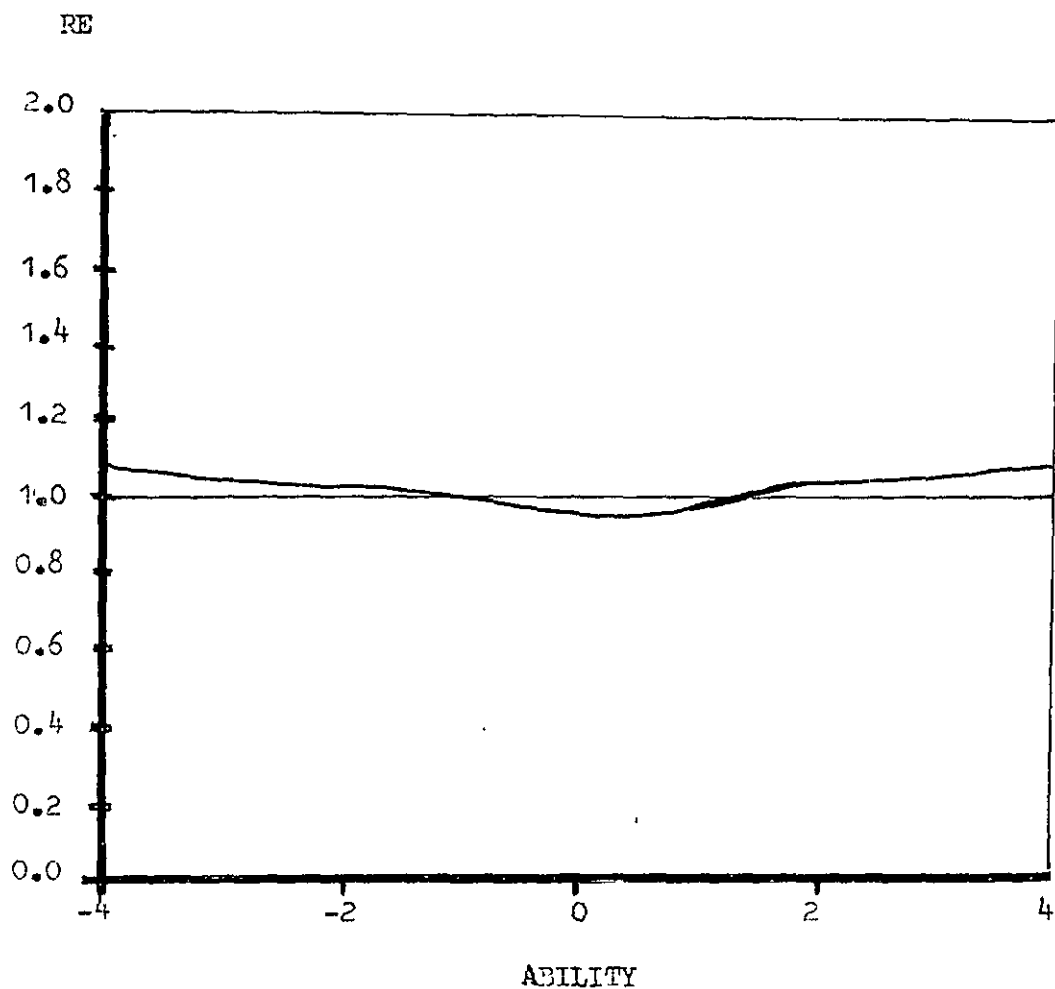
ภาพประกอบ 16 ได้ังประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ
ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธี
ความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข

จากภาพประกอบ 16 แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าโดยใช้ความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข มีค่าสูงกว่า 1 ในช่วงระดับความสามารถตั้งแต่ -4.00 ถึง -3.20 และ 0.50 ถึง 4.00 แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในช่วงระดับความสามารถตั้งแต่ -3.10 ถึง 0.40 นั่นคือ วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกจะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถสูงกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ($-4.00 < \theta < -3.20$) ระดับสูง ($0.50 < \theta < 2.80$) และระดับสูงมาก ($3.00 < \theta < 4.00$) แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถต่ำกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำ ($-3.00 < \theta < -1.10$) และระดับปานกลาง ($-1.00 < \theta < 0.40$)



ภาพประกอบ 17 ได้ังประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ
ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามวิธี
พรีออกซ์

จากภาพประกอบ 17 แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ มีค่าสูงกว่า 1 ในช่วงระดับความสามารถตั้งแต่ -4.00 ถึง -3.20 และ 0.50 ถึง 4.00 แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในช่วงระดับความสามารถตั้งแต่ -2.90 ถึง 0.40 นั่นคือ วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกจะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถสูงกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ($-4.00 < \theta < -3.00$) ระดับสูง ($0.50 < \theta < 2.90$) และระดับสูงมาก ($3.00 < \theta < 4.00$) แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถต่ำกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำ ($-2.90 < \theta < -1.10$) และระดับปานกลาง ($-1.00 < \theta < 0.90$)



ภาพประกอบ 18 ได้ังประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบระหว่าง
วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์

จากภาพประกอบ 18 แสดงให้เห็นว่าค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ระหว่างวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข กับวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ มีค่าสูงกว่า 1 ในช่วงระดับความสามารถตั้งแต่ -4.00 ถึง -1.20 และ 1.10 ถึง 4.00 แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในช่วงระดับความสามารถตั้งแต่ -1.10 ถึง 1.00 นั่นคือ วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขจะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถสูงกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ($-4.00 < \theta < -3.10$) ระดับต่ำ ($-3.00 < \theta < -1.20$) ระดับสูง ($1.10 < \theta < 2.90$) และระดับสูงมาก ($3.00 < \theta < 4.00$) แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถต่ำกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง ($-1.00 < \theta < 1.00$)

4. ผลการเปรียบเทียบค่าความสามารถของผู้สอบ ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุด แบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์

ผู้วิจัยได้นำค่าความสามารถที่เป็นผลจากการประมาณค่าความสามารถจากวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขและวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ มาเปรียบเทียบโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (One Way ANOVA) ดังแสดงไว้ในตาราง 8

ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความสามารถของผู้สอบที่มีวิธีประมาณค่า
ความสามารถแตกต่างกัน จำนวน 4 วิธี

Source of Variation	SS	df	MS	F
Between	799.143	3	107.494	
Within	780.106	720	0.331	325.100**
Total	1579.249	723		

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 8 ปรากฏว่า ค่าความสามารถของผู้สอบที่เป็นผลมาจากวิธีการ
ประมาณค่าทั้ง 4 วิธี นั้น มีค่าแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
ดังนั้นผู้วิจัยจึงทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยวิธีเชฟเฟ่ ปรากฏผล
ดังตาราง 9

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความสามารถของผู้สอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอกซ์ เป็นรายคู่

วิธีประมาณค่า	$\bar{\theta}$	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
ความสามารถ		1.524	-0.037	-0.716	-0.713
MOSTb	1.524	-	1.5610**	2.2400**	2.237**
MEANb	-0.037	-	-	0.6790**	0.6760**
UCON	-0.716	-	-	-	0.0030
PROX	-0.713	-	-	-	-

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 9 ปรากฏว่า ค่าความสามารถของผู้สอบ ที่ประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอกซ์ และระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข กับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีประมาณค่าต่างกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีประมาณค่าต่างกัน
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถ ของผู้สอบในแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีประมาณค่าต่างกัน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดปทุมธานี จำนวน 1,854 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) มีโรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นในเรื่องสมการ และการแก้สมการ ประกอบด้วย ข้อคำถาม 50 ข้อ

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยมีขั้นตอนสรุปได้ดังนี้

1. วางแผนดำเนินการสอบ โดยติดต่อขอความร่วมมือในการนำเครื่องมือไปทดสอบกับนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง ตลอดจนถึงวัน เวลา ทำการทดสอบ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536

2. จัดเตรียมข้อสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่สอบในแต่ละครั้ง
3. ชี้แจงนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างให้เข้าใจ และทราบวัตถุประสงค์ในการสอบ และขอความร่วมมือในการสอบเพื่อให้ได้ผลตรงตามความเป็นจริง
4. นำแบบทดสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง
5. ประเมินค่าความสามารถของผู้สอบ โดยใช้โปรแกรม BICAL และ BIGSTEPS
6. วิเคราะห์ค่าของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ
7. วิเคราะห์หาค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ (TIF) ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์
8. เปรียบเทียบค่าประมาณความสามารถของผู้สอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นดังนี้

1. ค่าประมาณความสามารถของผู้สอบที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์
2. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์

3. เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์

4. เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าความสามารถด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์

5. เปรียบเทียบค่าความสามารถของผู้สอบ ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์

สรุปผลการวิจัย

1. ค่าสถิติพื้นฐานของการประมาณค่าความสามารถ พบว่า ในแต่ละวิธีประมาณค่า นั้น วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก มีค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุด และวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข มีค่าเฉลี่ยความสามารถต่ำสุดโดยที่ วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ มีช่วงการกระจายของค่าความสามารถสูงสุดวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก มีช่วงการกระจายของค่าความสามารถต่ำสุด

ส่วนค่าสถิติพื้นฐานของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า พบว่า วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุด วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขประมาณค่า และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำสุด โดยที่วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกมีช่วงการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าสูงสุดประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์

2. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอกซ์ และระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข กับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ของวิธีที่นำมาเปรียบเทียบกับวิธีค่าดังต่อไปนี้

3.1 ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก มีค่าเท่ากับ 1 ทุกระดับความสามารถ

3.2 ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข มีค่าสูงกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ($-4.00 < \theta < -3.20$) ระดับสูง ($0.50 < \theta < 2.90$) และระดับสูงมาก ($3.00 < \theta < 4.00$) แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถในระดับต่ำ ($-3.00 < \theta < -1.10$) และระดับปานกลาง ($-1.00 < \theta < 0.40$)

3.3 ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอกซ์ มีค่าสูงกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ($-4.00 < \theta < -3.00$) ระดับสูง ($0.50 < \theta < 2.90$) และระดับสูงมาก ($3.00 < \theta < 4.00$) แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถในระดับต่ำ ($-2.90 < \theta < -1.10$) และระดับปานกลาง ($-1.00 < \theta < 0.40$)

3.4 ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข มีค่าสูงกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก

$(-4.00 \leq \theta \leq -3.20)$ ระดับสูง $(0.50 \leq \theta \leq 2.90)$ และระดับสูงมาก $(3.00 \leq \theta \leq 4.00)$ แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำ $(-3.00 \leq \theta \leq -1.10)$ และระดับปานกลาง $(-1.10 \leq \theta \leq 0.40)$

3.5 ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ มีค่าสูงกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก $(-4.00 \leq \theta \leq -3.00)$ ระดับสูง $(0.50 \leq \theta \leq 2.90)$ และระดับสูงมาก $(3.00 \leq \theta \leq 4.00)$ แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถในระดับต่ำ $(-2.90 \leq \theta \leq -1.10)$ และระดับปานกลาง $(-1.00 \leq \theta \leq 0.40)$

3.6 ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข กับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์มีค่าสูงกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก $(-4.00 \leq \theta \leq -3.00)$ ระดับต่ำ $(-3.00 \leq \theta \leq -1.10)$ ระดับสูง $(1.10 \leq \theta \leq 2.90)$ และระดับสูงมาก $(3.00 \leq \theta \leq 4.00)$ แต่จะมีค่าน้อยกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง $(-1.00 \leq \theta \leq 1.00)$

4. ค่าความสามารถของผู้สอบ ที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ และระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วน วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข กับ วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผล

1. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้

สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ และระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ย ความยากของข้อที่ทำได้ กับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 โดยอาจเป็นเพราะว่า วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำได้ ใช้ค่าความยากของข้อสอบข้อที่มีความยากสูงสุดในจำนวนข้อที่ตอบถูกเป็นตัวกำหนดความสามารถของผู้สอบ จึงทำให้ค่าความสามารถที่ได้มีค่าอย่างหยاب ๆ (Weiss, 1974 : 7) เป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าสูงสุด ส่วนวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำได้ ใช้ค่าความยากของข้อสอบเป็นตัวกำหนดความสามารถเช่นกัน แต่ใช้ในรูปของค่าเฉลี่ย ค่าที่ได้จึงให้รายละเอียดมากกว่าวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำได้ แต่ก็ยังมีความไวต่อการเดาตอบของผู้สอบอยู่ (Weiss, 1974 : 34) ค่าความสามารถที่ประมาณได้จึงยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถผู้สอบ ที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข กับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 อาจเป็นเพราะว่า วิธีประมาณค่าทั้ง 2 วิธีนี้ ใช้คอมพิวเตอร์ ที่มีสถิติที่ค่อนข้างซับซ้อนช่วยในการประมาณค่า มีการปรับแก้ความสับสน และการเดาของผู้สอบ (Wright and Panchapakesan, 1969 : 37) ค่าความสามารถที่ประมาณได้จึงมีความถูกต้องแม่นยำสูงทั้ง 2 วิธี จึงเป็นผลทำให้วิธีประมาณค่าทั้ง 2 วิธีนี้ มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าต่ำ ซึ่งเป็นผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถทั้ง 2 วิธี มีค่าแตกต่างกับวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำได้และวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำได้โดยสิ้นเชิง

2. ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่าง วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำได้กับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำได้ มีค่าเท่ากับ 1 ในกลุ่มผู้สอบทุกระดับความสามารถซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อ 2.1 แสดงว่าวิธีการประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำได้มีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบพอ ๆ กับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ บรรคัชย คงเสนห์ (2530 : 119) และเกรียงศักดิ์ สุวรรณาค (2532 : 51) ที่พบว่าวิธีการประมาณค่าตามค่าความ

ยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกกับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกมีความสัมพันธ์กันสูงในทางบวก โดยอาจให้เห็นผลได้ว่า การหาค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถขึ้นอยู่กับค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่า นั้น ๆ ซึ่งวิธีการประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกมีค่าฟังก์ชันเท่ากันในทุกระดับความสามารถ จึงทำให้วิธีการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ 2 วิธีนี้ มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถพอ ๆ กันในทุกระดับความสามารถ

ส่วนค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่ทำถูก กับ วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ และระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ยากที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าโดยโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์มีค่าสูงกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ($-4.00 \leq \theta \leq -3.00$) ระดับสูง ($-4.00 \leq \theta \leq -3.00$) และระดับสูงมาก ($-4.00 \leq \theta \leq -3.00$) แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำ ($-3.00 \leq \theta \leq -1.00$) ระดับปานกลาง ($-1.00 \leq \theta \leq -1.00$) แสดงว่า วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกและวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ยากที่ทำถูกมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบสูงกว่าวิธีประมาณค่าโดยโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขและวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก สูง และสูงมาก แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าต่ำกว่าวิธีประมาณค่าโดยโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขและวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์ ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำ และปานกลาง ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อ 2.2 ถึง 2.5 โดยอาจเป็นเพราะว่า การหาค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถระหว่างวิธีประมาณค่าจะขึ้นอยู่กับค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันที่เป็นผลมาจากวิธีการประมาณค่าที่นำมาเปรียบเทียบกัน โดยค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าจะเป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ กล่าวคือ ณ ระดับความสามารถใดที่ฟังก์ชันอินฟอร์เมชันที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่านี้มีค่าสูง แสดงว่า วิธีประมาณค่านั้น มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถที่ระดับนั้น จะมีค่ามาก แต่ถ้า ณ ระดับความสามารถที่ค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชัน ที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่ามีค่าต่ำ แสดงว่า วิธีประมาณค่านั้นจะมีความแม่นยำในการประมาณค่าความ

สามารถที่ระดับนั้น จะมีค่าน้อย (Hambleton and Cook. 1977. 84) และผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก และวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก มีค่าสูงกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก สูง และสูงมาก แต่มีค่าต่ำกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขและวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำ และปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของซามิไจมา (Samejima. 1969 : 39) และการวิจัยของดอดด์ กับคอตช์ที่ศึกษาในปี ค.ศ. 1985 และ 1987 (Dodd and Kotch. 1987 : 372 - 378) ที่พบว่าค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของข้อสอบในแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ มีค่าต่ำในช่วงระดับความสามารถสูงและต่ำ เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการประมาณค่า มีค่าต่ำในผู้สอบที่มีความสามารถระดับสูงและต่ำ

สำหรับค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ มีค่าสูงกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ($-4.00 < \theta < -3.10$) ($-3.00 < \theta < -1.10$) ระดับสูง ($1.10 < \theta < 2.90$) และระดับสูงมาก ($3.00 < \theta < 1.00$) แต่มีค่าต่ำกว่า 1 ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง ($-1.00 < \theta < 1.00$) แสดงว่า วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบสูงกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ต่ำ สูง และสูงมาก แต่จะมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบต่ำกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อ 2.6 ทั้งนี้สามารถอธิบายเหตุผลได้โดยใช้หลักการของค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชัน ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว กล่าวคือ จากผลการศึกษาพบว่า ค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชัน ที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขมีค่าสูงกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับต่ำมาก ต่ำ สูง และสูงมาก แต่มีค่าต่ำกว่าวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ งามอาจ นัยวัฒน์ (2535 : 246) ที่พบว่า สำหรับ

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของผู้สอบในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถในระดับปานกลางนั้น การประมาณค่าด้วยวิธีพรีอ็อกซ์ มีความแม่นยำสูง (Accuracy) และยังสอดคล้องกับการวิจัยของ ซามิไจมา (Samejima, 1969 : 40) ที่กล่าวว่า ค่าฟังก์ชันเอ็นฟอร์เมชันของข้อสอบที่ประมาณค่าด้วยวิธีพรีอ็อกซ์โดยส่วนใหญ่แล้วครอบคลุมช่วงความสามารถในระดับปลายของความ สามารถทั้งสองข้างน้อยกว่าวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข จึง เป็นผลทำให้วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขมีประสิทธิภาพดีกว่า ในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถสูงและต่ำ

3. ค่าความสามารถที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าระหว่างวิธีประมาณค่าตามค่า ความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ และวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก กับวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้ สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐาน ข้อ 3 โดยอาจอธิบายได้ว่า วิธีประมาณค่าตามค่า ความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกนี้ประมาณค่าความสามารถของผู้สอบได้ค่าเฉลี่ยความสามารถ สูงสุดเป็นผลให้ค่าความสามารถมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ด้าย เชียงฉี (2533 : 14) ที่พบว่า วิธีนี้ประมาณค่าความสามารถสูงกว่าปกติส่วนวิธีประมาณค่า ตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกนั้น สามารถประมาณค่าความสามารถของผู้สอบได้ใกล้เคียง กับความสามารถที่แท้จริง แต่ก็ยังมีความไวต่อการเดาตอบของผู้สอบอยู่ ค่าความสามารถที่ ประมาณค่าได้จาก 2 วิธีนี้ จึงแตกต่างกัน โดยมีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าเป็นดัชนี บ่งชี้สำหรับค่าความสามารถที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าระหว่างวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธี ความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มี นัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานข้อ 3 โดยอาจมีสาเหตุมาจาก การประมาณค่าความ สามารถของผู้สอบทั้ง 2 วิธีนี้ใช้หลักการทางสถิติที่ค่อนข้างซับซ้อน ค่าที่ได้ย่อมมีความถูกต้อง แม่นยำสูง ดังการศึกษาของ องอาจ นัยพัทธ์ (2535 : 148) ที่พบว่า การประมาณค่า พารามิเตอร์ระหว่างวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข กับวิธี ประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลการประมาณค่าด้วยวิธีทั้งสองมีค่าอยู่ ในระดับสูงทางบวก อีกทั้งยังสอดคล้องกับการศึกษาของไรท์และมาสเตอร์ (Wright and Masters, 1982 : 78 - 80) ที่พบว่า การประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าโดยใช้วัดความ

เป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข กับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ มีค่าใกล้เคียงกันเป็นลำดับ (Ordering) ลดหลั่นกันตามคะแนนรวมของผลการตอบ จากความแตกต่างของค่าความสามารถของผู้สอบทั้ง 4 วิธี เป็นผลทำให้วิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูกแตกต่างจากวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูกและทั้งสองวิธีแตกต่างจากวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุด แบบไม่มีเงื่อนไขกับวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีอ็อกซ์ อย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. ควรเลือกใช้วิธีพรีอ็อกซ์ประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในกลุ่มผู้สอบ ที่มีความสามารถระดับปานกลาง ส่วนในกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถในระดับต่ำ ระดับต่ำมาก ระดับสูง และระดับสูงมาก ควรใช้วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก ทั้งนี้ เพื่อให้การประมาณค่าความสามารถ มีความแม่นยำมากที่สุด
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในแง่ผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ อันเนื่องมาจากจำนวนข้อสอบ วิธีการให้คะแนน และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถ เป็นต้น
3. ควรทำการวิจัยในตนเองเดียวกัน แต่ใช้โมเดลอื่น ๆ ที่แตกต่างจากราส์ชโมเดล เช่น โลจิสติก โมเดล ที่มีพารามิเตอร์ 2 หรือ 3 ตัว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- เกรียงศักดิ์ สุวรรณภาค. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบบางรูปแบบของแบบทดสอบแยกกลุ่มกับความสามารถทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2532. อัดสำเนา.
- โกวิท ประวาลพฤกษ์. "ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับไคล์ลักษณะข้อสอบ," วารสารการวัดผลการศึกษา, 4(2) : 1 - 21 ; กันยายน - ธันวาคม 2525.
- จิราพร ไกรสรศิริเวท. ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบบางประการของการของแบบทดสอบรูปปริมาตรกับความสามารถทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2529. อัดสำเนา.
- ค่าย เชียงฉี. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจากการทดสอบเทเลอรูปปริมาตรที่มี รูปภาพ จำนวนชั้น และวิธีการให้คะแนนที่แตกต่างกันโดยวิธีมอนติคาร์โล. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2534. อัดสำเนา.
- นภา กาญจนกิจโสภณ. การเปรียบเทียบคะแนนสอบระหว่างการให้น้ำหนักคะแนนรายข้อเท่ากันตามทฤษฎีมาตรฐานเดิมกับการให้น้ำหนักคะแนนรายข้อต่างกัน ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อกระทง. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533. อัดสำเนา.
- บุญชิต รอดแก้ว. การศึกษาความไม่แปรปรวนของค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่วิเคราะห์ด้วยโมเดลโลจิสติกสามพารามิเตอร์กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะต่างกัน. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2533. อัดสำเนา.
- ปนัดดา วิยวัฒน์. การศึกษาผลการวิเคราะห์ข้อสอบโดยใช้วิธีโลจิสติกโมเดลกับวิธีแบบเดิม (คลาสสิกคอลโมเดล) ในวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2528. อัดสำเนา.
- ผจงจิต อินทสุวรรณ. ทฤษฎีการตอบข้อคำถาม. ม.ป.ท., 2528.
- _____. "Latent Trait Theory," วารสารการวัดผลการศึกษา, 3(3) : 50 - 69 ; มกราคม - เมษายน 2525.

- ผจงจิต อินทสุวรรณ. "การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยโมเดล
โลจิสติก," วารสารการวัดผลการศึกษา. 13(37) : 79 - 90 ; พฤษภาคม -
สิงหาคม 2534.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบ
ทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. หลักการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ศึกษาพร,
2528.
- วิรัช วรรณรัตน์. การเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงความถี่ของค่าความสามารถจริง
ที่ประมาณตามแบบดั้งเดิมกับแบบคุณลักษณะแฝง. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ :
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533. อัดสำเนา.
- เรวดี อินทสระ. การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการเทียบมาตรระหว่างรูปแบบอิง
ทฤษฎีการตอบข้อสอบกับรูปแบบการใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ. วิทยานิพนธ์
กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530.
อัดสำเนา.
- สงบ ลักษณะ. "ความสามารถเกี่ยวกับการตอบข้อคำถาม," วารสารวัดผลการศึกษา.
4(1) : 47 - 54 , 83 - 93 ; พฤษภาคม - สิงหาคม 2524.
- สมจิตร ทรัพย์ประไมย. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดเจตคติด้วย
คลาสสิกัลคอสโมเดลและราสซ์โมเดล. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2531. อัดสำเนา.
- สุชาดา กิระนันท์. การอนุมานเชิงสถิติ : ทฤษฎีขั้นต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.
- สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. "การพัฒนาทฤษฎีลาเทนท์เพื่อการวิเคราะห์ข้อสอบ," วารสาร
การวัดผลการศึกษา. 4(2) : 1 - 20 ; กันยายน - ธันวาคม 2525.
- องอาจ นัยพัฒน์. การศึกษาประสิทธิภาพของผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ ของพหุเชิง
เครดิตโมเดล ระหว่างวิธีพริกซ์ Prox และวิธียูคอน Ucon ในแบบทดสอบวัดเจตคติ
แบบลิเคิร์ตสเกล. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร, 2535. อัดสำเนา.

- อรินทร์ น่วมถนน. การศึกษาความเที่ยงตรงและประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถในการวิชาคณิตศาสตร์ และระหว่างแบบทดสอบดั้งเดิม แบบทดสอบสองขั้น ตอน และแบบทดสอบแฟล็กซีเลเวล. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2537. อัดสำเนา.
- อวยพร วิบูลย์กาญจน์. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แบบสอบบอมาอุปไมยด้วยคลาสสิกคอล ไมเคิลกับราชส์ไมเคิล. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526. อัดสำเนา.
- Allen, Mary J. and Wendy M. Yen. Introduction to Measurement Theory. Monterey, California : Brooks/Cole Publishing Company, 1979.
- Birnbaum, Allan. "Some Latent Trait Models and their Use in Inferring in Examinee's Ability," In F.M Lord and M.R Novick. Statistical Theories of Mental Test Scores. Reading, Massachusetts : Addison - Wesley, 1968.
- Cohen, Leslie. "Approximate Expression for Estimates in the Rasch Model," The British Journal of Mathematical & Statistical Psychology. 32 : 113 - 120 ; 1979.
- Crocker, Linda M. and I. Algina. Introduction To Classical & Modern Test Theory. New York : CBS College Publishing, 1986.
- De Gruijter, Dato N.M. "A Note on the Bias of UCON Item Parameter Estimation in the Rasch Model," Journal of Educational Measurement. 47(3) : 285 - 288 ; Fall, 1990.
- Dodd, Barbara G. and William R. Kotch. "Effects of Variations in Item Step Values on Item and Test Information in the Partial Credit Model," Applied Psychological Measurement. 11(4) : 371 - 384; December, 1987.
- Douglass, J.B. "A Comparison of Item Characteristic Curve Model for Classroom Examination System," Dissertation Abstracts International. 41(9) : 4000 - A ; March, 1981.
- Gronlund, Norman E. Constructing Achievement Test. 3th ed. Prentice - Hall Inc., 1982.
- Haladyna, Thomas M. and Gale H. Roid. A Technology for Test Item Writing. New York : Academic Press, 1982.
- Hambleton, R.K. "Applications of Item Response Theory," International Journal of Educational Research. 13(2) : 121 - 220 ; 1989.

- Hambleton, R.K. and Hariharan Swaminathan. Item Response Theory. Boston : Kluwer - Nighoff Publishing, 1985.
- Hambleton, R.K. and Linda L. Cook. "Latent Trait Models and Their Use in the Analysis of Educational Test Data," Journal of Education Measurement. 14(2) : 75 - 96 ; Summer, 1977.
- Hambleton and Thumb. "Analysis of Empirical Data Using two Logistic Latent Models," British Journal of Mathematical and Statistical Psychology. 26 : 195 ; 1973.
- Henly and others. "Adaptive and Conventional Versions of DAT," Applied Psychological Measurement. 13(4) : 363 - 371 ; December, 1989.
- Ho, Rong - Guey. "Using Micro CAT in Computerized Adaptive Testing: A Comparison of three Adaptive Testing Strategies," Dissertation Abstracts International. 50(2) : 421-A ; August, 1989.
- Hutten, Leah R. "The Fit of Empirical Data to two Latent Trait Models," Dissertation Abstracts International. 42(11) : 4799 - A ; May, 1982.
- Jensen, Paul G.W., Folkert W. Wierda and van den Arnold L. Wallenberg. "Connecting Unconditional Parameter Estimation in the Rasch model for Consistency," Applied Psychological Measurement. 12(3) : 297 - 306 ; September, 1988A.
- _____. "Consistency of Rasch : Model Parameter Estimation : A Simulation Study," Applied Psychological Measurement. 12(3) : 307 - 313 ; September, 1988B.
- Klayton, Keith N. An Introduction to Statistics for Psychological and Education. Bell & Howell Company, 1984.
- Lord, Frederic M. Applications of Item Response Theory to Practical Testing Problems. Hillsdale New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, 1980.
- Lord, F.M. and Melvin R. Novick. Statistical Theories of Mental Test Scores. Reading, Massachusetts : Addison Wesley, 1968.
- Lord, Frederic M. and M.L. Stocking. "Item Response Theory," in Educational Research Methodology, and Measurement : An International Handbook. p. 269 - 272. edited by John P. Keeves : Pergamon Press Plc., 1988.
- McDonald, R.P. "Linear Versus Non - Linear Models in Item Response Theory," Applied Psychological Measurement. 6 : 379 - 396 ; 1981, 1982.

- Owen, Roger J. "A Bayesian Sequential Procedure for Quantal Response in the Context of Adaptive Mental Testing," Journal of the American Statistical Association. 70(350) : 351 - 356 ; June, 1975.
- Perguson, George A. Statistical Analysis in Psychological and Educational. 5th ed. New York : McGraw - Hill book Company, 1981.
- Samejima, Fumiko. "Amount of Information, Estimation of Mental Ability Using a Response Pattern of Graded Scores," Psychometrika Monograph Supplement. 34(4) : Part 2 ; 37 - 46; 1969.
- Tinsley and Dawis. "An Investigation of the Rasch simple Logistic Model. Sample Free Item and Test Calibration," Educational and Psychological Measurement. 35 : 325 - 339 ; 1975.
- Warm, Thomas A. A Primer of Item Response Theory. Oklahoma : Coast Guard Institute, 1978.
- Weiss, David J. "Strategies of Adaptive Ability Measurement," Research Report. Psychometric Method Program, Department of Psychology University of Minnesota, Minneapolis, 1975.
- Weiss, David J. and Gage G. Kingsbury. "Application of Computerized Adaptive Testing To Educational Problems," Journal of Educational Measurement. 21(4) : 361 - 375 ; 1984.
- Wright, Benjamin D. and John M. Linacre. A User's Guide to BIGSTEPS Rasch - Model Computer Program. Chicago, Illinois : MESA Press, 1991.
- Wright, Benjamin D. and Mark H. Stone. Best Test Design. Chicago, Illinois : MESA Press, 1979.
- Wright, Benjamin D. and N. Panchapakesan. "A Procedure for Sample Free Item Analysis," Educational and Psychological Measurement. 29 : 23 - 48 ; 1969.
- Wright, Benjamin D. and Geoffrey N. Masters. Rating Scale Analysis. Chicago, Illinois : MESA Press, 1982.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่าประมาณความสามารถ (θ)

ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)

ตาราง 10 ค่าประมาณความสามารถของผู้สอบ (๑) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ที่เป็นผลมาจากการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าตามความยากของข้อที่ยากที่สุด ที่ถูกวิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไขและวิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์

คนที่	๑				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
1	1.579	-0.100	-0.544	-0.541	0.224	0.205	0.194	0.194
2	1.579	-0.394	-0.641	-0.638	0.224	0.198	0.192	0.192
3	1.579	-0.066	-0.262	-0.262	0.224	0.206	0.201	0.201
4	1.800	-0.057	-0.948	-0.943	0.225	0.206	0.182	0.182
5	1.897	-0.052	-0.740	-0.736	0.226	0.206	0.189	0.189
6	1.146	-0.154	-0.842	-0.838	0.221	0.204	0.183	0.183
7	1.373	-0.144	-0.449	-0.447	0.223	0.210	0.196	0.195
8	1.579	-0.069	-1.851	-1.841	0.224	0.208	0.147	0.147
9	0.833	0.426	-1.171	-1.164	0.219	0.198	0.174	0.174
10	1.897	0.291	-0.641	-0.638	0.226	0.201	0.192	0.192
11	1.897	-0.316	-0.740	-0.736	0.226	0.200	0.189	0.189
12	1.897	-0.032	-0.749	-0.943	0.226	0.206	0.182	0.182
13	1.086	-0.243	-1.290	-1.283	0.221	0.202	0.170	0.170
14	1.623	-0.298	-1.057	-1.051	0.224	0.212	0.178	0.178
15	1.897	-0.049	-0.641	-0.638	0.226	0.208	0.192	0.192
16	1.897	0.156	-0.948	-0.943	0.226	0.204	0.182	0.182
17	1.897	0.287	-1.290	-1.083	0.226	0.201	0.170	0.170
18	1.897	-0.287	-0.641	-0.638	0.226	0.207	0.192	0.192

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
19	1.897	0.020	-1.171	-1.164	0.226	0.200	0.174	0.174
20	1.623	-0.329	-1.416	-1.409	0.224	0.204	0.165	0.165
21	1.897	0.331	-0.641	-0.638	0.226	0.213	0.192	0.192
22	1.897	0.283	-0.150	-1.542	0.226	0.212	0.159	0.160
23	1.191	-0.125	-0.948	-0.943	0.222	0.204	0.182	0.182
24	1.897	-0.117	-1.290	-1.283	0.226	0.205	0.194	0.194
25	1.623	0.183	-0.544	-0.541	0.224	0.210	0.170	0.170
26	1.579	0.139	-0.290	-1.283	0.224	0.209	0.170	0.170
27	0.099	0.141	-1.290	-1.283	0.224	0.209	0.170	0.170
28	1.570	-0.157	-1.416	-1.409	0.224	0.210	0.165	0.165
29	1.579	0.173	-1.550	-1.542	0.224	0.210	0.159	0.160
30	1.579	-0.021	-1.290	-1.283	0.224	0.207	0.170	0.170
31	1.191	-0.647	-2.437	-2.426	0.222	0.191	0.121	0.121
32	0.301	-0.579	-2.290	-1.283	0.212	0.193	0.170	0.170
33	1.191	-0.412	-1.694	-1.685	0.222	0.198	0.153	0.154
34	1.579	0.579	-0.550	-1.542	0.223	0.216	0.160	0.160
35	1.280	-0.028	-1.171	-1.164	0.223	0.206	0.174	0.174
36	1.191	0.126	-1.290	-1.283	0.219	0.209	0.170	0.170
37	0.819	-0.432	-1.550	-1.542	0.219	0.197	0.160	0.160
38	1.623	-0.247	-0.842	-0.838	0.220	0.200	0.178	0.178
39	0.940	-0.306	-1.057	-1.051	0.224	0.206	0.174	0.174

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
40	1.373	-0.024	-1.171	-1.164	0.224	0.210	0.165	0.165
41	1.579	0.178	-1.416	-1.409	0.224	0.202	0.147	0.147
42	1.579	-0.246	-1.158	-1.841	0.224	0.199	0.189	0.189
43	1.623	-0.346	-0.740	-0.736	0.223	0.209	0.189	0.189
44	1.373	0.091	-0.740	-0.736	0.220	0.194	0.165	0.165
45	0.971	-0.542	-1.416	-1.409	0.224	0.203	0.182	0.182
46	0.579	-0.196	-0.948	-0.943	0.003	0.199	0.174	0.174
47	1.373	-0.379	-1.171	-1.164	0.225	0.206	0.147	0.147
48	1.800	-0.062	-1.851	-1.841	0.224	0.210	0.178	0.178
49	1.579	0.175	-1.057	-1.051	0.218	0.206	0.139	0.139
50	0.810	-0.023	-2.023	-2.013	0.223	0.205	0.182	0.182
51	1.280	-0.096	-0.928	-0.948	0.226	0.198	0.170	0.170
52	1.897	-0.427	-1.290	-1.283	0.224	0.210	0.178	0.178
53	1.579	0.154	-1.057	-1.051	0.220	0.198	0.182	0.182
54	0.971	-0.395	-0.948	-0.943	0.220	0.195	0.147	0.147
55	0.971	-0.503	-1.851	-1.841	0.226	0.207	0.182	0.182
56	1.897	-0.018	-0.948	-0.943	0.226	0.198	0.170	0.170
57	1.897	-0.425	-1.090	-1.283	0.226	0.206	0.182	0.182
58	1.897	-0.031	-0.948	-0.943	0.224	0.203	0.178	0.178
59	1.623	-0.204	-1.057	-1.051	0.224	0.203	0.182	0.182
60	1.579	-0.178	-0.948	-0.943	0.226	0.198	0.131	0.131

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	PROX	UCON	MOSTb	MEANb	PROX	UCON
61	1.897	-0.381	-2.215	-2.205	0.225	0.205	0.182	0.182
62	1.800	-0.109	-0.948	-0.943	0.219	0.208	0.178	0.178
63	0.833	0.043	-1.057	-1.051	0.221	0.203	0.147	0.147
64	1.146	-0.218	-1.851	-1.841	0.221	0.199	0.178	0.178
65	1.086	-0.355	-1.057	-1.051	0.224	0.212	0.178	0.178
66	1.579	0.290	-1.057	-1.051	0.224	0.210	0.159	0.159
67	1.579	0.163	-1.550	-1.542	0.223	0.203	0.159	0.159
68	1.280	-0.204	-1.550	-1.542	0.224	0.204	0.174	0.174
69	1.623	-0.338	-1.416	-1.409	0.222	0.198	0.165	0.165
70	1.191	-0.152	-1.171	-1.164	0.220	0.200	0.174	0.174
71	0.971	-0.386	-1.416	-1.409	0.211	0.198	0.160	0.160
72	0.246	-0.317	0.171	-1.164	0.224	0.204	0.174	0.174
73	0.246	-0.421	-0.550	-1.542	0.224	0.208	0.213	0.213
74	1.623	0.127	-1.171	-1.164	0.221	0.206	0.201	0.201
75	1.579	-0.064	-0.376	-0.262	0.225	0.204	0.170	0.170
76	1.146	-0.069	-1.262	-1.283	0.225	0.208	0.174	0.174
77	1.800	0.166	-1.290	-1.164	0.223	0.208	0.192	0.192
78	1.800	0.070	-0.171	-1.164	0.220	0.197	0.170	0.170
79	1.373	-0.465	-0.641	-0.638	0.222	0.203	0.178	0.178
80	0.971	-0.456	-1.290	-1.283	0.224	0.208	0.199	0.199
81	1.191	-0.175	-1.057	-1.051	0.222	0.207	0.206	0.206

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	b				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
82	1.579	0.037	-0.355	-0.354	0.224	0.209	0.206	0.205
83	1.191	-0.021	-0.355	-0.354	0.222	0.205	0.192	0.192
84	1.623	0.128	-0.080	-0.081	0.225	0.208	0.201	0.201
85	1.191	-0.123	-0.641	-0.638	0.225	0.210	0.222	0.222
86	1.800	0.037	-0.252	-0.262	0.225	0.210	0.219	0.219
87	1.800	0.155	1.182	-0.174	0.226	0.206	0.206	0.206
88	1.800	0.159	0.859	-0.851	0.226	0.207	0.207	0.207
89	1.897	-0.053	-0.080	-0.081	0.226	0.209	0.212	0.212
90	1.897	0.011	0.011	-0.009	0.266	0.208	0.210	0.210
91	1.897	0.081	0.284	-0.284	0.244	0.206	0.192	0.192
92	1.897	0.060	0.193	-0.189	0.226	0.208	0.203	0.203
93	1.623	-0.056	-0.641	-0.638	0.224	0.203	0.174	0.174
94	1.897	0.052	-0.171	-0.171	0.224	0.207	0.199	0.199
95	1.623	-0.173	-1.171	-1.164	0.224	0.206	0.210	0.210
96	1.579	-0.009	-0.355	-0.354	0.224	0.208	0.207	0.207
97	1.623	-0.056	0.193	0.189	0.224	0.207	0.194	0.194
98	1.897	0.041	0.011	0.009	0.225	0.203	0.197	0.197
99	1.623	-0.019	-0.544	-0.541	0.223	0.208	0.192	0.192
100	1.800	-0.175	-0.447	-0.447	0.223	0.206	0.203	0.203
101	1.373	0.041	-0.638	-0.638	0.223	0.206	0.186	0.186

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
102	1.373	-0.065	-0.171	-0.171	0.226	0.208	0.189	0.189
103	1.373	-0.079	-0.842	-1.838	0.222	0.203	0.178	0.178
104	1.897	0.034	-0.740	-0.736	0.223	0.200	0.170	0.170
105	1.191	-0.175	-0.057	-0.051	0.224	0.212	0.192	0.192
106	1.373	-0.327	-0.290	-0.283	0.223	0.208	0.197	0.197
107	1.623	0.263	-0.641	-0.638	0.224	0.207	0.209	0.209
108	1.373	0.050	-0.449	-0.447	0.224	0.208	0.215	0.215
109	1.623	0.021	-0.102	-0.099	0.224	0.216	0.147	0.147
110	1.623	0.032	-0.469	-0.464	0.220	0.201	0.170	0.170
111	1.579	0.588	-1.851	-1.841	0.220	0.201	0.170	0.170
112	0.951	-0.275	-1.290	-1.283	0.224	0.201	0.186	0.186
113	0.951	-0.265	-1.290	-1.283	0.221	0.204	0.189	0.189
114	1.623	-0.138	-0.842	-0.838	0.220	0.204	0.186	0.186
115	1.086	-0.138	-0.740	-0.736	0.225	0.210	0.186	0.186
116	0.940	-0.161	-0.842	-0.838	0.224	0.210	0.189	0.189
117	1.800	1.171	-0.842	-0.838	0.224	0.204	0.203	0.203
118	1.623	0.171	-0.740	-0.736	0.224	0.208	0.197	0.197
119	1.579	-0.057	-0.171	-0.171	0.224	0.208	0.194	0.194
120	1.623	0.041	-0.449	-0.447	0.224	0.208	0.197	0.197
121	1.623	0.060	-0.544	-0.541	0.224	0.209	0.194	0.194
122	1.623	0.041	-0.447	-0.447	0.221	0.202	0.182	0.182
123	1.023	0.127	-0.544	-0.541	0.224	0.211	0.189	0.189

ตาราง 10 (ต่อ)

คนท	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UNCON	PORX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
124	1.086	-0.238	-0.948	-0.943	0.223	0.204	0.182	0.182
125	1.579	0.216	-0.740	-0.736	0.221	0.205	0.178	0.178
126	1.280	-0.131	-0.948	-0.943	0.224	0.206	0.203	0.203
127	1.086	-0.100	-1.057	-1.051	0.225	0.207	0.186	0.186
128	1.623	-0.031	-0.171	-0.171	0.224	0.212	0.203	0.203
129	1.800	-0.003	-0.842	-0.838	0.224	0.211	0.194	0.194
130	1.623	0.311	-0.171	-0.171	0.224	0.212	0.199	0.199
131	1.579	0.233	-0.544	-0.541	0.224	0.207	0.197	0.197
132	1.623	0.291	-0.355	-0.354	0.223	0.204	0.189	0.189
133	1.623	0.017	-0.449	-0.447	0.223	0.203	0.192	0.192
134	1.280	-0.154	-0.740	-0.736	0.220	0.199	0.192	0.192
135	1.280	-0.207	-0.641	-0.638	0.220	0.206	0.199	0.199
136	1.940	-0.380	-0.641	-0.638	0.223	0.206	0.182	0.182
137	1.971	-0.030	-0.355	-0.354	0.223	0.205	0.178	0.178
138	1.280	-0.030	-0.948	-0.943	0.097	0.097	0.097	0.097
139	1.280	-0.113	-1.057	-1.051	0.097	0.097	0.097	0.097
140	1.951	-0.173	-0.641	-0.638	0.097	0.097	0.097	0.097
141	1.579	-0.077	-1.057	-1.051	0.097	0.097	0.097	0.097
142	1.800	-0.094	-0.449	-0.447	0.097	0.097	0.097	0.097
143	1.800	-0.119	-0.544	-0.541	0.225	0.204	0.192	0.192
144	0.9740	-0.433	-0.948	-0.943	0.225	0.205	0.178	0.178

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
145	1.800	-0.146	-0.641	-0.638	0.224	0.208	0.182	0.182
146	1.800	-0.089	-1.057	-1.051	0.220	0.198	0.189	0.189
147	1.623	0.040	-0.948	-0.943	0.225	0.204	0.192	0.192
148	0.940	-0.410	-0.740	-0.736	0.223	0.208	0.192	0.192
149	1.800	-0.145	-0.641	-0.638	0.221	0.207	0.178	0.178
150	1.373	0.075	-0.641	-0.638	0.226	0.206	0.206	0.205
151	1.086	0.023	-1.057	-1.051	0.224	0.202	0.170	0.170
152	1.897	-0.041	-0.080	-0.881	0.219	0.204	0.165	0.165
153	1.623	-0.232	-1.290	-1.283	0.226	0.206	0.203	0.203
154	0.833	-0.161	-1.416	-1.409	0.222	0.204	0.178	0.178
155	1.897	-0.053	-0.171	-0.171	0.224	0.206	0.194	0.194
156	1.191	-0.161	-1.057	-1.051	0.224	0.211	0.178	0.178
157	1.579	-0.052	-0.544	-0.541	0.226	0.208	0.194	0.194
158	1.623	0.219	-1.057	-1.051	0.224	0.204	0.186	0.186
159	1.897	0.052	-0.544	-0.541	0.223	0.205	0.194	0.194
160	1.623	-0.147	-0.842	-0.838	0.226	0.201	0.165	0.165
161	1.280	-0.121	-0.541	-0.541	0.224	0.202	0.174	0.174
162	1.897	-0.261	-1.419	-1.499	0.229	0.211	0.139	0.139
163	1.623	-0.249	-1.171	-1.164	0.224	0.205	0.192	0.192
164	0.850	0.206	-2.023	-2.013	0.225	0.209	0.159	0.160
165	1.623	-0.083	-0.641	-0.638	0.225	0.208	0.182	0.182
166	1.800	0.137	-1.550	-1.542	0.225	0.204	0.178	0.178

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PORX	MOSTb	MEANb	UNCON	PROX
167	1.800	0.061	-0.948	-0.943	0.225	0.207	0.189	0.189
168	1.800	-0.137	-1.057	-1.051	0.225	0.207	0.203	0.203
169	1.800	0.027	-0.740	-0.736	0.225	0.210	0.189	0.189
170	1.800	0.017	-0.171	-0.171	0.226	0.209	0.186	0.186
171	1.800	0.164	-0.740	-0.736	0.225	0.208	0.192	0.192
172	1.897	0.092	-0.842	-0.838	0.226	0.209	0.189	0.189
173	1.800	0.072	-0.641	-0.638	0.225	0.207	0.197	0.197
174	1.897	0.089	-0.740	-0.736	0.225	0.206	0.199	0.199
175	1.800	0.012	-0.449	-0.447	0.225	0.207	0.189	0.189
176	1.800	-0.068	-0.355	-0.354	0.225	0.205	0.194	0.194
177	1.800	0.026	-0.740	-0.736	0.225	0.209	0.203	0.203
178	1.800	-0.081	-0.544	-0.541	0.225	0.210	0.199	0.199
179	1.800	0.120	-0.171	-0.171	0.225	0.210	0.194	0.194
180	1.800	0.144	-0.355	-0.355	0.225	0.207	0.203	0.203
181	1.800	0.166	-0.544	-0.541	0.225	0.208	0.186	0.186
182	1.800	0.030	-0.171	-0.171	0.225	0.209	0.192	0.192
183	1.800	0.058	-0.842	-0.842	0.224	0.213	0.165	0.165
184	1.800	0.086	-0.641	-0.641	0.224	0.210	0.182	0.182
185	1.623	0.338	-1.416	-1.416	0.219	0.209	0.174	0.174
186	1.623	0.162	-0.948	-0.948	0.224	0.211	0.203	0.203
187	0.819	0.106	-1.171	-1.164	0.224	0.208	0.186	0.186

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
188	1.623	0.222	-0.171	-0.171	0.224	0.209	0.192	0.192
189	1.623	0.043	-0.842	0.838	0.224	0.207	0.186	0.186
190	1.623	0.133	-0.641	-0.638	0.226	0.213	0.215	0.215
191	1.623	0.017	-0.842	-0.838	0.224	0.210	0.186	0.186
192	1.897	0.329	0.469	0.464	0.224	0.209	0.203	0.203
193	1.623	0.168	-0.842	-0.838	0.222	0.208	0.159	0.160
194	1.623	0.116	-0.171	-0.171	0.224	0.208	0.197	0.197
195	1.191	0.062	-1.550	-1.542	0.224	0.208	0.199	0.199
196	1.623	0.070	-0.449	-0.447	0.226	0.212	0.212	0.212
197	1.623	0.073	-0.355	-0.354	0.225	0.208	0.201	0.201
198	1.897	0.268	0.284	0.280	0.225	0.209	0.197	0.197
199	1.800	0.034	-0.262	-0.262	0.225	0.208	0.209	0.209
200	1.800	0.102	-0.449	-0.447	0.225	0.207	0.201	0.201
201	1.800	0.047	-0.102	-0.099	0.224	0.206	0.174	0.174
202	1.800	0.025	-0.262	-0.262	0.225	0.208	0.206	0.205
203	1.623	-0.051	-1.171	-1.164	0.225	0.210	0.201	0.201
204	1.800	0.061	-0.080	-0.081	0.225	0.207	0.205	0.205
205	1.800	0.153	-0.262	-0.262	0.224	0.203	0.186	0.186
206	1.800	0.026	-0.080	-0.081	0.225	0.207	0.206	0.201
207	1.623	-0.191	-0.842	-0.838	0.225	0.204	0.199	0.199
208	1.800	0.010	-0.262	-0.262	0.224	0.206	0.201	0.201

ตาราง 10 (ต่อ)

คนท.	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UNCON	PROX	MOSTb	MEANb	UNCON	PROX
209	1.800	0.126	-0.355	-0.354	0.217	0.185	0.121	0.121
210	1.623	-0.065	-0.262	-0.262	0.220	0.207	0.178	0.178
211	0.653	-0.869	-2.437	-0.246	0.226	0.214	0.139	0.139
212	0.951	0.003	-1.057	-1.051	0.224	0.207	0.186	0.186
213	1.897	0.408	-2.023	-2.013	0.224	0.203	0.170	0.170
214	1.623	-0.006	-0.842	-0.838	0.224	0.210	0.182	0.182
215	1.623	-0.212	-1.290	-1.283	0.226	0.213	0.182	0.182
216	1.579	0.183	-0.948	-0.943	0.226	0.201	0.165	0.165
217	1.897	0.379	-0.948	-0.943	0.223	0.209	0.147	0.147
218	1.897	-0.291	-1.416	-1.409	0.223	0.210	0.160	0.160
219	1.373	0.087	-1.851	-1.841	0.220	0.203	0.131	0.131
220	0.191	-0.170	-2.215	-2.205	0.224	0.209	0.165	0.165
221	1.579	0.134	-1.416	-1.409	0.224	0.205	0.174	0.174
222	1.623	-0.087	-1.171	-1.164	0.226	0.210	0.174	0.174
223	1.897	0.177	-1.171	-1.164	0.221	0.211	0.174	0.174
224	1.086	0.205	-1.171	-1.164	0.223	0.210	0.165	0.165
225	1.280	0.179	-1.416	-1.409	0.224	0.211	0.110	0.110
226	1.579	0.220	-2.699	-2.689	0.227	0.203	0.139	0.139
227	0.653	-0.204	-2.023	-2.013	0.223	0.208	0.154	0.154
228	1.280	0.034	-1.694	-1.658	0.223	0.207	0.147	0.147
229	1.280	0.009	-1.851	-1.841	0.224	0.198	0.182	0.182

ตาราง 10 (ต่อ)

คนท.	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
230	1.579	-0.417	-0.948	-0.943	0.220	0.201	0.189	0.189
231	0.940	-0.281	-0.740	-0.736	0.224	0.201	0.197	0.197
232	1.579	-0.263	-0.499	-0.447	0.224	0.207	0.189	0.189
233	1.623	0.008	-0.740	-0.736	0.224	0.207	0.199	0.199
234	1.623	0.013	-0.355	-0.354	0.226	0.212	0.182	0.182
235	1.897	0.310	-0.948	-0.943	0.220	0.203	0.189	0.189
236	0.940	-0.202	-0.740	-0.736	0.220	0.206	0.182	0.182
237	0.940	-0.027	-0.948	-0.943	0.220	0.207	0.186	0.186
238	0.971	0.029	-0.842	-0.838	0.220	0.206	0.159	0.160
239	0.940	-0.028	-1.550	-1.542	0.224	0.208	0.170	0.170
240	1.623	0.066	-1.290	-1.283	0.226	0.209	0.170	0.170
241	1.897	0.092	-1.290	-1.283	0.226	0.211	0.178	0.178
242	1.897	0.210	-1.057	-1.051	0.224	0.206	0.192	0.192
243	1.623	-0.071	-0.641	-0.638	0.224	0.206	0.203	0.203
244	1.623	-0.071	-0.171	-0.171	0.224	0.209	0.147	0.147
245	1.623	0.086	-1.851	-1.841	0.224	0.208	0.182	0.182
246	1.623	0.068	-0.948	-0.943	0.222	0.201	0.189	0.189
247	1.191	-0.287	-0.740	1.736	0.225	0.205	0.160	0.160
248	1.800	-0.116	-1.550	-1.542	0.225	0.207	0.186	0.186
249	1.800	0.002	-0.842	-0.838	0.223	0.203	0.165	0.165
250	1.373	-0.180	-1.416	-1.409	0.222	0.203	0.203	0.203

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
251	1.191	-0.190	-0.171	-0.171	0.224	0.204	0.199	0.199
252	1.623	-0.163	-0.355	-0.354	0.222	0.204	0.197	0.197
253	1.191	-0.142	-0.449	-0.447	0.222	0.202	0.205	0.205
254	1.191	-0.237	-0.080	-0.081	0.226	0.206	0.207	0.207
255	1.897	-0.069	0.011	0.009	0.222	0.201	0.201	0.201
256	1.191	-0.290	-0.262	-0.262	0.224	0.206	0.199	0.199
257	1.623	-0.058	-0.355	-0.354	0.222	0.200	0.199	0.199
258	1.191	-0.307	-0.335	-0.354	0.224	0.204	0.210	0.210
259	1.191	-0.153	0.469	0.464	0.222	0.204	0.215	0.215
260	1.086	-0.292	-0.740	-0.736	0.222	0.201	0.203	0.203
261	1.623	0.151	-1.290	-1.283	0.221	0.201	0.189	0.189
262	0.833	-0.594	-0.171	-1.164	0.224	0.210	0.170	0.170
263	1.191	0.017	-1.290	-1.283	0.219	0.193	0.174	0.174
264	0.951	-0.244	-0.544	-0.541	0.222	0.207	0.170	0.170
265	1.897	0.035	0.102	0.099	0.220	0.202	0.194	0.194
266	1.897	-0.172	-0.544	-0.541	0.226	0.208	0.209	0.209
267	1.623	-0.246	-0.641	-0.638	0.226	0.203	0.194	0.194
268	1.800	-0.151	-0.740	-0.736	0.224	0.202	0.192	0.192
269	1.897	0.118	-0.948	-0.943	0.225	0.204	0.189	0.189
270	1.800	-0.222	-0.171	-0.171	0.226	0.209	0.182	0.182
271	1.800	-0.254	-0.355	-0.354	0.225	0.202	0.203	0.203

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
272	1.086	-0.011	-0.948	-0.943	0.225	0.202	0.199	0.199
273	1.800	0.055	-0.171	-1.164	0.221	0.207	0.182	0.182
274	1.191	-0.483	-2.215	-2.205	0.225	0.208	0.174	0.174
275	1.623	-0.043	-1.290	-1.283	0.222	0.196	0.131	0.131
276	1.897	-0.028	-0.842	-0.838	0.224	0.206	0.170	0.170
277	1.086	-0.038	-1.057	-1.051	0.226	0.206	0.186	0.186
278	0.971	-0.189	-0.262	-0.262	0.221	0.206	0.178	0.178
279	1.800	0.086	1.416	-1.409	0.220	0.203	0.201	0.201
280	1.579	-0.269	-0.740	-0.736	0.225	0.209	0.165	0.165
281	1.623	0.583	-1.057	-1.051	0.224	0.201	0.189	0.189
282	0.951	-0.313	-1.171	-1.164	0.224	0.216	0.178	0.178
283	1.800	0.107	0.011	0.009	0.220	0.200	0.174	0.174
284	1.800	0.056	-0.641	-0.638	0.225	0.209	0.207	0.207
285	1.897	0.113	0.376	0.372	0.225	0.208	0.192	0.192
286	1.897	0.137	0.469	0.464	0.226	0.209	0.213	0.213
287	1.579	0.273	-1.171	-1.164	0.226	0.209	0.215	0.215
288	1.623	-0.032	-1.057	-1.051	0.224	0.212	0.174	0.174
289	1.146	-0.470	-1.694	-1.685	0.224	0.206	0.178	0.178
290	0.940	-0.485	-1.694	-1.685	0.221	0.169	0.153	0.154
291	1.579	-0.040	-0.641	-0.638	0.220	0.196	0.153	0.154

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
292	1.897	0.082	0.193	0.189	0.224	0.206	0.192	0.192
293	0.940	-0.310	-0.948	-0.943	0.226	0.209	0.210	0.210
294	1.623	-0.016	-0.080	-0.081	0.220	0.200	0.182	0.182
295	1.897	-0.093	-0.842	-0.838	0.224	0.207	0.205	0.205
296	1.897	-0.013	-0.355	-0.354	0.226	0.205	0.186	0.186
297	1.897	-0.053	0.011	0.009	0.226	0.207	0.199	0.199
298	1.897	-0.040	0.102	0.099	0.226	0.206	0.207	0.207
299	1.579	-0.201	-0.641	-0.638	0.226	0.206	0.209	0.209
300	1.373	0.031	-0.262	-0.262	0.224	0.203	0.192	0.192
301	1.800	-0.024	-0.080	-0.081	0.223	0.208	0.201	0.201
302	1.897	0.081	-0.963	-0.955	0.225	0.206	0.206	0.205
303	1.800	0.008	-0.564	-0.558	0.226	0.209	0.220	0.220
304	1.800	0.055	0.284	-0.280	0.225	0.207	0.216	0.216
305	1.373	-0.185	-1.550	-1.542	0.225	0.206	0.212	0.212
306	1.086	-0.129	-0.080	-0.081	0.223	0.203	0.159	0.160
307	1.800	-0.089	0.102	-0.099	0.221	0.204	0.206	0.205
308	1.373	-0.102	-1.416	-1.409	0.225	0.205	0.209	0.209
309	1.897	0.124	-0.284	-0.280	0.223	0.205	0.165	0.165
310	1.897	-0.069	-1.262	-1.262	0.226	0.209	0.212	0.212
311	1.897	0.130	-1.080	-0.081	0.226	0.206	0.201	0.201
312	1.800	-0.087	0.011	0.009	0.226	0.209	0.206	0.205

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
313	1.800	-0.087	-0.011	0.009	0.225	0.205	0.207	0.207
314	1.897	-0.390	-1.416	-1.409	0.226	0.214	0.165	0.165
315	1.897	-0.175	-1.290	-1.283	0.226	0.210	0.170	0.170
316	0.817	-0.354	-0.641	-0.638	0.219	0.199	0.192	0.192
317	1.897	0.023	-0.262	-0.262	0.226	0.207	0.201	0.201
318	1.897	0.104	-0.080	-0.081	0.226	0.209	0.205	0.205
319	1.897	0.308	-1.057	-1.051	0.226	0.212	0.178	0.178
320	0.940	0.093	-1.057	-1.051	0.220	0.209	0.178	0.178
321	1.897	0.211	-1.550	-1.542	0.226	0.211	0.159	0.160
322	0.940	0.037	-1.171	-1.164	0.220	0.208	0.174	0.174
323	1.800	0.045	-0.641	-0.638	0.225	0.208	0.192	0.192
324	1.623	0.191	-0.948	-0.943	0.224	0.210	0.182	0.182
325	1.897	0.118	1.070	1.062	0.226	0.209	0.221	0.221
326	1.579	0.156	-0.948	-0.943	0.224	0.210	0.182	0.182
327	1.800	0.129	-0.355	-0.354	0.225	0.209	0.199	0.199
328	1.579	0.067	-1.171	-1.164	0.224	0.206	0.174	0.174
329	0.951	0.031	-0.842	-0.838	0.220	0.208	0.186	0.186
330	1.579	0.175	-1.171	-1.164	0.224	0.210	0.174	0.174
331	1.579	0.151	-1.171	-1.164	0.224	0.210	0.174	0.174
332	1.623	0.364	-1.290	-1.283	0.224	0.213	0.170	0.170

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
333	1.800	-0.389	-0.740	-0.736	0.225	0.198	0.189	0.189
334	1.373	-0.281	-0.740	-0.736	0.223	0.201	0.189	0.189
335	0.800	0.148	0.011	0.009	0.225	0.210	0.207	0.207
336	0.971	0.165	-1.171	-1.164	0.220	0.210	0.174	0.174
337	1.373	-0.205	-0.740	-0.736	0.223	0.203	0.189	0.189
338	0.833	-0.140	-0.740	-0.736	0.219	0.204	0.189	0.189
339	1.579	-0.018	-0.080	-0.081	0.224	0.207	0.205	0.205
340	0.833	-0.028	-1.290	-1.283	0.219	0.206	0.170	0.170
341	1.800	-0.025	-1.080	-0.081	0.225	0.207	0.205	0.205
042	1.086	0.208	-0.842	-1.838	0.221	0.203	0.185	0.186
343	0.833	0.022	-0.842	-0.838	0.219	0.207	0.186	0.186
344	1.897	0.104	-0.740	-0.736	0.226	0.209	0.189	0.189
345	1.086	-0.015	-0.641	-0.638	0.221	0.207	0.192	0.192
346	1.579	-0.081	-1.290	-1.283	0.224	0.205	0.170	0.170
347	1.897	-0.087	-0.544	-0.541	0.226	0.205	0.194	0.194
348	1.897	-0.119	-0.171	-0.171	0.226	0.205	0.203	0.203
349	1.191	-0.047	-1.416	-1.409	0.222	0.208	0.165	0.165
350	0.817	-0.529	-0.057	-0.051	0.219	0.195	0.178	0.178
351	0.951	-0.216	-1.416	-1.409	0.220	0.211	0.165	0.165
352	1.579	-0.183	-1.290	-1.283	0.224	0.210	0.170	0.170
353	1.579	-0.230	-1.740	-1.736	0.224	0.202	0.189	0.189

ตาราง 10 (ต่อ)

คนปี	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
354	0.833	-0.559	-1.416	-1.409	0.219	0.194	0.165	0.165
355	1.579	-0.017	-0.740	-0.736	0.224	0.207	0.189	0.189
356	1.373	0.144	-1.550	-1.542	0.223	0.210	0.159	0.160
357	1.579	-0.650	-1.550	-1.542	0.224	0.217	0.159	0.160
358	1.373	-0.117	-0.948	-0.943	0.223	0.203	0.182	0.182
359	0.2971	-0.136	-0.842	-0.838	0.220	0.204	0.186	0.186
360	1.086	-0.204	-0.948	-0.943	0.221	0.203	0.182	0.182
361	1.800	0.464	-1.171	-1.164	0.225	0.215	0.174	0.174
362	1.373	-0.012	-1.694	-1.685	0.223	0.207	0.15	0.154
363	1.280	-0.155	0.948	-1.943	0.223	0.204	0.182	0.182
364	1.800	-0.394	-1.416	-1.409	0.225	0.214	0.165	0.165
365	1.086	-0.010	-0.550	-0.542	0.221	0.207	0.160	0.160
366	1.897	-0.044	-0.740	-0.736	0.226	0.208	0.189	0.189
367	1.280	-0.244	-1.262	-1.262	0.223	0.202	0.201	0.201
368	1.800	-0.181	-0.842	-0.838	0.225	0.210	0.186	0.186
369	1.623	-0.129	-0.948	-0.943	0.224	0.209	0.182	0.182
370	1.971	-0.548	-1.290	-1.283	0.220	0.194	0.170	0.170
371	1.623	-0.041	-0.948	-0.943	0.224	0.206	0.182	0.182
372	1.897	-0.285	-1.740	-1.736	0.226	0.212	0.189	0.189
373	1.800	-0.071	-1.842	-1.838	0.225	0.208	0.186	0.186
374	1.280	-0.441	-1.290	-1.283	0.223	0.197	0.170	0.170

ตาราง 10 (ต่อ)

คนเฒ่า	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
375	1.373	-0.220	-1.171	-1.164	0.223	0.202	0.174	0.174
376	1.897	-0.095	-0.641	-0.638	0.226	0.205	0.192	0.192
377	1.800	0.250	-1.171	-1.164	0.225	0.211	0.174	0.174
378	0.819	0.198	-1.694	-1.685	0.219	0.203	0.153	0.154
379	1.623	0.390	-1.550	-1.542	0.224	0.214	0.159	0.160
380	1.579	0.213	-1.146	-1.409	0.224	0.211	0.165	0.165
381	1.897	0.110	-1.171	-1.164	0.226	0.209	0.174	0.174
382	0.579	0.003	-1.146	-1.409	0.224	0.207	0.165	0.165
383	0.971	0.133	-0.740	-0.736	0.220	0.204	0.189	0.189
384	1.800	0.214	-1.057	-1.051	0.225	0.211	0.178	0.178
385	1.897	0.359	-2.215	-2.205	0.226	0.213	0.131	0.131
386	1.191	0.194	-0.842	-0.838	0.222	0.203	0.186	0.186
387	1.897	0.048	-0.641	-0.638	0.226	0.208	0.192	0.192
388	1.579	-0.437	-1.948	-1.943	0.224	0.197	0.182	0.182
389	1.579	-0.332	-0.641	-0.638	0.224	0.200	0.192	0.192
390	1.623	0.330	-0.948	-0.943	0.224	0.213	0.182	0.182
391	1.653	-0.297	-1.290	-1.283	0.217	0.201	0.170	0.170
392	0.373	-0.447	-1.416	-1.409	0.223	0.196	0.165	0.165
393	1.191	-0.126	-1.416	-1.409	0.222	0.209	0.165	0.165
394	1.280	0.066	-0.948	-1.943	0.223	0.208	0.182	0.182
395	1.579	-0.309	-1.550	-1.542	0.224	0.200	0.159	0.160

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
396	1.897	0.389	-1.416	-1.409	0.226	0.214	0.165	0.165
397	1.897	-0.111	-0.948	-0.943	0.226	0.205	0.182	0.182
398	1.879	0.062	-0.740	-0.736	0.226	0.208	0.189	0.189
399	1.879	-0.011	-1.416	-1.409	0.226	0.207	0.165	0.165
400	1.623	-0.154	-1.544	-0.541	0.224	0.204	0.194	0.194
401	1.897	-0.048	-0.544	-0.541	0.226	0.208	0.194	0.194
402	1.897	0.275	-0.740	-0.736	0.226	0.212	0.189	0.189
403	1.800	0.015	0.564	0.558	0.225	0.207	0.216	0.216
404	1.623	-0.136	-0.842	-0.838	0.224	0.209	0.186	0.186
405	1.623	-0.023	-0.449	-0.447	0.224	0.206	0.197	0.197
406	0.817	-0.377	1.011	-0.009	0.219	0.199	0.207	0.207
407	1.623	-0.197	-0.355	-0.354	0.224	0.203	0.199	0.199
408	1.623	-0.202	0.193	0.189	0.224	0.203	0.210	0.210
409	1.623	-0.202	-0.102	-0.099	0.224	0.203	0.209	0.209
410	1.800	0.044	-0.544	-0.541	0.225	0.208	0.194	0.194
411	1.897	0.376	-0.948	-0.943	0.226	0.213	0.182	0.182
412	1.579	-0.189	-0.262	-0.262	0.224	0.203	0.201	0.201
413	0.850	-1.559	-1.550	-0.542	0.219	0.194	0.159	0.160
414	1.623	-0.194	-0.102	-0.099	0.224	0.203	0.209	0.209
415	1.623	-0.170	-0.102	-0.099	0.224	0.204	0.201	0.201
416	1.623	-0.155	-0.262	-0.262	0.223	0.204	0.189	0.189

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
417	1.373	-0.158	-1.740	-0.736	0.224	0.210	0.189	0.189
418	1.623	0.161	-0.740	-0.736	0.224	0.203	0.209	0.209
419	1.623	-0.202	0.102	0.099	0.219	0.199	0.206	0.205
420	0.817	-0.351	-0.080	-0.081	0.223	0.202	0.192	0.192
421	1.373	-0.225	-0.641	-0.638	0.224	0.202	0.207	0.207
422	1.623	-0.249	0.193	-0.189	0.219	0.203	0.199	0.199
423	1.623	-0.226	0.011	0.009	0.225	0.201	0.203	0.203
424	0.817	-0.203	-0.355	-0.354	0.223	0.205	0.194	0.194
425	1.623	-0.249	0.193	0.189	0.219	0.199	0.207	0.207
426	1.800	-0.263	-0.171	-0.171	0.225	0.205	0.189	0.189
427	1.373	-0.119	-0.544	-0.541	0.220	0.201	0.206	0.205
428	1.623	0.249	0.193	-0.189	0.222	0.199	0.192	0.192
429	0.817	-0.377	-0.011	-0.009	0.226	0.205	0.201	0.201
430	1.800	-0.084	-0.740	-0.736	0.220	0.210	0.178	0.178
431	1.940	-0.269	-0.080	-0.081	0.221	0.203	0.174	0.174
432	1.191	-0.367	-0.641	-0.638	0.222	0.203	0.192	0.192
433	1.897	-0.098	-0.262	-0.262	0.221	0.198	0.178	0.178
434	0.951	0.151	-1.057	-1.051	0.226	0.209	0.197	0.197
435	1.086	-0.198	-1.171	-1.164	0.220	0.204	0.170	0.170
436	1.191	-0.175	-0.641	-0.638	0.220	0.203	0.165	0.165
437	1.086	-0.419	-1.057	-1.051	0.221	0.192	0.165	0.165

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	$\hat{\theta}$				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
438	1.897	0.132	-0.449	-0.447	0.225	0.205	0.194	0.194
439	0.971	-0.135	-1.290	-1.283	0.219	0.199	0.189	0.189
440	0.940	-0.175	-1.416	-1.409	0.224	0.211	0.197	0.197
441	1.086	-0.611	-1.416	-1.409	0.224	0.205	0.139	0.139
442	1.623	-0.208	-0.262	-0.262	0.214	0.185	0.147	0.147
443	1.800	-0.121	-0.544	-0.541	0.224	0.207	0.199	0.199
444	0.850	-0.369	-0.740	-0.736	0.224	0.210	0.165	0.165
445	1.579	0.199	-0.449	-0.447	0.224	0.203	0.178	0.178
446	1.897	0.104	-0.842	-0.838	0.224	0.205	0.205	0.205
447	1.579	-0.095	-2.023	-0.013	0.225	0.209	0.186	0.186
448	0.402	-0.870	-1.851	-1.841	0.226	0.211	0.197	0.197
449	1.579	-0.001	-0.355	-0.354	0.226	0.206	0.186	0.186
450	1.579	0.194	1.416	-1.409	0.226	0.210	0.174	0.174
451	1.579	-0.175	-1.057	-1.051	0.220	0.198	0.174	0.174
452	1.623	-0.114	-0.080	-0.081	0.220	0.200	0.170	0.170
453	1.800	0.095	-0.842	-0.838	0.226	0.215	0.159	0.160
454	1.897	0.202	-0.449	-0.447	0.225	0.205	0.170	0.170
455	1.897	-0.037	-0.842	-0.838	0.219	0.206	0.178	0.178
456	1.897	0.159	-1.164	-1.164	0.226	0.208	0.170	0.170
457	1.940	-0.396	-1.171	-1.283	0.226	0.206	0.199	0.199
458	1.940	-0.322	-1.290	-1.542	0.225	0.208	0.174	0.174

ตาราง 10 (ต่อ)

คนไข้	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
459	1.897	0.483	-1.550	-1.542	0.226	0.208	0.199	0.199
460	1.800	-0.085	-1.290	-1.283	0.221	0.207	0.178	0.178
461	0.850	-0.038	-1.057	-1.051	0.226	0.206	0.189	0.189
462	1.897	0.066	-1.290	-1.283	0.220	0.200	0.197	0.197
463	1.897	-0.047	-0.355	-0.354	0.224	0.205	0.197	0.197
464	1.800	0.070	-1.171	-1.164	0.224	0.205	0.210	0.210
465	1.897	0.066	-0.355	-0.354	0.226	0.208	0.197	0.197
466	1.146	0.001	-1.057	-1.051	0.226	0.210	0.194	0.194
467	1.897	-0.027	-0.740	-0.736	0.226	0.212	0.201	0.201
468	0.971	-0.310	-0.449	-0.447	0.224	0.206	0.165	0.165
469	1.579	-0.110	-0.449	-0.447	0.226	0.211	0.197	0.197
470	1.579	-0.112	0.193	-0.189	0.226	0.212	0.192	0.192
471	1.897	0.076	-0.449	-0.447	0.226	0.212	0.189	0.189
472	1.879	0.175	-0.544	-0.541	0.224	0.209	0.189	0.189
473	1.579	-0.052	-1.416	-1.409	0.225	0.211	0.186	0.186
474	1.897	0.255	-0.449	-0.447	0.224	0.208	0.182	0.182
475	1.897	0.302	-0.641	-0.638	0.226	0.209	0.174	0.174
476	1.879	0.308	-0.740	-0.736	0.225	0.209	0.189	0.189
477	1.579	0.101	-0.740	-0.736	0.225	0.207	0.209	0.209
478	1.800	0.215	-0.842	-0.838	0.226	0.211	0.194	0.194

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
479	1.579	0.043	-0.948	-0.943	0.224	0.214	0.174	0.174
480	1.897	0.082	-1.171	1.164	0.224	0.211	0.178	0.178
481	1.800	0.131	-0.740	-0.736	0.226	0.209	0.192	0.192
482	1.800	0.025	-0.102	-0.099	0.224	0.204	0.206	0.205
483	1.897	0.255	-0.544	-0.541	0.220	0.200	0.201	0.201
484	1.579	0.415	-1.171	-1.164	0.223	0.204	0.199	0.199
485	1.579	0.209	-1.051	-1.051	0.226	0.206	0.186	0.186
486	1.897	0.132	-0.641	-0.638	0.222	0.206	0.165	0.165
487	1.579	-0.145	-0.080	-1.081	0.221	0.205	0.194	0.194
488	1.971	-0.306	-0.262	-0.262	0.220	0.202	0.197	0.197
489	1.373	-0.157	-0.355	-0.354	0.224	0.206	0.209	0.209
490	1.897	-0.031	-0.842	-0.838	0.219	0.204	0.192	0.192
461	1.086	-0.092	-0.544	-0.541	0.225	0.208	0.194	0.194
492	0.040	-0.225	-0.449	-0.447	0.223	0.209	0.174	0.174
493	1.579	-0.035	0.102	0.099	0.097	0.097	0.097	0.097
494	0.817	-0.158	-0.641	-0.638	0.097	0.097	0.097	0.097
495	1.800	-0.077	-0.544	-0.541	0.097	0.097	0.097	0.097
496	1.373	-0.118	-1.171	-1.164	0.097	0.097	0.097	0.097
497	1.940	-0.036	-0.544	-0.541	0.221	0.211	0.165	0.165
498	1.800	-0.140	-0.171	-0.171	0.226	0.210	0.174	0.174
499	1.897	-0.373	-0.641	-0.638	0.226	0.206	0.178	0.178

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
500	0.940	-0.041	-0.544	-0.541	0.226	0.212	0.189	0.189
501	1.146	-1.195	-1.416	-1.409	0.226	0.210	0.189	0.189
502	1.897	0.160	-1.171	-1.164	0.226	0.212	0.186	0.186
503	1.897	-0.026	-1.057	-1.051	0.226	0.212	0.189	0.189
504	1.897	0.305	-0.740	-0.736	0.224	0.207	0.210	0.210
505	1.897	0.169	0.740	-0.736	0.220	0.202	0.186	0.186
506	1.897	0.300	-5.842	-0.838	0.224	0.207	0.207	0.207
507	1.897	0.305	-0.740	-0.736	0.223	0.201	0.197	0.197
508	1.623	0.003	0.193	0.189	0.220	0.202	0.186	0.186
509	1.940	-0.258	-0.842	-0.383	0.220	0.198	0.189	0.189
510	0.623	0.024	0.011	0.009	0.224	0.210	0.199	0.199
511	1.280	-0.292	-0.449	-0.447	0.220	0.202	0.182	0.182
512	1.940	-0.258	-0.842	-0.838	0.224	0.206	0.203	0.203
513	1.940	-0.383	-0.740	-0.736	0.224	0.210	0.205	0.205
514	1.623	0.190	-0.355	-0.354	0.223	0.204	0.199	0.199
515	0.940	-0.222	-0.948	-0.943	0.225	0.208	0.201	0.201
516	1.623	-0.066	-0.171	-0.171	0.226	0.208	0.203	0.203
517	1.623	0.159	-0.080	-0.081	0.219	0.206	0.170	0.170
518	1.280	0.130	-0.355	-0.354	0.225	0.208	0.170	0.170
519	1.800	0.057	-0.262	-0.262	0.220	0.206	0.182	0.182
520	1.897	0.054	-0.171	-0.171	0.225	0.211	0.192	0.192

ตาราง 10 (ต่อ)

คนไข้	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
521	0.850	-0.040	-1.290	-1.283	0.225	0.206	0.174	0.174
522	1.800	0.062	-1.290	-1.283	0.223	0.207	0.178	0.178
523	0.951	-0.057	-0.948	-0.943	0.223	0.211	0.182	0.182
524	1.800	0.207	-0.641	-0.638	0.223	0.205	0.165	0.165
525	1.800	-0.030	-1.171	-1.164	0.226	0.208	0.197	0.197
526	1.373	0.005	-1.057	-1.051	0.222	0.208	0.178	0.178
527	1.373	0.223	0.948	-0.943	0.224	0.207	0.189	0.189
528	1.373	-0.112	-1.416	-1.409	0.219	0.203	0.182	0.182
529	1.897	0.061	1.449	0.447	0.220	0.205	0.197	0.197
530	1.191	0.052	-1.057	-1.051	0.224	0.199	0.182	0.182
531	1.579	0.018	-0.740	-0.736	0.220	0.208	0.174	0.174
532	0.850	-0.173	-0.948	-0.943	0.225	0.207	0.189	0.189
533	0.940	-0.112	-0.449	-0.447	0.225	0.210	0.197	0.197
534	1.623	-0.119	-0.948	-0.943	0.226	0.208	0.186	0.186
535	0.971	-0.363	-1.171	-1.164	0.224	0.212	0.197	0.197
536	1.800	0.071	-0.740	-0.736	0.226	0.199	0.160	0.160
537	1.800	0.029	-0.449	-0.447	0.226	0.206	0.174	0.174
538	1.897	0.149	4.842	-0.838	0.226	0.206	0.154	0.154
539	1.623	0.076	-0.449	-0.447	0.226	0.201	0.160	0.160
540	1.897	-0.314	-1.550	-1.542	0.226	0.211	0.154	0.154
541	1.897	-0.371	-1.171	-1.164	0.226	0.205	0.139	0.139

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
542	1.897	-0.039	-1.694	-1.685	0.226	0.205	0.159	0.160
543	1.897	-0.028	-1.550	-1.542	0.220	0.205	0.165	0.165
544	1.897	-0.294	-1.694	-1.685	0.224	0.204	0.186	0.186
545	1.897	-0.228	-2.023	-2.013	0.226	0.208	0.170	0.170
546	1.897	-0.117	-1.550	-1.542	0.226	0.202	0.170	0.170
547	1.951	-0.117	-1.416	-1.409	0.221	0.205	0.165	0.165
548	1.579	-0.128	-0.842	-0.838	0.224	0.202	0.170	0.170
549	1.897	-0.038	-0.290	-1.283	0.225	0.210	0.199	0.199
550	1.897	-0.224	-0.290	-1.283	0.221	0.206	0.174	0.174
551	1.086	-0.087	-1.416	-1.409	0.221	0.213	0.110	0.110
552	1.623	-0.220	-1.290	-1.283	0.225	0.213	0.147	0.147
553	1.800	0.182	-0.355	-0.354	0.225	0.215	0.170	0.170
554	1.086	0.071	-1.171	-1.164	0.225	0.215	0.186	0.186
555	1.086	0.342	-2.699	-2.689	0.226	0.209	0.147	0.147
556	1.800	0.528	-1.290	-1.283	0.225	0.218	0.192	0.192
557	1.800	0.049	-0.842	-0.838	0.225	0.213	0.153	0.154
558	1.897	0.074	-1.851	-1.841	0.226	0.208	0.217	0.217
559	1.800	0.087	-0.641	-0.638	0.226	0.208	0.218	0.218
560	1.800	0.341	-1.694	-1.685	0.223	0.207	0.159	0.160
561	1.897	0.044	-0.660	-0.654	0.225	0.205	0.154	0.154
562	1.897	0.051	-0.758	-0.751	0.221	0.210	0.153	0.154

ตาราง 10 (ต่อ)

คน	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
563	1.373	-0.017	-1.550	-1.542	0.226	2.208	0.209	0.209
564	1.800	0.493	-1.694	-1.685	0.226	0.208	0.220	0.220
565	1.086	0.183	-1.694	-1.685	0.220	0.203	0.170	0.170
566	1.897	0.055	0.102	-0.099	0.220	0.209	0.147	0.147
567	1.897	0.036	-0.963	-0.955	0.226	0.207	0.220	0.220
568	1.971	-0.205	-1.290	-0.283	0.226	0.207	0.216	0.216
569	1.971	0.080	-1.851	-0.841	0.224	0.208	0.160	0.160
570	1.897	0.012	0.963	-0.955	0.226	0.207	0.220	0.220
571	1.897	0.023	0.564	-0.558	0.226	0.206	0.186	0.186
572	1.623	0.035	-1.550	-0.542	0.222	0.208	0.165	0.165
573	1.897	0.012	0.963	-0.955	0.222	0.210	0.165	0.165
574	1.897	-0.060	-0.842	-0.838	0.226	0.208	0.186	0.186
575	1.191	0.059	-1.416	-0.409	0.220	0.207	0.178	0.178
576	1.191	0.185	-1.416	-0.409	0.226	0.207	0.219	0.219
577	1.897	0.054	-1.842	-0.838	0.226	0.208	0.221	0.221
578	1.971	-0.017	-0.057	-0.051	0.226	0.208	0.221	0.221
579	1.897	0.007	-0.856	-0.852	0.224	0.206	0.216	0.216
580	1.897	0.046	-0.070	-1.062	0.226	0.209	0.218	0.218
581	1.897	0.048	-0.070	-1.062	0.224	0.207	0.215	0.215
582	1.579	-0.031	-0.564	-0.558	0.226	0.207	0.212	0.212
583	1.897	0.114	-0.758	-0.751	0.226	0.207	0.220	0.220

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
584	1.579	0.002	0.469	0.464	0.224	0.206	0.217	0.217
585	1.897	0.028	0.284	0.280	0.224	0.206	0.218	0.218
586	1.897	0.052	0.963	0.955	0.223	0.211	0.178	0.178
587	1.579	0.059	0.660	-0.654	0.226	0.207	0.218	0.218
588	1.623	-0.048	-0.758	-0.751	0.226	0.208	0.220	0.220
589	1.280	0.219	-1.057	-1.051	0.226	0.206	0.210	0.210
590	1.897	-0.010	-0.758	-0.751	0.226	0.207	0.216	0.216
591	1.897	-0.041	-0.936	-0.955	0.224	0.207	0.197	0.197
592	1.897	-0.041	-0.193	-0.189	0.224	0.205	0.189	0.189
593	1.897	0.051	0.564	-0.558	0.226	0.204	0.206	0.205
594	1.623	-0.006	-0.449	-0.447	0.226	0.208	0.201	0.201
595	1.623	-0.095	-0.740	-0.736	0.226	0.201	0.201	0.201
596	1.897	-0.140	-0.080	-0.081	0.220	0.201	0.153	0.154
597	1.897	0.050	-0.262	-0.262	0.226	0.208	0.223	0.223
598	1.897	-0.262	-0.262	-0.262	0.226	0.208	0.223	0.223
599	0.951	-0.268	1.694	-1.685	0.226	0.209	0.221	0.221
600	1.897	0.041	1.299	1.291	0.226	0.206	0.199	0.199
601	1.897	0.065	1.299	1.291	0.224	0.207	0.194	0.194
602	1.897	1.094	1.070	-1.062	0.226	0.208	0.197	0.197
603	1.897	-0.025	-0.355	-0.354	0.226	0.208	0.210	0.210
604	1.623	-0.003	-0.544	-0.541	0.220	0.205	0.194	0.194

ตาราง 10 (ต่อ)

คนไข้	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
605	1.897	0.035	-0.449	-0.447	0.220	0.197	0.182	0.182
606	1.897	0.038	0.193	0.189	0.222	0.203	0.197	0.197
607	0.951	-0.083	-0.544	-0.541	0.226	0.208	0.197	0.197
608	0.951	-0.447	-0.948	-0.943	0.226	0.204	0.197	0.197
609	1.191	-0.198	-0.449	-0.447	0.222	0.204	0.170	0.170
610	1.897	0.041	-0.449	-0.447	0.224	0.206	0.218	0.218
611	1.897	-0.162	0.449	-0.447	0.224	0.204	0.212	0.212
612	1.191	-0.134	1.290	-0.283	1.226	0.208	0.217	0.217
613	1.623	-0.075	0.758	-0.751	0.226	0.206	0.219	0.219
614	1.623	-0.128	0.284	-0.280	0.224	0.206	0.194	0.194
615	1.897	-0.046	0.660	-0.654	0.221	0.206	0.215	0.215
616	1.623	-0.053	0.856	-0.852	0.226	0.206	0.220	0.220
617	1.146	-0.055	0.554	-0.541	0.224	0.210	0.170	0.170
618	1.897	-0.044	0.469	-0.464	0.224	0.208	0.218	0.218
619	1.623	-0.032	0.963	-0.955	0.226	0.207	0.217	0.217
620	1.623	-0.186	0.290	-1.283	0.226	0.208	0.217	0.217
621	1.623	-0.066	0.758	-0.751	0.226	0.209	0.220	0.220
622	1.897	-0.024	0.660	-0.654	0.226	0.209	0.209	0.209
623	1.897	-0.046	0.660	-0.654	0.226	0.207	0.210	0.210
624	1.897	-0.083	0.963	-0.955	0.224	0.207	0.220	0.220
625	1.897	-0.091	0.102	-0.099	0.226	0.206	0.199	0.199

ตาราง 10 (ต่อ)

คนไข้	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
626	1.897	0.013	0.193	-0.189	0.226	0.208	0.207	0.207
627	1.623	0.003	0.963	-0.995	0.226	0.212	0.192	0.192
628	1.897	0.048	-0.355	-0.354	0.226	0.211	0.192	0.192
629	1.897	0.051	0.011	-0.009	0.225	0.207	0.207	0.207
630	1.897	0.259	0.641	-0.638	0.225	0.204	0.182	0.182
631	1.897	0.253	0.641	-0.638	0.225	0.206	0.213	0.213
632	1.800	0.016	0.011	-0.009	0.220	0.203	0.206	0.205
633	1.800	-0.160	-0.948	-0.943	0.220	0.207	0.174	0.174
634	1.800	0.030	0.376	-0.372	0.220	0.206	0.194	0.194
635	0.971	-0.172	-0.080	-0.081	0.226	0.208	0.217	0.217
636	0.971	0.024	-0.171	-0.164	0.224	0.207	0.194	0.194
637	0.971	-0.067	-0.544	-0.541	0.221	0.207	0.213	0.213
638	1.897	0.037	0.660	0.654	0.226	0.207	0.219	0.219
637	1.623	-0.009	-0.544	-0.541	0.226	0.206	0.210	0.210
640	1.086	0.014	0.376	-0.372	0.226	0.208	0.192	0.192
641	1.897	0.019	0.859	-0.852	0.223	0.201	0.182	0.182
642	1.897	0.077	0.932	-0.189	0.220	0.203	0.178	0.178
643	1.897	-0.053	-0.641	-0.638	0.224	0.207	0.182	0.182
644	1.373	-0.273	-0.948	-0.943	0.226	0.209	0.159	0.160
645	1.951	-0.205	-1.057	-1.051	0.220	0.206	0.174	0.174
646	1.623	0.019	-0.948	-0.943	0.226	0.209	0.192	0.192

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
647	1.897	0.134	-1.550	-1.542	0.226	0.208	0.192	0.192
648	0.940	-0.080	-1.171	-1.164	0.223	0.203	0.174	0.174
649	1.897	0.136	-0.641	-0.638	0.224	0.205	0.186	0.186
650	1.897	0.052	-0.641	-0.638	0.226	0.207	0.203	0.203
651	1.373	0.211	-1.171	-1.164	0.224	0.206	0.213	0.213
652	1.623	0.023	-0.842	-0.838	0.221	0.205	0.210	0.210
653	1.897	0.022	-0.171	-0.171	0.223	0.205	0.182	0.182
654	1.623	0.032	0.376	-0.372	0.226	0.206	0.213	0.213
555	1.146	0.098	0.193	-0.189	0.226	0.203	0.205	0.205
656	1.373	-0.085	-0.948	-0.943	0.223	0.208	0.186	0.186
657	1.897	0.045	0.376	-0.372	0.224	0.216	0.165	0.165
658	1.373	0.039	-0.842	-0.838	0.224	0.204	0.207	0.207
659	1.623	0.586	0.416	-1.409	0.226	0.206	0.199	0.199
660	1.579	-0.152	0.001	0.009	0.225	0.203	0.203	0.203
661	1.897	-0.072	-0.355	-0.354	0.219	0.206	0.192	0.192
662	1.800	-0.184	-0.171	-0.171	0.223	0.207	0.206	0.205
663	0.850	-0.026	-0.641	-0.638	0.226	0.209	0.212	0.212
664	1.373	0.016	-0.080	-0.081	0.220	0.203	0.199	0.199
665	1.897	0.096	0.284	0.280	0.226	0.209	0.219	0.219
666	0.951	0.180	-0.355	-0.354	0.226	0.209	0.224	0.224
667	1.897	-0.094	-0.859	0.852	0.226	0.207	0.222	0.222

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
668	1.897	0.110	1.553	1.545	0.224	0.203	0.201	0.201
669	1.897	0.017	1.182	1.174	0.226	0.207	0.218	0.218
670	1.579	-0.193	0.262	0.262	0.221	0.205	0.215	0.215
670	1.897	-0.011	0.758	0.751	0.226	0.208	0.210	0.210
672	1.086	-0.117	0.469	0.464	0.225	0.205	0.207	0.207
673	1.897	-0.065	0.193	0.189	0.224	0.206	0.213	0.213
674	1.800	-0.065	0.011	0.009	0.226	0.208	0.216	0.216
675	1.623	-0.089	0.376	0.372	0.220	0.204	0.203	0.203
676	1.897	0.068	0.564	0.558	0.220	0.202	0.189	0.189
677	0.940	-0.140	-0.171	-0.171	0.220	0.203	0.199	0.199
678	0.951	-0.230	-0.740	-0.736	0.223	0.210	0.186	0.186
679	0.951	-0.186	-0.355	-0.354	0.222	0.208	0.197	0.197
680	1.373	0.167	-0.842	-0.838	0.224	0.207	0.199	0.199
681	1.191	0.075	-0.449	-0.447	0.223	0.213	0.159	0.160
862	1.623	-0.011	-0.355	-0.354	0.224	0.207	0.165	0.165
683	1.280	0.352	1.550	-1.542	0.225	0.207	0.153	0.154
684	1.623	0.025	1.416	-1.409	0.224	0.206	0.159	0.160
685	1.800	-0.018	-1.694	-1.685	0.224	0.209	0.159	0.160
686	1.623	-0.031	-1.550	-1.542	0.224	0.210	0.178	0.178
687	1.579	-0.099	-1.550	-1.542	0.221	0.201	0.170	0.170
688	1.579	-0.168	-1.057	-1.051	0.223	0.200	0.159	0.160

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
689	1.146	-0.273	-1.290	0.283	0.221	0.203	0.174	0.174
690	1.373	-0.313	-1.550	0.542	0.222	0.202	0.178	0.178
691	1.086	-0.167	-1.171	0.164	0.223	0.208	0.182	0.182
692	1.191	-0.233	-1.057	-1.051	0.223	0.200	0.194	0.194
693	1.373	0.036	-0.948	-0.943	0.223	0.201	0.159	0.160
694	1.280	-0.326	-0.544	-0.541	0.223	0.203	0.178	0.178
695	1.373	-0.302	-1.550	-1.542	0.220	0.206	0.178	0.178
696	1.373	-0.205	-1.057	-1.051	0.226	0.207	0.170	0.170
697	0.940	-0.037	-1.057	-1.051	0.224	0.202	0.199	0.199
698	1.897	-0.005	-1.290	-1.283	0.220	0.199	0.194	0.194
699	1.623	-0.228	-0.355	-0.254	0.224	0.205	0.206	0.205
700	1.579	-0.092	-0.080	-0.081	0.225	0.206	0.197	0.197
701	1.897	0.242	-0.355	-0.354	0.226	0.211	0.199	0.199
702	1.800	0.428	-1.171	-1.164	0.225	0.214	0.174	0.174
703	1.800	0.182	-1.057	-1.051	0.225	0.210	0.178	0.178
704	0.951	-0.098	-0.842	-0.838	0.220	0.205	0.186	0.186
705	0.850	-0.243	-1.290	-1.283	0.219	0.202	0.170	0.170
706	0.850	-0.239	-1.171	-1.164	0.219	0.202	0.174	0.174
707	1.623	0.068	-0.740	-0.736	0.224	0.208	0.189	0.189
708	0.850	-0.407	-1.550	-1.542	0.219	0.198	0.159	0.160
709	0.940	-0.496	-1.416	-1.409	0.220	0.196	0.165	0.165

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	θ				RMSE			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
710	0.940	-0.746	-1.416	-1.409	0.220	0.189	0.165	0.165
711	0.940	-0.659	-1.290	-1.283	0.220	0.191	0.170	0.170
712	0.940	-0.746	-1.416	-1.409	0.220	0.189	0.165	0.165
713	0.740	-0.417	-1.694	-1.685	0.220	0.198	0.153	0.154
714	0.850	-0.175	-1.057	-1.051	0.219	0.203	0.178	0.178
715	0.951	-0.077	-0.641	-0.638	0.220	0.206	0.192	0.192
716	0.940	-0.309	-1.550	-1.542	0.220	0.200	0.160	0.160
717	0.951	-0.096	-0.740	-0.736	0.220	0.205	0.189	0.189
718	0.971	-0.349	-1.416	-1.409	0.220	0.199	0.165	0.165
719	1.897	-0.008	-0.842	-0.838	0.226	0.207	0.186	0.186
720	1.623	-0.123	-0.641	-0.638	0.224	0.205	0.192	0.192
MEAN	-1.524	-0.037	-0.716	-0.713	0.222	0.205	0.185	0.185
S.D	0.361	0.211	0.676	0.672	0.040	0.071	0.008	0.008

ภาคผนวก ข

ค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันและค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่ประมาณค่าความสามารถ ด้วยวิธีประมาณค่าตามค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ย ความยากของข้อที่ทำถูก วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข และ วิธีประมาณค่าตามวิธีพรีออกซ์

ตาราง 11 ค่าฟังก์ชันอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบ (TIF) ที่ประมาณค่าความสามารถตาม
ค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดที่ทำถูก (MOST) วิธีประมาณค่าตามค่าเฉลี่ยความยากของ
ข้อที่ทำถูก (MEANb) วิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบไม่มีเงื่อนไข
(UCON) และวิธีประมาณค่าตามวิธีพริกซ์ (PROX) ที่ระดับความสามารถ ตั้งแต่ -4.00
ถึง 4.00 จำนวน 81 ระดับความสามารถ

ระดับ ความสามารถ	TIF			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
-4.00	0.4341	0.4341	0.4277	0.4235
-3.90	0.5105	0.5105	0.5033	0.4985
-3.80	0.5995	0.5995	0.5917	0.5862
-3.70	0.7030	0.7030	0.6947	0.6882
-3.60	0.8228	0.8228	0.8142	0.8069
-3.50	0.9610	0.9610	0.9527	0.9443
-3.40	1.1198	1.1198	1.1124	1.1029
-3.30	1.3014	1.3014	1.2960	1.2854
-3.20	1.5079	1.5079	1.5062	1.4943
-3.10	1.7413	1.7413	1.7456	1.7325
-3.00	2.0035	2.0035	2.0171	2.0028
-2.90	2.2960	2.2960	2.3236	2.3081
-2.80	2.6200	2.6200	2.6678	2.6512
-2.70	2.9762	2.9762	3.0526	3.0351
-2.60	2.3650	3.3650	3.4811	3.4628
-2.50	3.7864	3.7864	3.9565	3.9376
-2.40	4.2401	4.2401	4.4823	4.4630

ตาราง 11 (ต่อ)

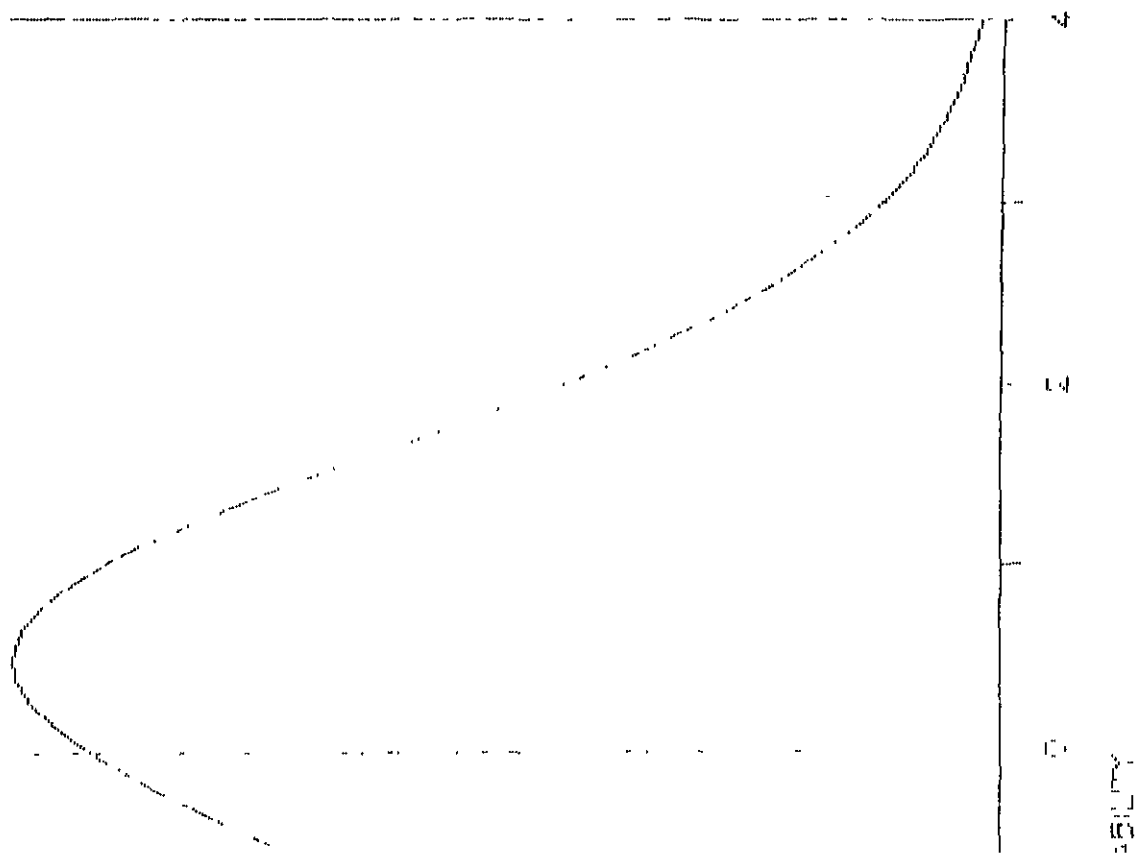
ระดับ ความสามารถ	TIF			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
-2.30	4.7258	4.7258	5.0625	5.0430
-2.20	5.2432	5.2432	5.7018	5.6882
-2.10	5.7923	5.7923	6.4050	6.3856
-2.00	6.3733	6.3733	7.1776	7.1584
-1.90	6.9871	6.9871	8.0245	8.0046
-1.80	7.6344	7.6344	8.9500	8.9316
-1.70	8.3164	8.3164	9.9567	9.9392
-1.60	9.0343	9.0343	11.0447	11.0283
-1.50	9.7890	9.7890	12.2106	12.1960
-1.40	10.5811	10.5811	13.4468	13.4346
-1.30	11.4110	11.4110	14.7411	14.7324
-1.20	12.2783	12.2783	16.0768	16.0725
-1.10	13.1820	13.1820	17.4328	17.4341
-1.00	14.1201	14.1201	18.7852	18.7931
-0.90	15.0896	15.0896	20.1079	20.1234
-0.80	16.0861	16.0861	21.3746	21.3986
-0.70	17.1033	17.1033	22.5603	22.5931
-0.60	18.1326	18.1326	23.6423	23.6839
-0.50	19.1632	19.1632	24.6012	24.6513
-0.40	20.1815	20.1815	25.4213	25.4789
-0.30	21.1711	21.1711	26.0904	26.1543

ตาราง 11 (ต่อ)

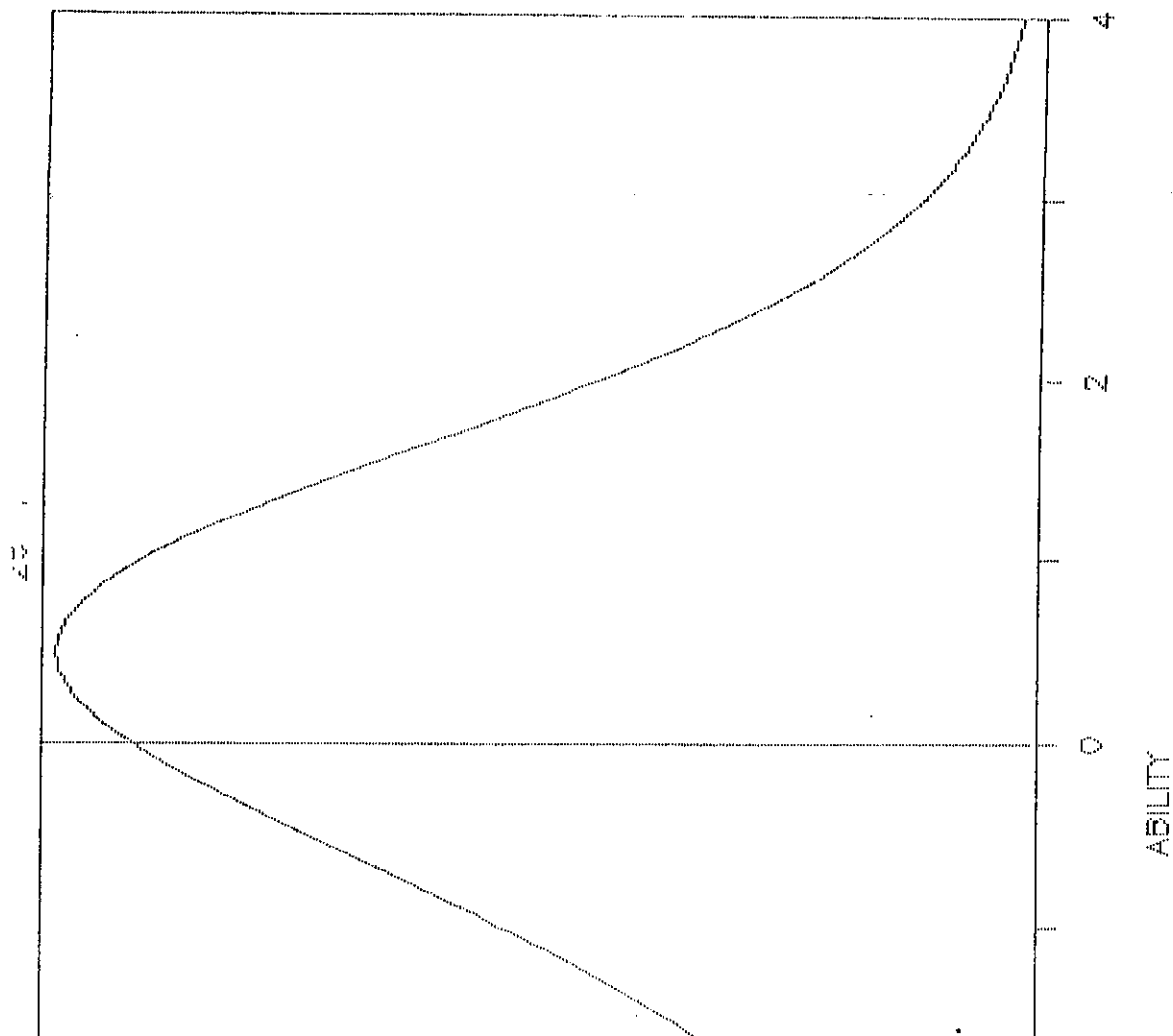
ระดับ ความสามารถ	TIF			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
-0.20	22.1133	22.1133	26.5996	26.6681
-0.10	22.9876	22.9876	26.9423	27.0136
0.00	23.7723	23.7723	27.1142	27.1862
0.10	24.4458	24.4458	27.1125	27.1831
0.20	24.9876	24.9876	26.9360	27.0032
0.30	25.7293	25.3793	26.5854	26.6474
0.40	21.6059	25.6059	26.0636	26.1188
0.50	25.6568	25.6568	25.3767	25.4238
0.60	25.5257	25.5257	24.5342	24.5723
0.70	25.2118	25.2118	23.5493	23.5779
0.80	24.7196	24.7196	22.4395	22.4583
0.90	24.0582	24.0582	21.2245	21.2343
1.00	23.2420	23.2420	19.9284	19.9295
1.10	22.2889	22.2889	18.5756	18.5689
1.20	21.2197	21.2197	17.1911	17.1777
1.30	20.0573	20.0573	15.7991	15.7802
1.40	18.8254	18.8254	14.4220	14.3986
1.50	17.5474	17.5474	13.0794	13.0527
1.60	16.2458	16.2458	11.7878	11.7590
1.70	14.9415	14.9415	10.5607	10.5306
1.80	13.6532	13.6532	9.4078	9.3774
1.90	12.3973	12.3973	8.3359	8.3058

ตาราง 11 (ต่อ)

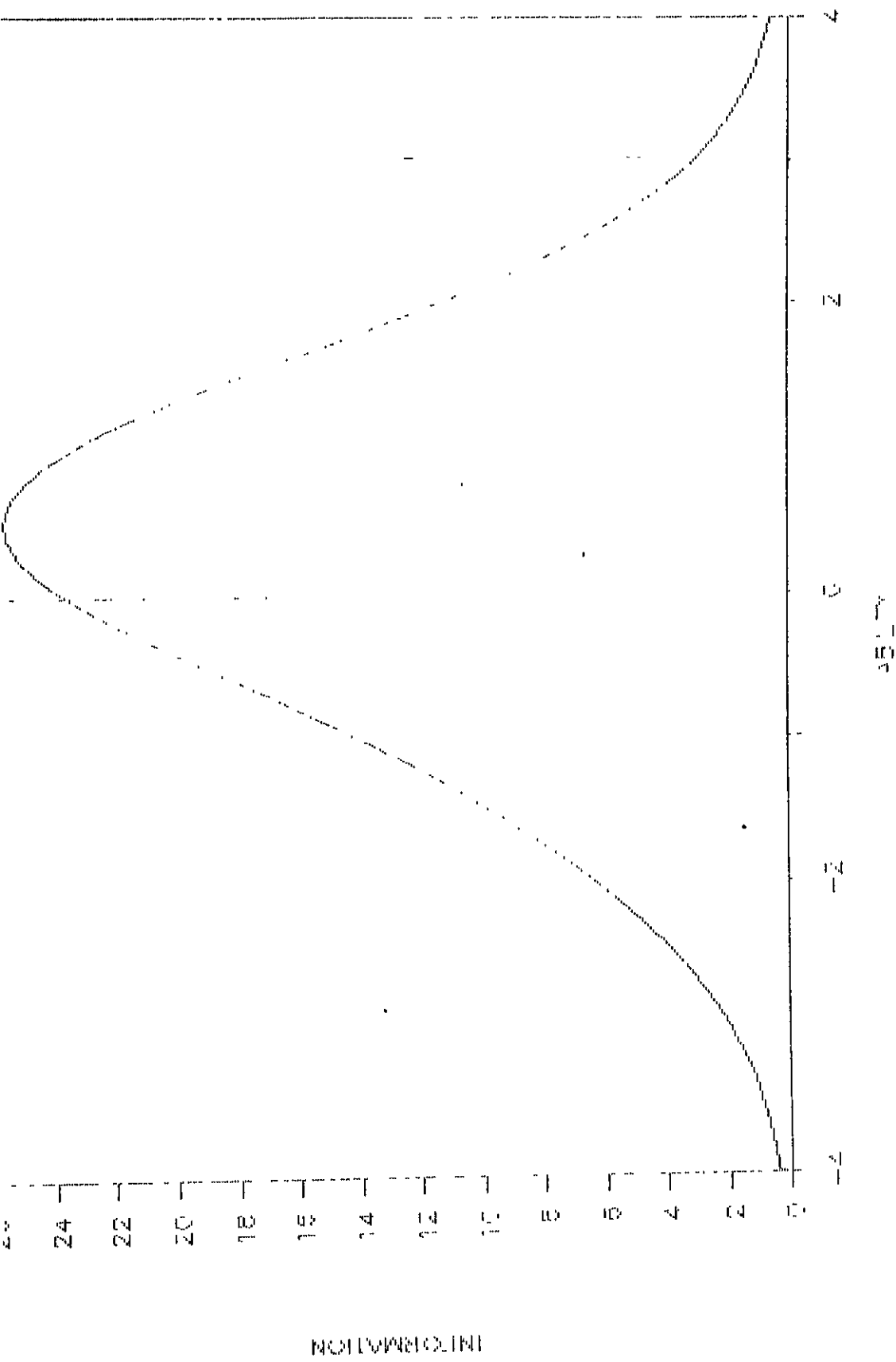
ระดับ ความสามารถ	TIF			
	MOSTb	MEANb	UCON	PROX
2.00	11.1880	11.1880	7.3489	7.3198
2.10	10.0366	10.0366	6.4483	6.4206
2.20	8.9520	8.9520	5.6332	5.6073
2.30	7.9409	7.9409	4.9013	4.8774
2.40	7.0073	7.0073	4.2487	4.2268
2.50	6.1532	6.1532	3.6706	3.6508
2.60	5.3785	5.3785	3.1616	3.1438
2.70	4.6816	4.6816	2.7157	2.6999
2.80	4.0594	4.0594	2.3270	2.3131
2.90	3.5075	3.5075	1.9898	1.9775
3.00	3.0213	3.0213	1.6982	1.6875
3.10	2.5951	2.5951	1.4469	1.4377
3.20	2.2236	2.2236	1.2311	1.2231
3.30	1.9012	1.9012	1.0462	1.0993
3.40	1.6224	1.6224	0.8881	0.8822
3.50	1.3822	1.3822	0.7532	0.7481
3.60	1.1759	1.1759	0.6383	0.6340
3.70	0.9992	0.9992	0.5405	0.5369
3.80	0.8481	0.8481	0.4575	0.4544
3.90	0.7192	0.7192	0.3870	0.3844
4.00	0.6094	0.6094	0.3273	0.3250



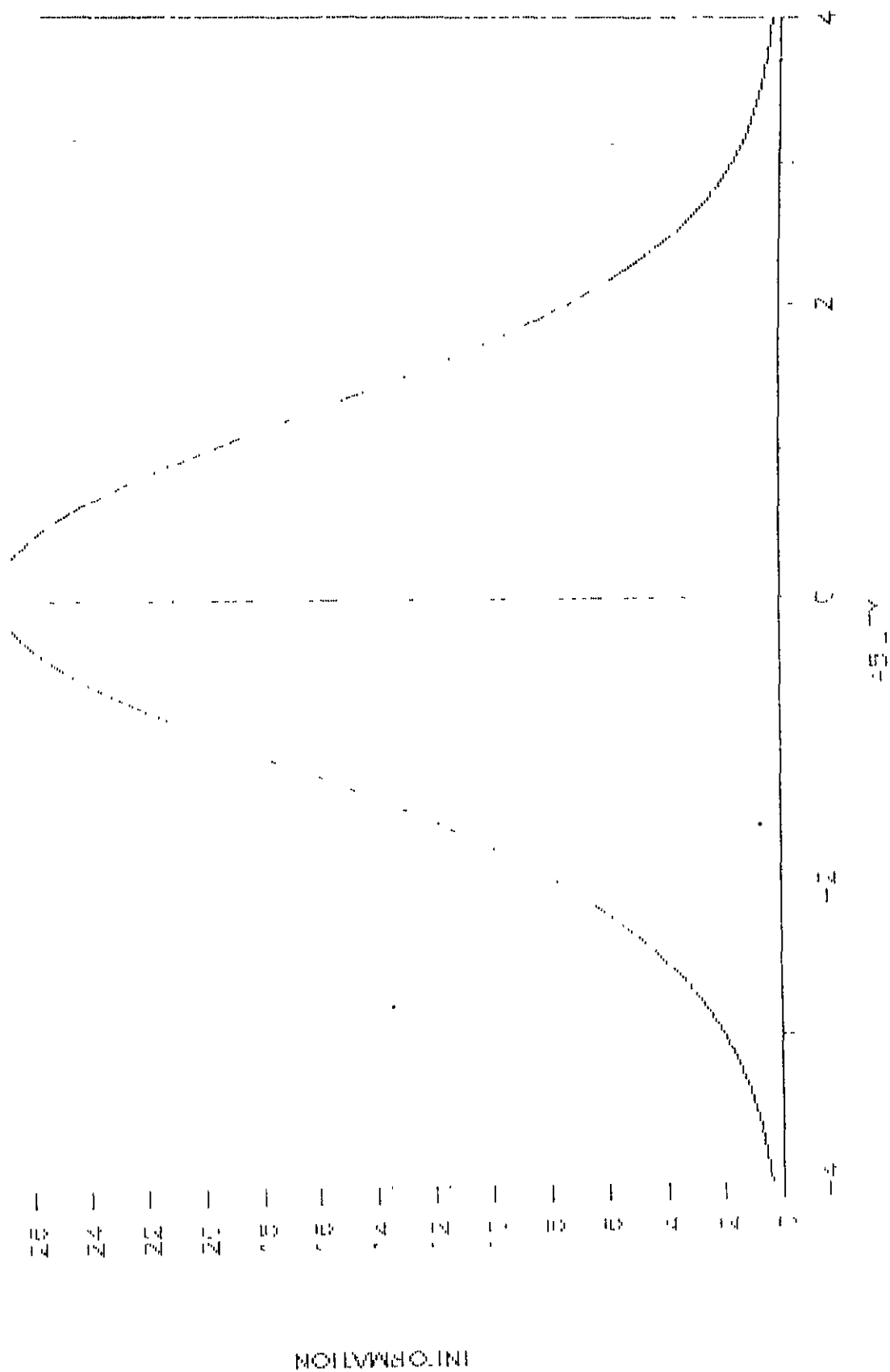
เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดทำถูก



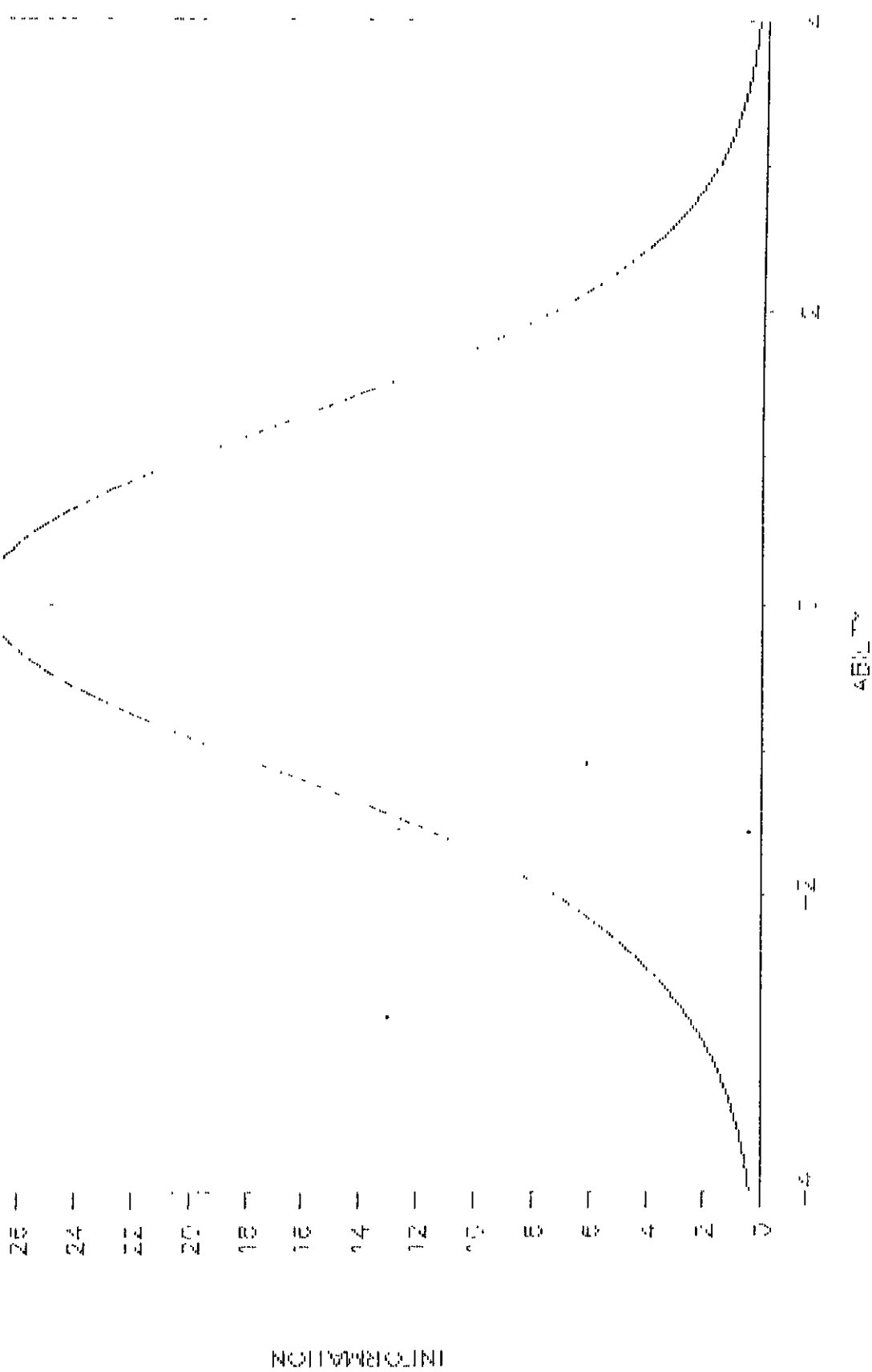
จึงสมมติค่าเป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าความยากของข้อที่ยากที่สุดทำถูก



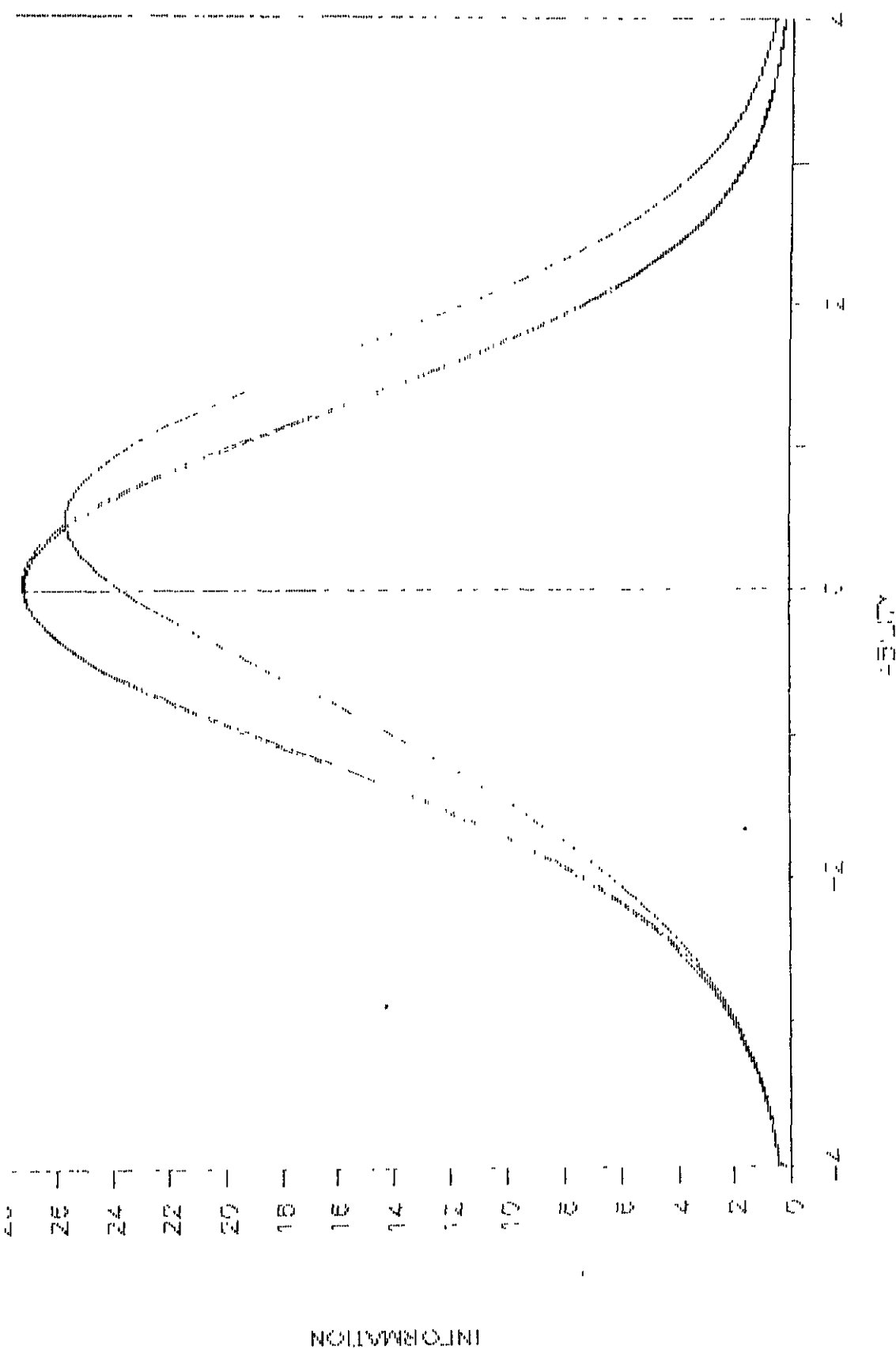
ภาพประกอบ 20 โค้งอินฟอร์เมชันของระบบทดสอบที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าความยากข้อสอบ



ภาพประกอบ 21 โค้งอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าโดยใช้วิธีความน่าจะเป็นไปได้อิสระแบบไม่เงื่อนไข



ภาพประกอบ 22 โค้งอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าความไวที่ร้อยละ



ภาพประกอบ 23 โค้งอินฟอร์เมชันของแบบทดสอบที่เป็นผลมาจากวิธีประมาณค่าทั้ง 4 วิธี

ภาคผนวก ค

ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการประมาณค่าความสามารถ เปรียบเทียบเป็นรายคู่

ตาราง 12 ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของผลการประมาณค่าความสามารถเปรียบเทียบเป็นรายคู่

θ	RE					
	MOSTb/ MEANb	MOSTb/ UCON	MCSTb/ PROX	MEANb/ UCON	MEANb/ PROX	UCON/ PROX
-4.00	1.0000	1.0150	1.0250	1.0150	1.0250	1.0099
-3.90	1.0000	1.0143	1.0241	1.0241	1.0241	1.0096
-3.80	1.0000	1.0132	1.0227	1.0227	1.0227	1.0093
-3.70	1.0000	1.0119	1.0215	1.0215	1.0215	1.0094
-3.60	1.0000	1.0106	1.0197	1.0197	1.0197	1.0098
-3.50	1.0000	1.0087	1.0177	1.0177	1.0177	1.0089
-3.40	1.0000	1.0067	1.0153	1.0153	1.0153	1.0086
-3.30	1.0000	1.0041	1.0124	1.0124	1.0124	1.0082
-3.20	1.0000	1.0011	1.0091	1.0091	1.0091	1.0080
-3.10	1.0000	0.9975	1.0051	1.0051	1.0051	1.0076
-3.00	1.0000	0.9933	1.0003	1.0003	1.0003	1.0071
-2.90	1.0000	0.9881	0.9948	0.9948	0.9948	1.0067
-2.80	1.0000	0.9882	0.9882	0.9882	0.9882	1.0663
-2.70	1.0000	0.9750	0.9750	0.9750	0.9750	1.0058
-2.60	1.0000	0.9666	0.9718	0.9718	0.9718	1.0053
-2.50	1.0000	0.9570	0.9616	0.9616	0.9616	1.0048
-2.40	1.0000	0.9460	0.9500	0.9500	0.9500	1.0043
-2.30	1.0000	0.9335	0.9371	0.9371	0.9371	1.0039
-2.20	1.0000	0.9196	0.9227	0.9227	0.9227	1.0034
-2.10	1.0000	0.9043	0.9071	0.9171	0.9071	1.0030

ตาราง 12 (ต่อ)

θ	RE					
	MOSTb/ MEANb	MOSTb/ UCON	MOSTb/ PROX	MEANb/ UCON	MEANb/ PROX	UCON/ PROX
-2.00	1.0000	0.8880	0.8903	0.9803	0.9803	1.0027
-1.90	1.0000	0.8707	0.8728	0.8707	0.8728	1.0024
-1.80	1.0000	0.8530	0.8548	0.8530	0.8548	1.0021
-1.70	1.0000	0.8353	0.8367	0.8353	0.8367	1.0018
-1.60	1.0000	0.8180	0.8192	0.8180	0.8192	1.0015
-1.50	1.0000	0.8017	0.8026	0.8017	0.8026	1.0012
-1.40	1.0000	0.7669	0.7876	1.0009	0.7876	1.0009
-1.30	1.0000	0.7741	0.7746	0.7741	0.7746	1.0005
-1.20	1.0000	0.7637	0.7639	0.7637	0.7639	1.0003
-1.10	1.0000	0.7562	0.7561	0.7562	0.7561	0.9999
-1.00	1.0000	0.7517	0.7514	0.7517	0.7514	0.9996
-0.90	1.0000	0.7504	0.7498	0.7504	0.7498	0.9992
-0.80	1.0000	0.7526	0.7517	0.7526	0.7517	0.9989
-0.70	1.0000	0.7581	0.7570	0.7581	0.7570	0.9985
-0.60	1.0000	0.7669	0.7656	0.7669	0.7656	0.9982
-0.50	1.0000	0.7789	0.7774	0.7789	0.7774	0.9980
-0.40	1.0000	0.7934	0.7939	0.7934	0.7939	0.9977
-0.30	1.0000	0.8114	0.8095	0.8114	0.8095	0.9976
-0.20	1.0000	0.8313	0.8292	0.8313	0.8292	0.9974
-0.10	1.0000	0.8532	0.8509	0.8532	0.8509	0.9974

ตาราง 12 (ต่อ)

θ	RE					
	MOSTb/ MEANb	MOSTb/ UCON	MOSTb/ PROX	MEANb/ UCON	MEANb/ PROX	UCON/ PROX
0.00	1.0000	0.8767	0.8767	0.8767	0.8767	0.9974
0.10	1.0000	0.9016	0.8993	0.9016	0.8993	0.9974
0.20	1.0000	0.9277	0.8236	0.9277	0.9236	0.9975
0.30	1.0000	0.9546	0.9524	0.9546	0.8524	0.9976
0.40	1.0000	0.9824	0.9803	0.9824	0.9803	0.9979
0.50	1.0000	1.0110	1.0092	1.0110	1.0092	0.9981
0.60	1.0000	1.0101	1.0388	1.0404	1.0388	0.9985
0.70	1.0000	1.0706	1.0706	1.0706	1.0706	0.9988
0.80	1.0000	1.1016	1.1007	1.1016	1.1007	0.9991
0.90	1.0000	1.1335	1.3335	1.1335	1.1335	0.9995
1.00	1.0000	1.1663	1.1662	1.1663	1.1662	0.9999
1.10	1.0000	1.1999	1.2003	1.1999	1.2003	1.0004
1.20	1.0000	1.2343	1.2353	1.2343	1.2353	1.0074
1.30	1.0000	1.2695	1.2710	1.2695	1.2710	1.0012
1.40	1.0000	1.3053	1.3074	1.3053	1.3074	1.0016
1.50	1.0000	1.3416	1.3444	1.3416	1.3444	1.0020
1.60	1.0000	1.3782	1.3816	1.3782	1.3816	1.0025
1.70	1.0000	1.4148	1.4189	1.4148	1.4189	1.0029
1.80	1.0000	1.4513	1.4559	1.4513	1.4559	1.0032
1.90	1.0000	1.4872	1.4926	1.4872	1.4926	1.0036

ตาราง 12 (ต่อ)

θ	RE					
	MOSTb/ MEANb	MOSTb/ UCON	MOSTb/ PROX	MEANb/ UCON	MEANb/ PROX	UCON/ PROX
2.00	1.0000	1.5224	1.5285	1.5224	1.5285	1.0038
2.10	1.0000	1.5565	1.5632	1.5565	1.5632	1.0043
2.20	1.0000	1.5892	1.5965	1.5892	1.5965	1.0046
2.30	1.0000	1.6202	1.6202	1.6202	1.6202	1.0049
2.40	1.0000	1.6493	1.6578	1.6493	1.6578	1.0052
2.50	1.0000	1.6763	1.6854	1.6793	1.6854	1.0054
2.60	1.0000	1.7012	1.7012	1.7012	1.7012	1.0057
2.70	1.0000	1.7239	1.7334	1.7239	1.7224	1.0059
2.80	1.0000	1.7444	1.7550	1.7444	1.7550	1.0060
2.90	1.0000	1.7627	1.7737	1.7627	1.7737	1.0062
3.00	1.0000	1.7791	1.7904	1.7791	1.7904	1.0063
3.10	1.0000	1.7935	1.7936	1.7935	1.7936	1.0064
3.20	1.0000	1.8062	1.8180	1.8062	1.8180	1.0065
3.30	1.0000	1.8172	1.8293	1.8172	1.8293	1.0066
3.40	1.0000	1.8268	1.8390	1.8268	1.8390	1.0067
3.50	1.0000	1.8351	1.8476	1.8351	1.8476	1.0068
3.60	1.0000	1.8414	1.8547	1.8414	1.8547	1.0068
3.70	1.0000	1.8487	1.8610	1.8487	1.8610	1.0067
3.80	1.0000	1.8538	1.8664	1.8538	1.8664	1.0068
3.90	1.0000	1.8583	1.8709	1.8583	1.8709	1.0068
4.00	1.0000	1.8619	1.8751	1.8619	1.8751	1.0071

ภาคผนวก ง

ตารางวิเคราะห์หลักสูตร

ตาราง 13 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร เรื่องสมการและการแก้สมการ

เนื้อหา	พฤติกรรม	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	รวม
1. ประโยคสัญลักษณ์ที่มีเครื่องหมายเรียกว่า สมการ		2	7	-	9
2. สมการที่เป็นจริงและสมการที่เป็นเท็จ		1	3	8	12
3. สมการที่มีตัวไม่ทราบค่าและคำตอบของสมการ		2	3	10	15
4. การแก้สมการโดยใช้สมบัติการเท่ากันเกี่ยวกับการบวกและการลบ		1	3	7	11
5. การแก้สมการโดยใช้สมบัติเท่ากันเกี่ยวกับการคูณและการหาร		1	2	6	9
6. การแก้โจทย์ปัญหาด้วยสมการ		2	3	12	17
7. การเขียนสมการจากข้อความที่กำหนดให้		-	3	4	7
รวม		9	24	37	80

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวไอลดา ชื่อสกุล คล้ายสาริต
 เกิดวันที่ 20 เดือน มีนาคม พุทธศักราช 2513
 สถานที่เกิด อำเภอไทรมา จังหวัดนนทบุรี
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน 14/23 หมู่ 6 ถนนนนทบุรี 1 ตำบลบางกระสอ
 อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
 ตำแหน่งหน้าที่การงาน อาจารย์ 1 ระดับ 4
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนวัดศรีคัคฆาณค์ ต.บึงชาอ อ.หนองเสือ
 จ. ปทุมธานี 10270

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2530 มัธยมศึกษาตอนปลาย (อังกฤษ - ฝรั่งเศส)
 พ.ศ. 2534 กศ.บ. (วิชาเอกการประถมศึกษา วิชาโทวัดผลการศึกษา)
 จากมหาวิทยาลัยบูรพา
 พ.ศ. 2538. กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา)
 จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร